

MENS

Mens sana in terra sana

Milieu, **E**ducation, **N**ature & **S**ociété



SOCIÉTÉ · MILIEU ·
DOSSIER ·
NATURE · ÉDUCATION

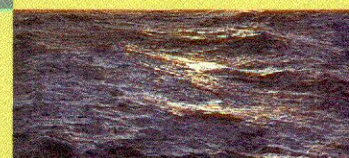


Le chlore est un réactif utilisé pour la fabrication de 80% des médicaments et de 60% des produits chimiques.

Les volcans en activité rejettent dans l'atmosphère des quantités importantes de produits chlorés. Ces produits se forment dans leurs "hauts fournaux" naturels.

MENS :
une vision incisive
et éducative sur
l'environnement

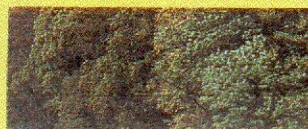
Textes didactiques
contrôlés par
des scientifiques



4

Dossier
"Le Chlore:
comment y voir clair?"

janvier 1995



S O M M A I R E

A propos du chlore	2
DOSSIER: "Le chlore: comment y voir clair?"	3
Le PVC dans l'environnement	14
Prix de la Jeunesse 1995 concernant l'environnement	16

E D I T O R I A L

A propos du chlore

Tous les éléments naturels, l'eau, le feu, le vent, les animaux et les plantes présentent des dangers et peuvent engendrer des catastrophes. Ils sont tous porteurs de risques majeurs. Mais ils peuvent aussi, selon l'usage et le dosage adéquat, devenir facteurs de développement, de bien-être et d'épanouissement du genre humain. Il en est de même de l'énergie et des éléments chimiques.

Faut-il encore rappeler que le développement économique et le bien-être que l'ère industrielle nous ont apportés, sont dûs en grande partie à la chimie, résultat des découvertes qui débutèrent à la fin du XVIIIe siècle.

Les risques que comporte l'industrie chimique sont énormes et proportionnels au gigantisme des entreprises.

Sous la contrainte d'une opinion publique de mieux en mieux informée, le législateur exige des mesures de contrôle sévères, afin de maîtriser les risques, sans pouvoir les éliminer totalement. Il faut impérativement que leur ampleur soit proportionnelle aux bénéfices escomptés pour le bien de tous.

La juste évaluation de ce bilan est délicate, car elle est influencée par des clichés, souvent dépassés, mais parfois insidieusement entretenus, d'autant plus facilement qu'ils exploitent la peur. Le chlore reste un élément à risques. Il est pourtant largement présent dans la nature. Mais ce sont ses composés de synthèse, toxiques, comme l'ypérite de triste mémoire, ou plus récemment les CFC (les chlorofluorocarbones) dont les effets destructeurs de la couche d'ozone stratosphérique sont décriés.

Le chlore est bien présent dans les esprits, mais le plus souvent dans un contexte négatif. C'est ce jugement qui se reflète également dans la critique de toute une gamme de produits d'une utilité indiscutable comme les PVC et autres matières plastiques.



Le seul problème reste leur récupération déficitaire et une lente décomposition avec pour conséquence leur accumulation dans l'environnement. Les problèmes de récupération et de recyclage sont en voie de trouver une solution. Mais il faut, avant tout, aussi s'assurer de la collaboration et du sens civique du consommateur et veiller à ce que le chlore reste un serviteur de l'humanité.

Edgard KESTELOOT

*Milieu, Education,
Nature & Société*

*"Mens sana in
terra sana"*

© Tous droits réservés MENS 1995

Information et coordination:

Sonja De Nollin
Te Boelaarlei 23
B - 2140-Borgerhout
Tél.: +32 / 3 / 322.74.69
Fax: +32 / 3 / 321.02.77

Comité de rédaction:

J. Bosmans,
Editeur en chef, Journal du Médecin
K. Bruggemans, BRTN
Directeur du Département Culture, Chef de
production des Emissions Scientifiques
Télévisées
R. Hulpia,
Services de Didactique,
Ministère de l'Education.
D. Wellens,
Biologiste, Pharmacologue.

Editeur responsable:

H. Masson, Président du Comité Energie et
Environnement de la S.R.B.I.I.,
Rue Ravenstein, 1000 Bruxelles

en retrospective

MENS 1

Dossier:

"L'emballage est-il superflu?"

MENS 2

Dossier:

"Le chat et le chien dans
l'environnement"

MENS 3

Dossier:

"Soyez bons pour les animaux"

Numéro à 170 FB

Commande par paiement au numéro CCP:
000-1610496-05, S. De Nollin, MENS.

LE CHLORE: COMMENT Y VOIR CLAIR ?

Dossier adapté en français par:
Prof. Martine Coutrez, CERIA
Prof. Josette Dauchot, Faculté des
sciences, ULB
Gérard Cobut, Muséum des Sciences
Naturelles
Bruno Philippe, Comité Energie et
Environnement, S.R.B.I.I.

Le chlore tire son nom du grec
"χλωρος" qui signifie "vert".
Le dix-septième élément du tableau de
Mendeleïev a été appelé "chlore" car
il se trouve, entre autres, dans la
molécule constituée de deux atomes
de chlore (Cl_2 ou dichlore) qui forme un
gaz vert pâle.

Molécules & Co.

Le "gaz chlore" est un **gaz** formé d'un
ensemble de **molécules**, inobservables
car trop petites.

Chacune de celles-ci renferme deux
atomes de chlore, liés entre eux.

Le terme **élément** désigne une espèce
précise d'atomes.

Un atome (de n'importe quel élément)
se compose d'un noyau (chargé
positivement) autour duquel gravitent
des électrons (chargés négativement).

Au total, l'atome est électriquement
neutre.

Si un atome perd ou gagne des
électrons, sa charge n'est plus nulle :
c'est un ion.

L'ion **chlorure** est un atome de chlore
qui a gagné un électron.

Toutefois, les composés chlorés ne
sont pas toujours verts. Le chlore
apparaît sous plusieurs facettes. Il peut
aussi bien prendre l'aspect d'un
ennemi de sinistre réputation que celui
d'un compagnon de vie indispensable:
le chlore est un des principaux
oligo-éléments nécessaires, même en
petites quantités, aux végétaux et aux
animaux. Les principales substances
comportant du chlore sont présentées
brièvement ci-après.

Le gaz vert toxique

Assurément le gaz vert toxique n'est
pas la plus sympathique des
substances contenant l'élément chlore.
Les molécules de Cl_2 n'existent pas
dans la nature : en raison de leur
grande réactivité, elles s'empressent
de réagir avec toutes sortes d'autres
substances.

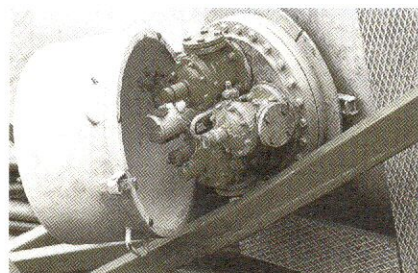
Ce gaz suffocant a été utilisé jadis
comme gaz de combat. L'inhalation
de fortes concentrations de chlore
provoque un œdème pulmonaire ainsi
que la destruction irréversible des
tissus. Dans les cas les plus graves,
elle conduit à un arrêt respiratoire
provoquant une issue fatale. A faible
dose, le chlore gazeux est très irritant
pour les yeux et pour les muqueuses
du nez et de la gorge. Cette irritation
constitue un bon signal d'alarme pour
éviter une exposition prolongée.

Dans le cadre de son emploi industriel,
le chlore gazeux est généralement
transformé sur son site de fabrication
(plus de 95% en Belgique).
Comme il est facilement liquéfiable à
température ordinaire, son transport
éventuel se fait sous forme liquide, dans
des citernes spéciales et généralement
de nuit.

Grâce aux normes strictes de sécurité,
le transport en vrac du chlore en
Europe de l'Ouest n'a provoqué aucun
accident mortel depuis la dernière
guerre mondiale.



Wagon-citerne pour le transport du chlore
liquide. Ces citernes ont été spécialement
conçues pour empêcher toute fuite de chlore,
même en cas de déraillement ou de collision.



Les vannes de remplissage et les vannes
des conduits sont pourvues d'une sécurité
supplémentaire à l'intérieur de la citerne de
façon à être parfaitement protégées, même
en cas d'accident.

Les composés chlorés inorganiques

Il existe de nombreux composés chlorés inorganiques, certains naturels et d'autres fabriqués par l'homme.

Les chlorures

Un organisme vivant en bonne santé contient des ions chlorures à des concentrations déterminées, tout à fait différentes de part et d'autre des membranes cellulaires.

Chez l'homme, les ions chlorures sont surtout associés à des ions potassium à l'intérieur des cellules, et à des ions sodium à l'extérieur. Les membranes biologiques ont notamment la propriété fondamentale de contrôler ces différences.

Le sérum physiologique contient 9 grammes de chlorure de sodium (NaCl) par litre de solution ; il peut être employé comme succédané du plasma sanguin.

Par temps très chaud et très sec, la consommation de pastilles de sel (NaCl) est recommandée pour compenser la perte importante due à la transpiration.

Le suc gastrique est en fait une solution de chlorure d'hydrogène (HCl) permettant l'action des enzymes qui dégradent les aliments de manière à les transformer en petites molécules assimilables par l'organisme. Certains composés chlorés inorganiques sont donc utiles et même indispensables s'ils sont au bon endroit et en concentration adéquate.

Le chlorure de sodium

Le composé chloré le plus répandu sur la terre est le chlorure de sodium (NaCl), connu également sous le nom de sel de cuisine, sel gemme, sel marin...

En tant que matière première, il est quasiment inépuisable. L'eau de mer contient 19 grammes d'ions chlorures par litre. Tous les océans réunis contiennent quelque 26 millions de fois un milliard de tonnes de l'élément chlore (c'est-à-dire 26×10^{15} tonnes).



Mine de sel : le sel est pompé à l'extérieur sous forme de saumure ou extrait dans des galeries sous forme sèche.

Si l'eau des océans venait à s'évaporer complètement, trois quarts de la surface de la terre seraient recouverts d'une couche de sel de 75 mètres d'épaisseur.

Au cours des temps, plusieurs mers se sont évaporées. On retrouve leur trace aujourd'hui sous forme de mines de sel, notamment en Pologne et en Allemagne. Ce sel peut subir une électrolyse industrielle qui produit du chlore (Cl_2), de la soude caustique (NaOH) et de l'hydrogène (H_2). Chacune de ces substances possède de multiples et importantes applications.

Sels de déneigement et nature

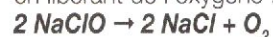
*Pour lutter contre la neige et le verglas sur les routes, on répand surtout deux chlorures, ceux de sodium (NaCl) et de calcium (CaCl_2). Bien que leur efficacité ne soit pas mise en doute, leur utilisation présente des inconvénients : la fonte de la glace entraîne le ruissellement d'une solution salée (de NaCl ou de CaCl_2) soit vers les égouts - donc vers les cours d'eau - soit vers les terres en contrebas de la route. Bien des mares et des rivières sont ainsi fort perturbées : les plantes et les animaux aquatiques d'eau douce résistent souvent mal au sel ! Les botanistes voient des plantes des rivages marins, telles la graminée *Puccinellia distans* ou la brassicacée *Lepidium rudérale* remplacer les espèces habituelles des bords de chemin.*

L'eau de javel

La première application importante du chlore sous forme gazeuse a été développée par Berthollet dans la petite ville française de Javel, devenue aujourd'hui un quartier de Paris. Le chlore réagit avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (NaOH) pour former du chlorure de sodium (NaCl) et de l'hypochlorite de sodium (NaClO) :



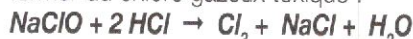
Cette solution est mondialement connue sous le nom d'eau de javel. Grâce à elle, toutes sortes de matières peuvent être décolorées ou blanchies. Cependant, c'est surtout l'action antiseptique et bactéricide de l'eau de javel qui est d'une importance capitale. En pharmacie, elle est vendue sous le nom d'eau de Labarraque et utilisée pour la désinfection des plaies. En milieu neutre ou basique ($\text{pH} \geq 6$), l'hypochlorite se décompose lentement en libérant de l'oxygène :



Cette décomposition est accélérée par la lumière, la chaleur, le contact avec les métaux, les matières organiques...

C'est pourquoi il est recommandé de conserver l'eau de javel en flacon étanche, à l'abri de la chaleur et de la lumière, sinon, au bout de quelque temps, on retrouve de l'eau salée incolore, après la décomposition de l'hypochlorite qui lui donne sa coloration jaunâtre.

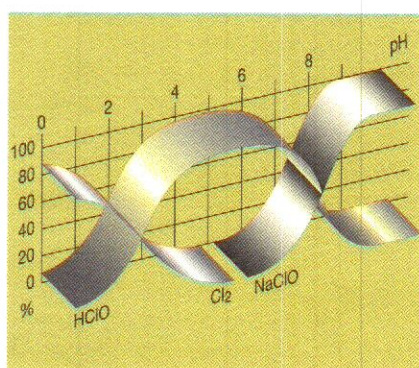
En milieu très acide ($\text{pH} \leq 4$), l'hypochlorite réagit rapidement pour former du chlore gazeux toxique :



C'est la réaction qui se produit par exemple lorsqu'on met en contact un détartrant pour WC, très acide, avec de l'eau de javel.

Pour la désinfection des piscines, on utilise habituellement de l'eau de javel en veillant à maintenir le pH entre 7,2 et 7,4. Dans ces conditions, l'hypochlorite se décompose en libérant de l'oxygène et non du chlore, quoi qu'en pensent ceux qui se plaignent parfois d'une forte odeur de chlore. En fait, cette odeur provient des chloramines résultant de l'action de l'hypochlorite sur les protéines que nous abandonnons dans l'eau, et non du chlore qui est irritant et suffocant.

Depuis 1908, aux Etats-Unis, de petites quantités de chlore ou d'hypochlorite ont été incorporées à l'eau de distribution pour prévenir les épidémies de maladies telles que le choléra, le typhus et la dysenterie. Ce fut un succès indiscutable. Grâce à cette mesure, le nombre de morts par le typhus dans ce pays est passé de 25.000 en 1900 à moins de 20 en 1990.



Concentration en chlore (Cl_2), en acide hypochloreux (HClO) et en hypochlorite (NaClO) selon le pH: dans l'eau d'une piscine (pH entre 7,2 et 7,4), tout le chlore est sous forme d'acide hypochloreux HClO et d'hypochlorite NaClO , mais absolument pas sous la forme toxique Cl_2 .

L'emploi du chlore pour désinfecter l'eau de distribution, les piscines... s'est répandu dans le monde entier.

Une décision prise par les autorités péruviennes de ne plus chlorer l'eau potable s'est traduite en 1991 par une épidémie catastrophique de choléra qui s'est ensuite propagée à plusieurs états d'Amérique Latine. Bien que cette mesure ait été retirée par la suite, le choléra a touché plus de 600 000 personnes et a fait quelque 20 000 morts dans le monde depuis 1991.

Et les autres...

D'autres composés chlorés inorganiques possèdent un éventail d'applications utiles, notamment au service de l'environnement. Par exemple, le chlorure ferrique (FeCl_3) est de plus en plus utilisé dans les procédés d'épuration des eaux usées. Le chlorure ferrique comme le chlorure d'aluminium (AlCl_3) servent d'agents coagulant et sont employés pour l'épuration tertiaire des eaux usées dans le but d'éliminer les excédents de phosphates. L'épuration tertiaire des eaux devient de plus en plus nécessaire pour éviter leur eutrophisation, et dans ce but, l'emploi des chlorures constitue souvent la meilleure solution.

Les composés chlorés organiques

Fabrication...

D'un point de vue biologique, il est étonnant de constater l'abondance des ions chlorures dans les organismes vivants, alors que l'élément chlore est relativement peu incorporé dans les composés organiques présents dans leurs cellules.

Les graisses, les protéines, les sucres et toutes les autres molécules constituant les organismes vivants contiennent de grandes quantités de carbone, d'oxygène et d'hydrogène ainsi qu'un pourcentage important d'azote, de soufre et de phosphore, mais par contre, une quantité minime de chlore.

Il en est de même pour les autres halogènes¹, à l'exception cependant d'iode qui entre dans la composition des hormones thyroïdiennes.

L'eau potable demain: sans chlore ?

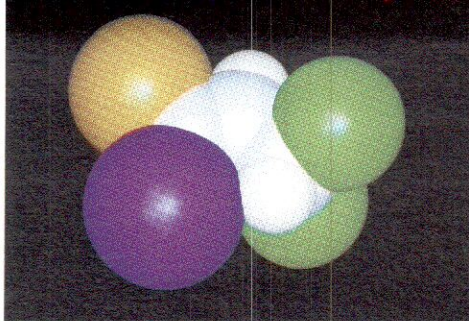
Certaines grandes villes ne chlorent pas l'eau potable parce qu'elles disposent d'eau exempte de matières organiques (Amsterdam, par exemple, filtre son eau naturellement à travers les dunes environnantes). Ce sont en effet les matières organiques qui peuvent nourrir les bactéries et permettre leur multiplication.

La plupart des grandes sociétés françaises de distribution d'eau ont pour objectif de se passer du chlore à moyen terme. Mais le problème est de maintenir la pureté de l'eau jusqu'au robinet!

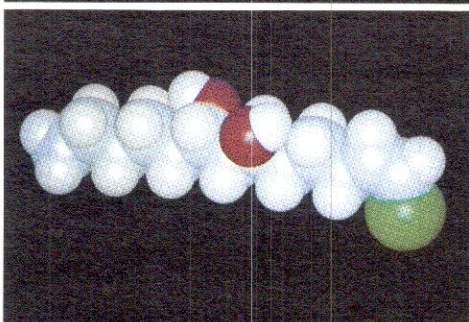
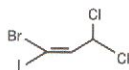
Manque d'iode et problèmes de santé

Jadis, dans les vallées reculées des Alpes tout comme dans la région des grands lacs américains, bien des gens souffraient d'un goître et d'arriération mentale (crétinisme). Au début du 20^e siècle, on se rendit compte qu'il s'agissait d'un manque d'iode dans l'alimentation: l'hormone thyroïdienne ne pouvait donc pas être synthétisée par l'organisme. Le simple fait d'incorporer une petite quantité d'iode dans le sel de cuisine a suffi à faire disparaître cette affection: les "crétins des Alpes" n'existent plus que dans le langage du capitaine Haddock.

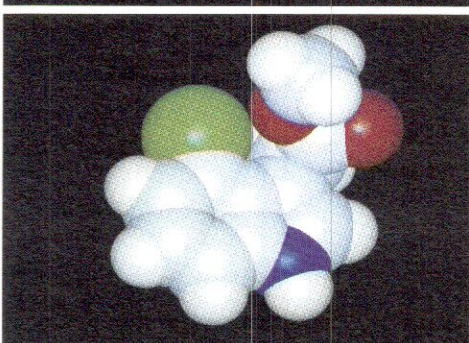
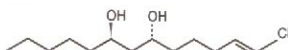
¹ Les halogènes (fluor, chlore, brome et iode) constituent une famille d'éléments.



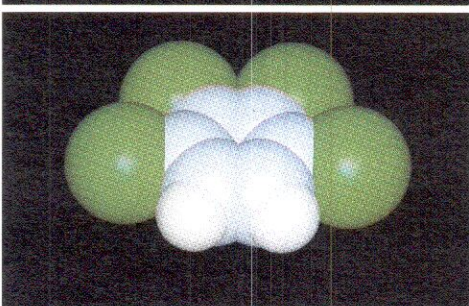
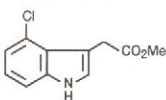
L'algue marine *Asparagopsis taxiformis* réussit à synthétiser de nombreux composés halogénés organiques; parfois même du chlore, du brome et de l'iode sont incorporés dans la même molécule.



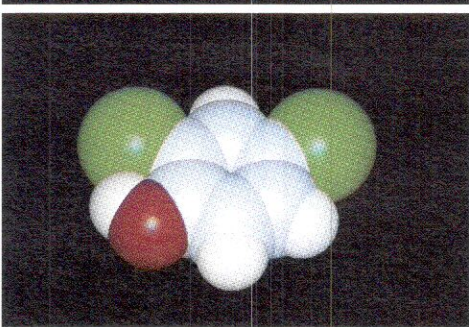
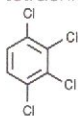
Les algues marines *Schizothrix calcicola* et *Oscillatoria nigroviridis* avaient déjà synthétisé un dérivé du chlorure de vinyle bien avant que l'homme n'y ait pensé.



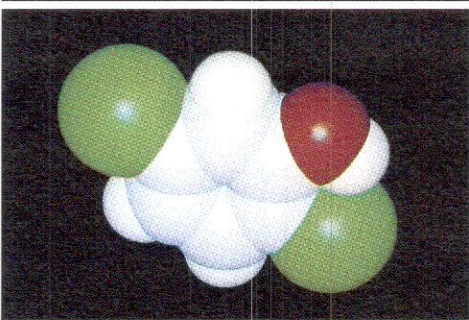
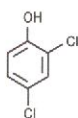
Des plantes comestibles comme les lentilles (*Lentilula spp.*) et les pois (*Pisum sativum*) contiennent des dérivés chlorés de l'indole.



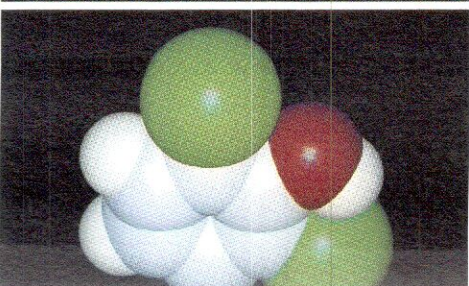
Dans les joncs des marais américains (*Juncus roemerianus*) on trouve d'importantes quantités de tétrachlorobenzène.



De nombreux dichlorophénols sont produits de manière naturelle par des champignons ou des insectes. Les champignons de l'espèce *Penicillium* synthétisent du 2,4-dichlorophénol.



Le 2,5-dichlorophénol, sécrété par la sauterelle *Romalea micropter*, garde les fourmis à distance



Le 2,6-dichlorophénol, sécrété en tant que phéromone par la tique *Amblyomma americanum*, attire les insectes de l'autre sexe.



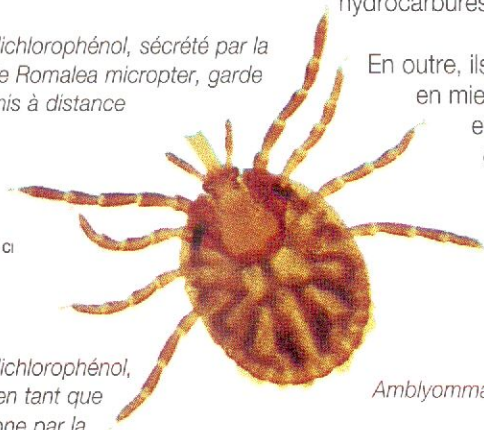
Ces derniers temps, les media ont développé chez le citoyen moyen une psychose à l'encontre des hydrocarbures halogénés. Certes, des hydrocarbures halogénés existent "naturellement" mais il n'y a pas de "leçons" à en tirer: l'environnement naturel n'est ni bon, ni mauvais.

A l'heure actuelle, plus de 2.370 hydrocarbures halogénés naturels ont été décrits (G.W. Gribble, "Naturally occurring organohalogen compounds - A survey", *Journal of Natural Products*, **55**, 1353-1395, 1992). Quelques exemples typiques sont représentés ci-contre.

Le chlore est utilisé tous les jours par des bactéries, des champignons, des plantes et des animaux pour synthétiser un large éventail de composés organiques. Ces substances sont sans cesse produites et excrétées dans la biosphère, d'habitude au compte-gouttes. Dans certains cas, les quantités sont plus importantes: le métabolisme naturel des algues marines est responsable, selon les estimations, de la production de quelque 5.000.000 de tonnes de chlorure de méthyle (CH_3Cl) par an, alors que dans le même temps, l'homme n'en fabrique que 26.000 tonnes. (D.B. Harper, *Nature*, **315**, 55, 1985).

On a trouvé également des amas d'hydrocarbures chlorés dans les terrains tourbeux vierges de Scandinavie où il ne peut pourtant être question de "pollution humaine". Les scientifiques qui s'intéressent au chlore et à l'environnement découvrent sans cesse de nouveaux hydrocarbures chlorés naturels.

En outre, ils comprennent de mieux en mieux comment les plantes et les animaux synthétisent ces différents composés organochlorés à l'aide de multiples enzymes désormais soigneusement étudiés dans les laboratoires.



Amblyomma spp. (Photo O. Vanparijs)

... et dégradation

Il est établi qu'un grand nombre de micro-organismes (bactéries et champignons) disposent des moyens nécessaires pour dégrader les hydrocarbures chlorés. Cette découverte est d'une importance capitale, car elle ouvre des perspectives intéressantes dans le cadre de la dépollution de l'environnement.

Les produits concernés sont, en particulier, des solvants, des pesticides et des agents conservateurs. Notons tout d'abord que ces produits peuvent être dégradés selon une voie non biologique, principalement sous l'action de la lumière qui induit la formation de radicaux libres très réactifs.

Initialement, les micro-organismes ne sont pas armés pour décomposer ces produits synthétiques, mais ils s'adaptent avec une rapidité étonnante, et après un laps de temps suffisamment long, les bactéries peuvent dégrader un certain nombre de composés chlorés.

Cependant, les bactéries ne peuvent que difficilement absorber et dégrader les produits dont la solubilité dans l'eau est faible. En règle générale, on peut dire que plus la molécule contient d'atomes de chlore, plus sa solubilité dans l'eau sera faible et plus sa biodégradation sera lente.

Trois mécanismes biologiques importants peuvent conduire à la dégradation des hydrocarbures chlorés.



Au Vietnam les Américains ont répandu 90 millions de litres d'"Agent Orange", un mélange d'acide trichlorophénoxyacétique et de trichlorophénol. L'effet de ce défoliant a été effroyable. Les arbres sont devenus chauves, la mangrove a disparu, mais les hommes en sont apparemment sortis sains et saufs.

L'"Agent Orange" contient aussi pas mal d'impuretés, parmi lesquelles environ 1 ppm (une partie par million) de dioxines. On a ainsi déversé 90 kg de dioxines toxiques sur champs et forêts, sur amis et ennemis.

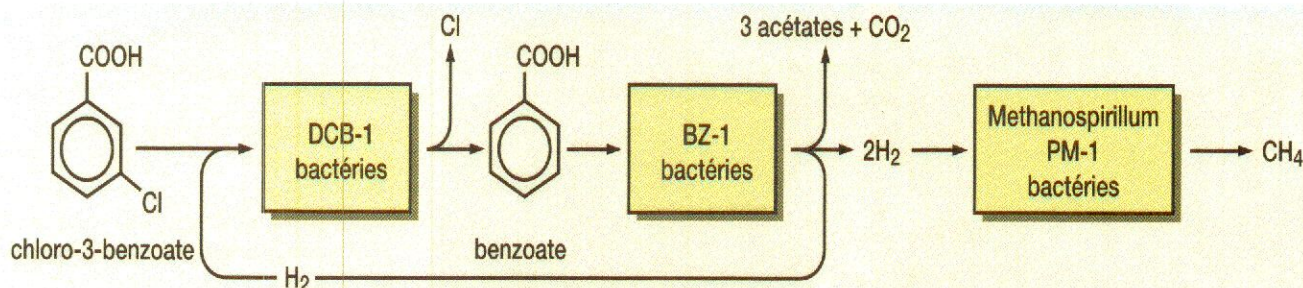
Le chlore gazeux comme les chlorophénols ainsi que les dioxines et les furanes chlorés sont toxiques, mais de manière tout à fait différente, avec des conséquences tout à fait diverses pour les hommes, les animaux et les plantes.

Un exemple typique de dégradation co-métabolique est la dégradation de l'atrazine, un herbicide chloré.

En second lieu, la **dégradation aérobie** : l'atome de chlore est remplacé par un groupe OH, ou bien plusieurs produits d'oxydation sont formés.

On connaît très bien les champignons de la pourriture blanche qui sont spécialisés dans la décomposition de la lignine. Le plus étudié de ces champignons est sans doute le *Phanerochaete chrysosporium*. Il fabrique ses propres radicaux avec lesquels il va découper la molécule de substrat.

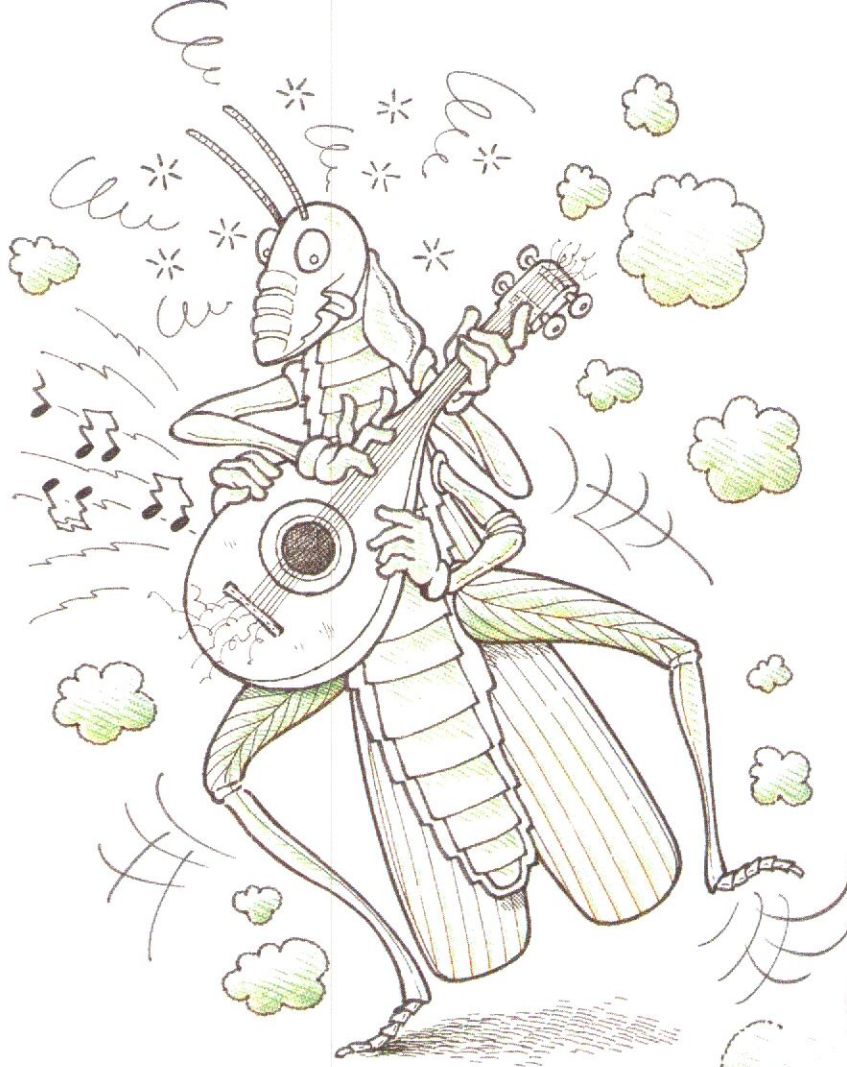
Tout d'abord le **co-métabolisme** : certaines bactéries dégradent des composés chimiques dont la structure ressemble à celle des composés organochlorés. Parfois, la bactérie se trompe de substrat et c'est ainsi qu'elle dégrade un composé qui n'entre pas dans son métabolisme normal.



1. Déchloration réductive du chloro-3-benzoate en benzoate par les bactéries DCB-1 qui pour cela ont besoin d'hydrogène (H_2).
2. L'apport de cet hydrogène est assuré par les bactéries BZ-1 qui oxydent le benzoate en 3 molécules d'acétate et 1 de dioxyde de carbone.
3. Les bactéries *Methanospirillum* PM-1 sont ensuite nécessaires pour transformer en méthane l'excès d'hydrogène.

Si une seule des 3 bactéries ne fonctionne pas bien, le milieu bactérien est trop peu ou trop bien alimenté en hydrogène et tout le processus de dégradation s'arrête. (Dolfing, J. and J.M. Tiedje. 1986. *FEMS Microbial. Ecol.* **13**(1) : 23-29.)

Etant donné que ces radicaux réagissent de manière relativement peu spécifique (à l'opposé des enzymes), ils peuvent aussi dégrader des composés organochlorés. De plus, ces radicaux sont si réactifs que même la liaison la plus tenace n'y résiste pas.



Un avantage de cette dégradation anaérobie réside dans la minéralisation complète des composés.

Un inconvénient cependant se situe au niveau de l'instabilité de ces colonies de bactéries anaérobies. La décomposition bactérienne du chloro-3-benzoate est un exemple d'un tel système.

Quoique les micro-organismes puissent jouer un rôle considérable dans la dégradation des hydrocarbures chlorés, le développement des populations bactériennes demande beaucoup de temps ainsi que la présence de conditions appropriées.

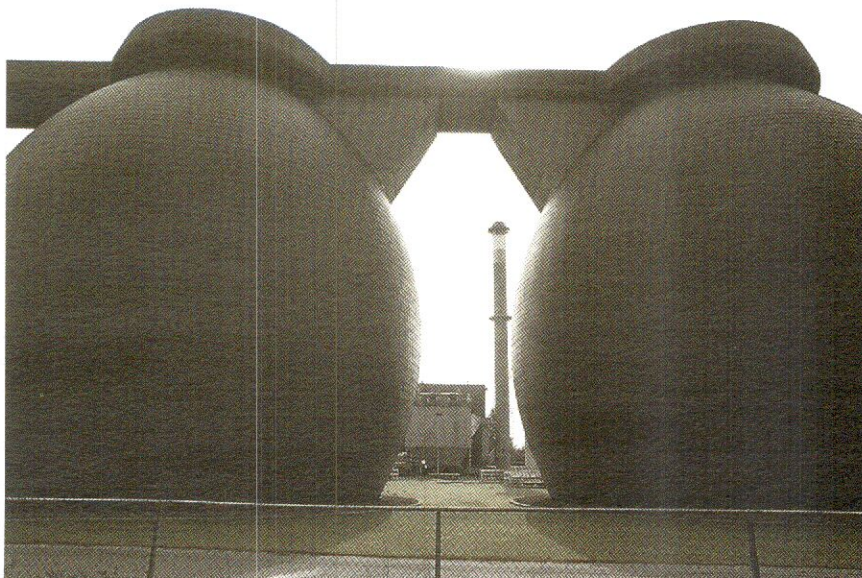
Donc, le danger que les hydrocarbures s'accumulent dans l'environnement et dans la chaîne alimentaire n'est pas un produit de l'imagination.

La dégradation anaérobie, enfin, appelée encore **déchloration réductive**: le chlore est enlevé tout au début de la dégradation qui va se poursuivre ensuite.

Micro-organismes qui peuvent dégrader les composés organochlorés :

Bactéries : Pseudomonas, Alkaligene, Rhodococcus, Acinetobacter, Arthrobacter, Corynebacterium, Hyphomicrobium, Flavobacterium

Champignons : Phanerochaete, Asperillus.



Les conséquences éventuelles sont parfois difficiles à évaluer, même par des spécialistes.

La grande variété d'hydrocarbures chlorés fabriqués en quantités minimales par des organismes vivants ne suscite pas beaucoup d'inquiétude. Ainsi en est-il pour les fragrances produites par les femelles de certains insectes qui attirent leurs mâles...

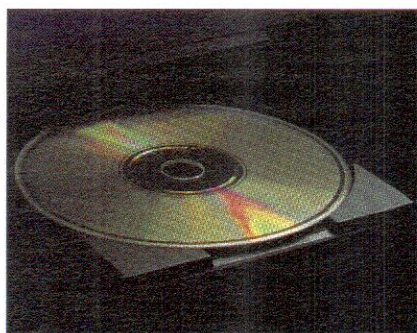
Par contre, d'autres hydrocarbures chlorés sont dangereux, même en petites quantités. C'est le cas en particulier des dibenzodioxines et

Epuration de l'eau: déchloration réductive à l'aide de bactéries anaérobies.

des dibenzofuranes. Ces substances sont formées aussi bien par voie naturelle qu'à l'occasion de toutes sortes d'activités humaines.

Certains composés organochlorés sont produits en très grande quantité. Parmi eux, quelques-uns sont responsables d'une importante pollution de l'air, de l'eau, du sol. Les principales catégories d'organochlorés sont reprises dans le tableau ci-contre.

Ce dossier ne peut prétendre à l'étude de toutes ces catégories aux propriétés totalement différentes. Nous les envisagerons brièvement, après nous être attardés sur le DDT.



Le chlore est pratiquement omniprésent. On le trouve dans de nombreux produits (solvants, médicaments, PVC ...).

De plus, il est nécessaire lors de la fabrication d'innombrables autres matériaux, même si le produit final ne contient plus de chlore. C'est le cas par exemple, du polycarbonate dont sont faits les CD.

Principales catégories de composés organochlorés :

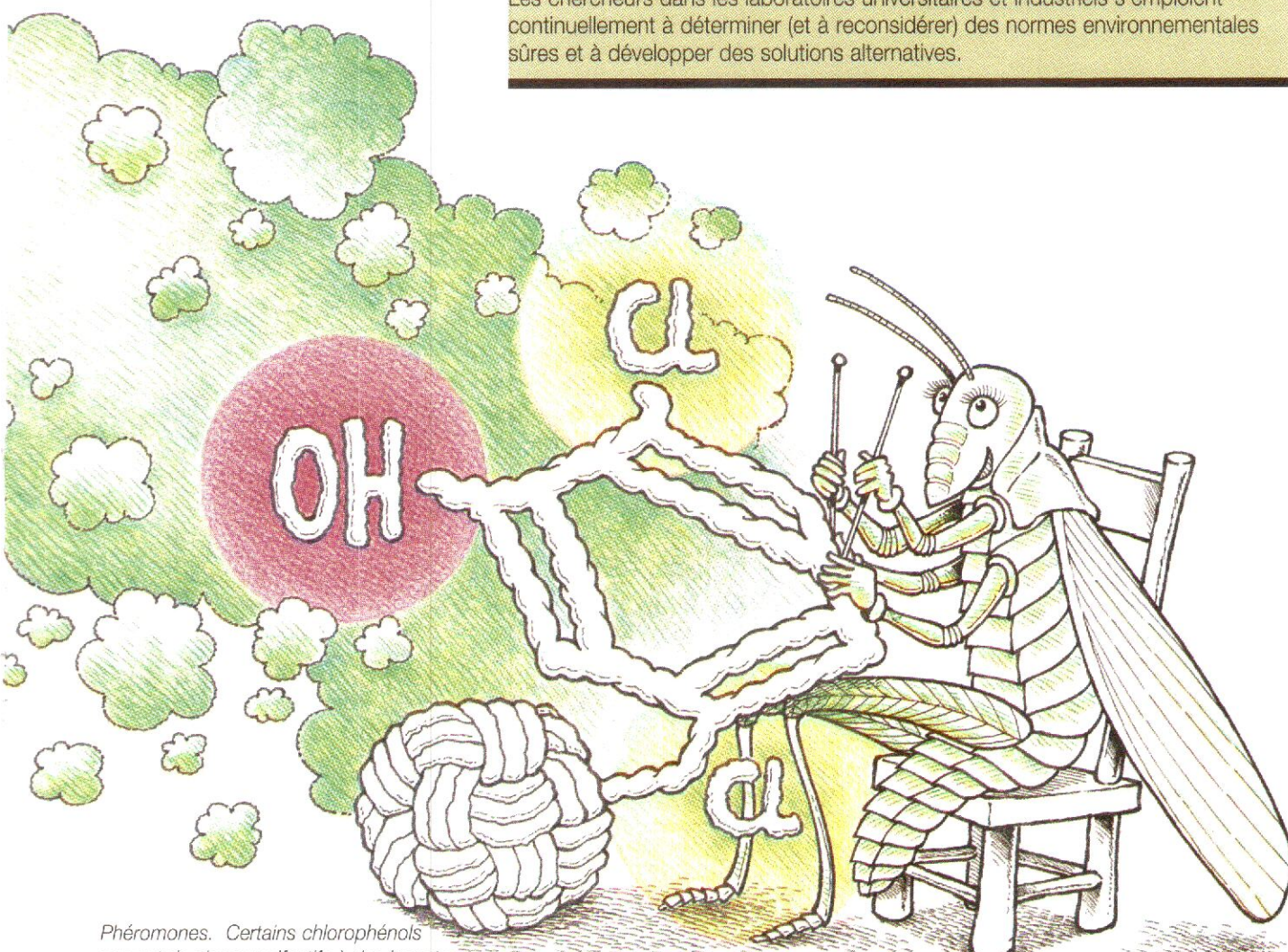
- les matières plastiques, p. ex. le PVC, le PVDC,
- les solvants, p. ex. le trichloréthylène, le chlorure de méthylène,
- les composés chlorés aromatiques, p. ex. les pesticides, les médicaments,
- les chlorofluorocarbones.

Beaucoup de chlore est utilisé au cours de la fabrication de produits qui eux-mêmes n'en contiennent pas :

- la mousse de polyuréthane, le polycarbonate, le silicium, les silicones, le dioxyde de titane et bien d'autres.

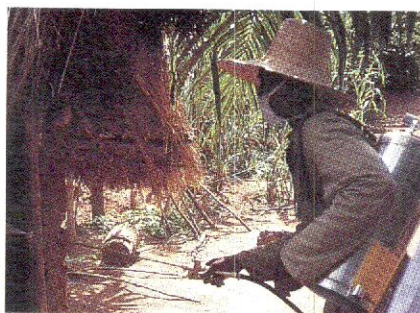
Avantages et inconvénients de chaque produit et de chaque application doivent être pesés objectivement.

Les chercheurs dans les laboratoires universitaires et industriels s'emploient continuellement à déterminer (et à reconsidérer) des normes environnementales sûres et à développer des solutions alternatives.

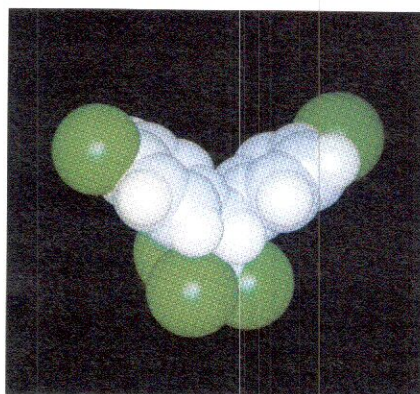


Phéromones. Certains chlorophénols servent de signaux olfactifs à des insectes; ils attirent notamment les partenaires sexuels.

(Illustration: Paul Moerman)



Pulvérisation de DDT dans une hutte. Cette technique de lutte contre les anophèles (moustiques vecteurs du paludisme) fut efficace dans certains cas.



Structure chimique du **DDT** (dichlorodiphényltrichloroéthane).

Le DDT

La molécule de dichlorodiphényltrichloroéthane, un hydrocarbure à 5 atomes de chlore, a été synthétisée dès 1874 par Zeidler. Mais ce n'est qu'en 1938 qu'on s'aperçut de ses propriétés insecticides (DDT: *Fifty years for good or ill. Pesticide Outlook*, **1**(1), 4-8, 1989).

C'est un produit extrêmement stable, qui n'est dégradé que très lentement dans l'environnement. Pour un insecticide, cela paraissait une qualité: il garde longtemps son action. Le DDT est très soluble dans les corps gras. Il peut aussi traverser la cuticule (squelette externe) des insectes ou des acariens. On ne connaît pas son mode d'action précis - il semble perturber le système nerveux - mais ce qui est certain, c'est qu'il tue immédiatement à peu près tout ce qui bouge, sauf les oiseaux et les mammifères.

Le souci agricole de contrôler les populations d'insectes est récent: à peine un bon siècle. Il est lié à la modification des conditions de culture et à la nécessité d'améliorer les rendements. L'augmentation des surfaces cultivées et de la taille des parcelles, les monocultures, les échanges commerciaux entraînent l'introduction de parasites étrangers et sont responsables de la multiplication de certains insectes, jusqu'à en faire des ravageurs.

Période d'euphorie

Dans un premier temps, l'usage du DDT a connu de remarquables succès, par exemple dans la lutte contre les poux, vecteurs potentiels du typhus.

Au cours de la deuxième guerre mondiale, les forces alliées furent probablement la première armée sans poux de l'histoire: les sous-vêtements des soldats étaient imprégnés de DDT. Il faut dire que cet insecticide est relativement inoffensif à l'emploi, même pour le personnel qui le manipule journellement, souvent sans respecter les précautions élémentaires. Aucun humain n'a été tué par le DDT (c'est loin d'être le cas des autres insecticides).

Dès 1956, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) basait sa campagne de lutte contre le paludisme sur l'extermination des moustiques, vecteurs du parasite (*M. Coosemans, Ann. Soc. Belg. Méd. Trop.*, **71** (Suppl. 1) 9, 1991). Le DDT avait été choisi pour son faible coût et sa longue durée d'action. Parallèlement, les populations atteintes de malaria étaient traitées par des médicaments adaptés. On pensait pouvoir éradiquer bientôt le paludisme de la surface de la planète. On y parvint en Europe, en Amérique du Nord, en Australie. Parallèlement, un usage intense du DDT s'est développé en agriculture, pour contrôler les ravageurs.

Premiers problèmes

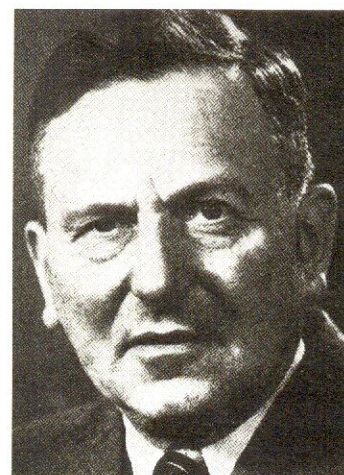
Dès le début des années 1950, l'action du DDT sur les insectes connaissait ses premiers ratés. En 1950-51, des soldats coréens saupoudrés de DDT voyaient leurs poux se multiplier! Peu après, les mêmes résultats se rencontraient au Japon et au Proche-Orient. En 1957, 13 pays

supplémentaires voyaient «leurs» poux résister au DDT. Une progression parallèle de la résistance au DDT s'observa chez les anophèles, moustiques transmetteurs du paludisme.

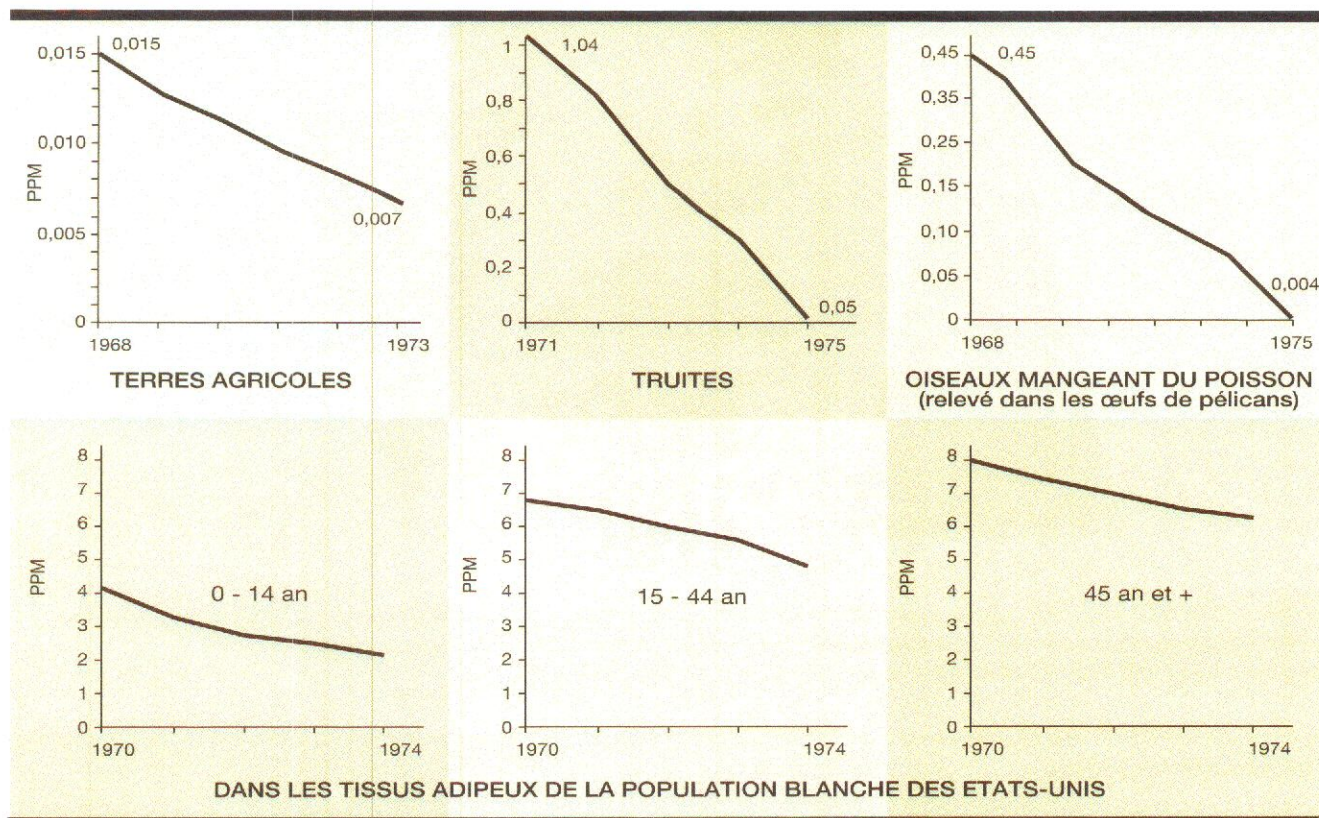
La résistance des insectes aux insecticides

Que se passait-il? Chez les insectes, comme chez tous les êtres vivants, peuvent survenir au hasard des mutations, des transformations héréditaires. Elles sont très rares (de l'ordre d'un cas sur 1 million). Mais pour des animaux à populations énormes -les moustiques- la probabilité de rencontrer une mutation n'est plus si faible que cela! Au hasard des mutations, quelques moustiques ont leur fonctionnement chimique (leur métabolisme) discrètement transformé: tout semble normal, rien ne les distingue des autres.

Arrive un traitement à l'insecticide. Quasiment tous les moustiques meurent. En apparence, ils sont éliminés. En réalité, la bombe à retardement est enclenchée. Quelques moustiques mutants avaient par hasard un métabolisme échappant à l'action de l'insecticide. Ces rares survivants (qui passent inaperçus) se reproduisent entre eux, et transmettent leur métabolisme à leur progéniture. Au bout de quelques générations, vu l'impressionnante fécondité des insectes, les populations de départ sont reconstituées mais avec des insectes résistants.



Paul Müller a reçu le prix Nobel de médecine en 1948 pour la découverte des propriétés insecticides du DDT. A l'époque, on n'imaginait pas qu'il pût avoir des effets néfastes.



Evolution du taux de résidus de DDT et de ses analogues aux USA, après l'abandon progressif de ces produits.

En 4 à 7 ans, leur taux a diminué d'un facteur 2 dans des terres agricoles, d'un facteur 20 chez des truites et d'un facteur 100 dans des œufs d'oiseaux. Chez l'homme, le taux mesuré en 1970 est plus élevé chez les gens plus âgés parce qu'ils ont accumulé le produit pendant plus longtemps; la décroissance des taux est relativement lente et indépendante de l'âge.

(D. Pimentel: "Silent Spring Revisited", p. 176, Am. Chem.Soc., 1987)

La spirale

Dans un premier temps, la tendance a été de multiplier les traitements, avec des doses plus élevées d'insecticides de plus en plus puissants, et de plus en plus dangereux pour l'homme.

Au Nicaragua, on a vu 40 traitements insecticides par an sur des champs de coton; 1/3 des revenus du coton étaient consacrés aux achats de pesticides. Pourtant la production baissait sans cesse! Au cours de la seule saison agricole 1969-1970, près de 400 personnes sont mortes d'empoisonnement par les pesticides.

La bio-accumulation du DDT

Le gros problème du DDT - et de tous les pesticides à longue durée de vie - est qu'ils s'accumulent dans les chaînes alimentaires. Le schéma page 12 l'illustre bien. Les plantes ont été aspergées. Plus tard, chaque criquet va manger beaucoup de matière végétale, et donc concentrer en lui (dans sa graisse) les restes de pesticides. Chaque grenouille va manger beaucoup de criquets:

reconcentration, etc. Finalement l'oiseau de proie, au «sommets», atteint une concentration maximale en pesticides, qui peut être dangereuse. Le DDT était devenu si abondant chez les oiseaux de proie qu'ils ont presque tous failli disparaître; les coquilles de leurs œufs devenaient trop fragiles et les couvées échouaient.

Autres effets néfastes

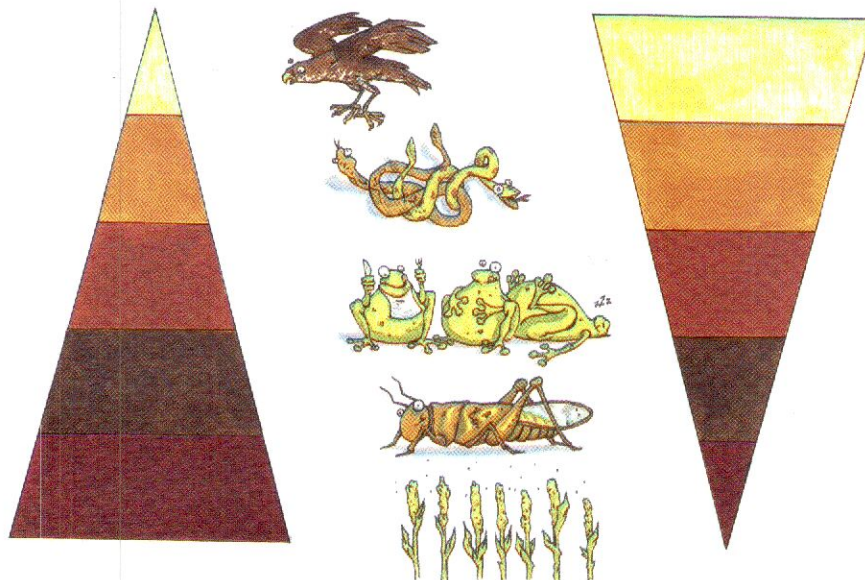
Les insecticides ne sont pas spécifiques: ils tuent tous les insectes et, souvent, tous les animaux poikilothermes («à sang froid»). Ainsi, les prédateurs des ravageurs sont également éliminés. Ce qui laisse souvent la porte ouverte à une invasion de nouveaux ravageurs venus des contrées voisines; mais ils sont cette fois sans ennemis qui puissent limiter naturellement leurs populations. Les araignées rouges, en réalité des acariens, ne sont ainsi devenues gênantes qu'après l'usage immodéré du DDT.

La perturbation des chaînes alimentaires est encore aggravée par

la disparition de tous les animaux non homéothermes, y compris des vertébrés (poissons, grenouilles, lézards...). Ce sont tous les écosystèmes de tous les écosystèmes du monde qui étaient finalement menacés par l'accumulation du DDT. On en a même retrouvé chez des manchots en Antarctique (où il n'a forcément jamais été utilisé).

A cause de cette accumulation générale dans les écosystèmes, menacés de stérilité, le DDT a été banni progressivement de tous les pays développés. Certaines populations animales se reconstituent petit à petit, d'autres ne se sont pas remises de ces bouleversements écologiques. Rappelons enfin que chez nous, 20 ans après le bannissement du DDT, il reste présent jusque dans le lait maternel (on n'a pas trop d'inquiétudes, vu sa faible toxicité sur l'homme).

Mais comme le DDT reste répandu dans certains pays en développement, certains produits alimentaires que nous importons sont encore souillés d'insecticides.



Pyramide alimentaire et DDT. A gauche, représentation de la masse des êtres vivants: elle décroît quand on s'élève dans la pyramide. A droite, les concentrations en DDT: elles augmentent spectaculairement quand on s'élève dans la pyramide. (D'après F. RAMADE, 1989. Ecotoxicologie, in: Encyclopaedia Universalis, vol.7 p.909)

Le paludisme (ou malaria)

Cette maladie est causée par différents parasites unicellulaires du genre *Plasmodium*. Le parasite s'installe dans les globules rouges de l'homme, où il se reproduit. Régulièrement, des globules rouges éclatent tous ensemble, et libèrent de nouveaux parasites. C'est alors qu'interviennent les accès de fièvre. Cette maladie est particulièrement inconfortable pour ceux qui en souffrent. Le *Plasmodium* est transmis d'un homme malade à un homme sain par des anophèles (moustiques). Deux milliards d'humains (30 % de la population mondiale) vivaient actuellement dans des zones potentiellement exposées au paludisme. Chaque année on enregistre 100 millions de nouveaux cas de malaria.

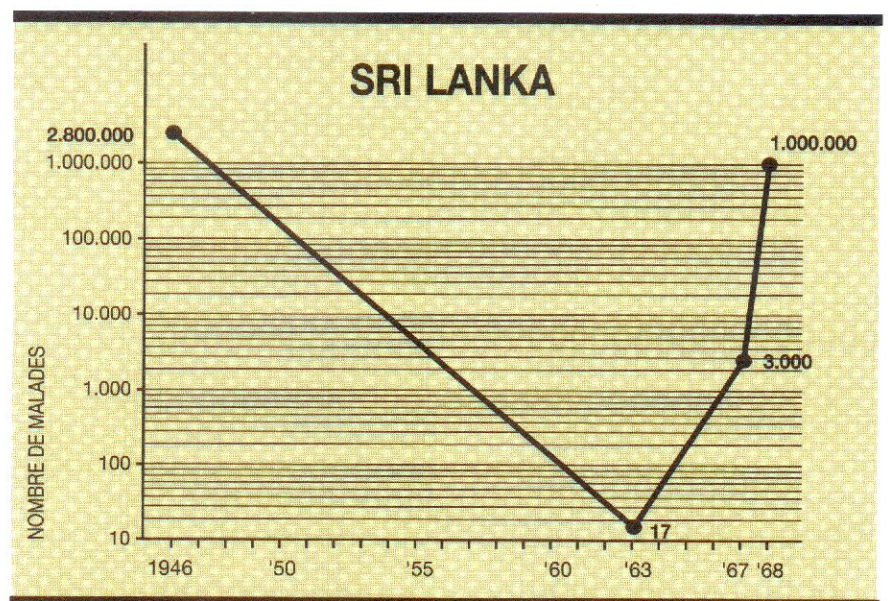


Plusieurs espèces de moustiques, vecteurs de malaria, échappent à la désinfection des maisons et des huttes parce qu'ils vivent en dehors de celles-ci.

Et la lutte contre le paludisme ?

A l'heure actuelle, la situation est plutôt sombre. Certes, le paludisme a été éradiqué dans les pays développés dès 1940. Mais dans le tiers-monde, rien ne va plus comme on l'avait espéré entre 1950 et 1960.

Les moustiques vecteurs du parasite ont, un peu partout, développé la résistance au DDT et aux autres insecticides utilisés après lui. Le *Plasmodium* de son côté est souvent devenu résistant aux principaux médicaments anti-paludéens. Les nombreuses situations de guerre dans le tiers-monde n'arrangent rien: elles



Les données les plus connues concernant le DDT sont celles du Sri Lanka. En 1946, 2,8 millions de cas de malaria étaient enregistrés. Grâce à l'utilisation du DDT prescrite par l'Organisation Mondiale de la Santé, le Sri Lanka vit descendre le nombre de malades atteints de malaria à 17 cas. L'arrêt de l'usage du DDT eut des conséquences catastrophiques: en 1967, on dénombrait 3.000 cas de malaria et en 1968 à peu près 1 million.

favorisent l'abandon des réseaux de surveillance et annihilent le suivi des luttes anti-paludéennes. De plus, chaque situation locale de paludisme est un cas d'espèce, à étudier comme tel. Le meilleur espoir actuel est celui d'un vaccin.

Comment en sortir ?

Savoir reconnaître les erreurs du passé et agir pour ne pas les répéter sont des qualités fondamentales. Les pesticides classiques, notamment organochlorés, utilisés dans la lutte contre les ravageurs, en agriculture ou en santé publique n'offrent pas toutes les garanties d'innocuité par rapport à l'homme et à la nature. Ces produits ont occasionné des décès (hexachloro-

benzène, lindane, autres hexachloro-cyclohexanes...). Les alternatives doivent cependant être avantageuses.

La lutte biologique peut utiliser à son profit les ennemis naturels de l'espèce que l'on veut contrôler. Pour cela, on s'assure d'abord que le ou les ennemis envisagés n'attaqueront que l'espèce visée, et pas d'autres. Puis on répand les ennemis du ravageur dans la zone à traiter. D'autres techniques consistent par exemple à attirer les mâles vers des pièges où ils sont détruits, ou à libérer de grandes quantités de mâles stériles (leur accouplement avec des femelles normales n'engendrera pas de descendants), etc.

Ainsi les cochenilles exotiques qui ont déferlé sur la Belgique depuis quelques années ont été maîtrisées grâce à des lâchers de coccinelles, prédatrices spécifiques élevées à cet effet.

La lutte intégrée utilise toutes les méthodes disponibles, biologiques et chimiques, de manière compatible entre elles. Elle tient donc compte de l'écosystème. Elle vise à maintenir les ravageurs au-dessous du seuil des dégâts économiques et réserve la lutte chimique aux interventions urgentes.

En agriculture, les méthodes de culture reprennent de l'importance; on pratique l'assolement, on choisit judicieusement les espèces en fonction de l'environnement, et les variétés les plus résistantes aux ravageurs. Les fertilisants adéquats sont répandus, sans excès.

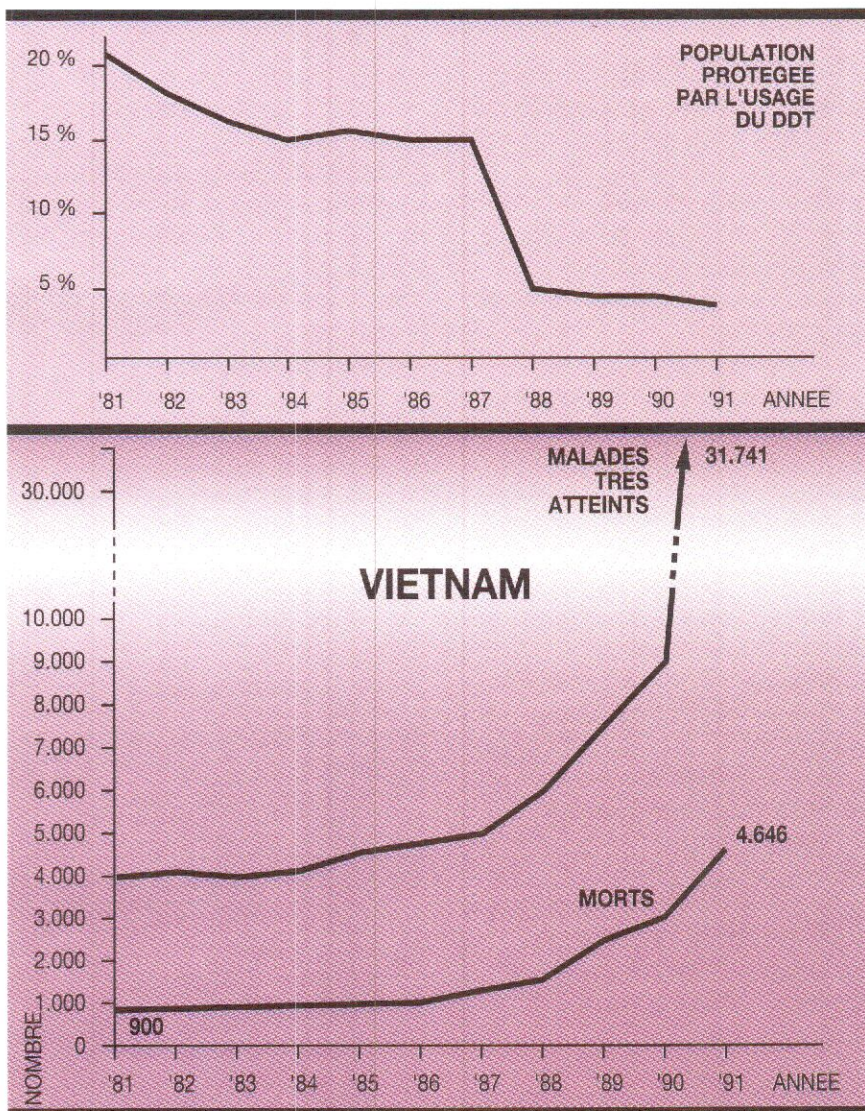
La clé du succès, en lutte biologique comme intégrée, c'est l'étude préalable, la bonne connaissance du cas, et la surveillance régulière du milieu ou de la culture.

Quelques considérations générales importantes

Il est des produits organochlorés dont les effets néfastes sur la santé humaine ou l'environnement sont suffisamment connus. C'est le cas du DDT (insecticide) ou du 2,4,5-T (agent orange, défoliant). En général, leur usage a été interdit ou limité dans les pays industrialisés.

Mais certains produits organochlorés ne sont que suspects d'effets néfastes sur la santé humaine et/ou l'environnement, les scientifiques n'étant pas encore parvenus à se forger une opinion définitive (difficultés d'analyses fiables dues aux petites doses de produit en jeu, complication des études épidémiologiques, absence de modèles animaux fiables...). Dans ce cas, la prudence conseille d'éviter de les répandre dans l'environnement.

C'est le principe de **précaution**, dont l'interprétation doit tenir compte des avantages et des inconvénients liés au produit.



Dans les régions les plus touchées du Vietnam, 12,5 millions de personnes (15 à 23 % de la population Vietnamienne) étaient protégées contre les moustiques par la pulvérisation des habitations au DDT. Depuis 1988, on n'intervient plus que dans les foyers épidémiques. Le nombre de malades très atteints par la malaria était 8 fois plus élevé en 1991 et le nombre de décès multiplié par 5. Les résultats de 1992 ne sont pas connus officiellement mais ils sont encore plus mauvais. La livraison de DDT par l'ex-URSS a été arrêtée en 1990 et le stock de produits a été largement entamé. La situation devrait être critique d'ici peu.

Le blanchiment du papier sans chlore gazeux

De plus en plus souvent, les papiers sont «blanchis sans chlore», parce que l'action du chlore sur un mélange tel que la pâte à papier, dont la composition fine est difficile à préciser, peut engendrer une grande variété d'organochlorés.

Cependant, l'utilisation du chlore et du dioxyde de chlore en quantités bien contrôlées permet d'assurer une qualité d'effluent qui n'a pas d'impact mesurable sur l'environnement.

Les CFC

Leur rôle dans la destruction de la couche d'ozone stratosphérique n'est pas strictement ni définitivement démontré, mais les soupçons sont tels, et les risques potentiels si grands, que le principe de précaution a conduit à réduire leur usage. Pas encore assez vite d'ailleurs, selon certains spécialistes en climatologie.

La conception des alternatives

L'exemple des CFC illustre la recherche d'alternatives à des substances à problèmes. Les industries ont trouvé rapidement un substitut aux CFC utilisés comme gaz propulseurs pour les bombes aérosols: ils sont par exemple remplacés par du butane ou du propane (qui ont cependant l'inconvénient d'être inflammables). Dans le cas des utilisations frigorifiques, des substituts apparaissent également. (HCFC, HFC)

Actuellement, les préoccupations environnementales font poser la question de l'utilité fondamentale des produits concernés. Ainsi, dans le cas des bombes aérosols, il existe souvent une autre manière de répandre le produit, d'habitude plus économique pour l'utilisateur. Pensons aux déodorants ou aux peintures. Réduire les gaspillages est un souci écologique élémentaire, qui devrait faire partie des préoccupations de la société de consommation.

LE PVC DANS L'ENVIRONNEMENT

Le PVC, chlorure de polyvinyle, est une matière plastique produite à grande échelle depuis 1938. Le PVC présente une grande variété d'applications parce qu'il est tantôt souple, tantôt rigide, coloré ou non, transparent, brillant ou mat. Il apparaît sous forme de châssis de fenêtre, de revêtements de câbles électriques, de protection anticorrosion des voitures, de tubes de transfusion sanguine.

Le PVC, matière organique constituée de macromolécules, est produit à partir de substances extraites du pétrole, du gaz naturel ou de charbon. Les matières plastiques copient et améliorent la structure des substances organiques naturelles tels que le bois, la paille, la corne, les résines végétales ou le caoutchouc.

Le succès du PVC est à l'origine de malentendus à propos de l'impact de celui-ci sur l'environnement. Présent dans de très nombreuses applications, il a été assimilé à toutes les matières plastiques (et vice versa).

Le PVC contient 57% de son poids en chlore et 43% en éthylène. 4% seulement du pétrole brut sert à fabriquer les matières plastiques. Près de 90% de ce même pétrole sert de vecteur énergétique à usage unique (transport, chauffage, électricité). Intuitivement, on peut croire que le PVC exerce une pression importante sur notre environnement parce que nos poubelles contiennent beaucoup d'emballages. En fait, les plastiques représentent 7% en poids de nos déchets ménagers. Le PVC y représente moins d'un dixième des matières plastiques, soit moins de 1% du contenu de nos poubelles.

Le chlorure de vinyle monomère (VCM), gaz à partir duquel le PVC est fabriqué, est cancérigène lorsqu'il est inhalé quotidiennement à forte dose pendant

de longues années. Lorsque les propriétés cancérigènes du VCM ont été détectées au début des années 70, l'industrie et les autorités ont pris des mesures drastiques de réduction du VCM sur les lieux de travail.

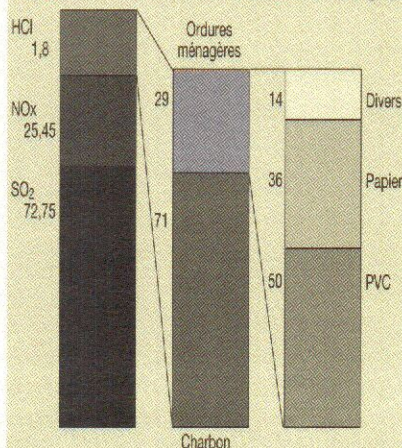
La polymérisation du VCM se fait aujourd'hui en circuit fermé et des sondes mesurent en permanence la teneur en VCM dans l'air ambiant des salles de polymérisation. Les travailleurs ne courent plus de risque particulier à cet égard.

Le consommateur non plus ne court pas de risque pour sa santé en utilisant du PVC, ou via les matières plastiques qui servent à l'emballage de denrées alimentaires. Une législation très stricte limite la migration des constituants de l'emballage dans le contenu.

L'incinération du PVC dans les ordures ménagères est génératrice de moins de 0,25% des émissions acides dans l'air dans l'état actuel des incinérateurs (voir tableau 1).

PVC et acide chlorhydrique

Répartition des émissions acides en Belgique



Dans les conditions actuelles d'incinération en Belgique, la contribution du PVC aux émissions acides dans l'air est de 0,25 %

Tableau 1

Certains ont cru que le PVC était à l'origine des dioxines, or, des dioxines sont émises lors de la combustion imparfaite de matières contenant du carbone, de l'hydrogène, et des chlorures telle que la paille, le carton, le PVC, le bois, les déchets de cuisine,... Il suffit de traces de chlorure (sel de cuisine p.ex.) dans les déchets pour qu'il y ait formation de dioxines à la sortie des incinérateurs. La présence ou l'absence de PVC dans les ordures ménagères incinérées ne change pas la quantité de dioxines produites.

Dans les pays comme la Suisse, le Danemark, le Japon, la Hollande, l'incinération avec récupération d'énergie fait partie intégrante du traitement des ordures ménagères. L'incinération y est pratiquée avec succès parce que la technologie appliquée respecte l'environnement et la santé. Le traitement et le lavage des fumées à la sortie des incinérateurs réduisent d'un facteur 100 la quantité des dioxines émises dans l'atmosphère (voir tableau 2).

Le PVC, comme la plupart des autres matières plastiques, n'est pratiquement pas dégradé. En décharge, même les matières organiques et le papier ne se dégradent pratiquement pas.

Le professeur américain W. Rathje a constaté, en carottant les décharges, que les journaux et les déchets de cuisine restent intacts après plus de vingt ans d'enfouissement. En tant qu'objets inertes, les matières plastiques ne contribuent pas à la pollution des nappes phréatiques par percolation.

Emissions de dioxines / Pays-Bas 1991

	1991		2000
	gTEQ	%	gTEQ
Incinération			
• déchets ménagers	382	79	2 à 4
• déchets chimiques	16,8	3	1,7
• déchets hospitaliers	2,1	0,4	0
• déchets de câbles	1,5	0,3	1,5
• boues	0,3	0,06	1,5
• crémations	0,2	0,04	0,2
Métallurgie	31,5	6,2	7
Traitement de bois	25	5,2	20
Chauffage et énergie			
• bois	12	2,5	9
• charbon	3,7	0,8	3,7
• pétrole	1,0	0,2	1,0
Transport	7,0	1,4	0,2 à 5
Industries à haute temp.: ciment, verre, laine, minérale	2,7	0,6	2,7
Industrie chimique	1,0	0,2	1,0
Asphalte	0,3	0,06	0,3
	487	100	max. 58

Institut d'état pour la santé publique et l'environnement, RIVM, Bilthoven, 1993.
Comité Néerlandais de Recherches des Sciences Naturelles Appliquées, TNO, Apeldoorn.

Tableau 2

Les polychlorobiphényles (PCB)

constituent un groupe de 209 hydrocarbures aromatiques hautement chlorés qui, grâce à leurs propriétés (sûrs car peu inflammables, bonnes caractéristiques diélectriques, etc.) ont été utilisés à partir des années 30 principalement dans des appareils électriques et plus spécifiquement dans des transformateurs.

Des recherches sur l'augmentation de la mortalité des mammifères marins au cours des années 70 et 80 ont révélé des concentrations accrues de PCB dans leurs tissus adipeux.

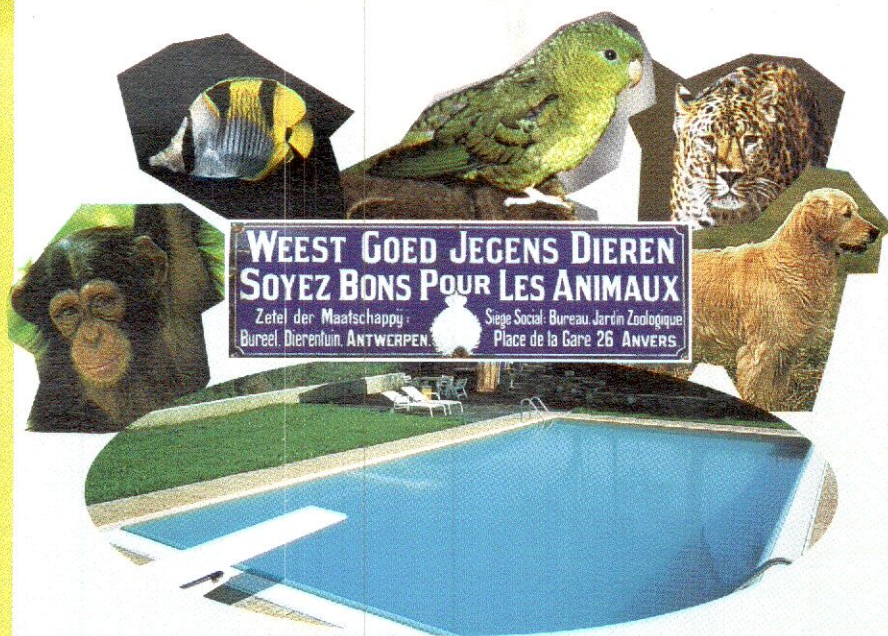
Les PCB sont lipophiles, persistants, peuvent s'accumuler et semblent toxiques pour les mammifères marins.

Depuis 1976, des mesures ont été prises au niveau international en vue de prévenir la présence de PCB en milieu marin.

L'industrie chimique:

- s'est rapidement mise d'accord pour mettre fin à la production des PCB (arrêt total au milieu des années 80);
- est entièrement d'accord avec les mesures prises pour empêcher que les PCB encore utilisés ne se répandent, ni n'endommagent l'environnement;
- cautionne le contrôle sévère par les autorités de l'application des mesures mentionnées ci-dessus;
- construit les installations nécessaires à la destruction des PCB restants. Ces installations sont conformes aux normes internationales relatives à l'émission de substances nuisibles.

En conclusion, on reconnaît généralement que le problème des PCB est sous contrôle et que le risque est en régression constante. Dans la Mer du Nord, l'accroissement actuel du nombre des phoques est bon signe, mais il n'y a pas de preuves que ce soit dû à la maîtrise de l'utilisation de PCB.



PRIX DE LA JEUNESSE 1995 CONCERNANT L'ENVIRONNEMENT

pour des travaux de séminaire
en relation avec un des deux thèmes suivants:

"Soyez bons pour les animaux"
ou
"Le chlore dans la vie quotidienne"

Deux prix de 50.000 FB chacun seront décernés au meilleur travail réalisé sur chaque thème, par un groupe de jeunes, entre 12 et 20 ans, guidé par un professeur. Ceci s'adresse à tous les réseaux d'éducation des niveaux secondaire moyen, technique ou universitaire.

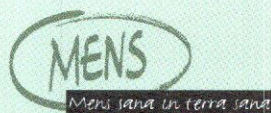
Le travail traitera de l'un ou l'autre aspect des thèmes indiqués.

Le jugement du jury sera basé sur les éléments suivants:

- l'approche éthique
- l'inspiration, c.à.d. l'originalité des idées
- les efforts de travail fournis
- le niveau scientifique, tenant compte de l'âge et du niveau des études
- l'aspect didactique
- les soins apportés à la rédaction, les textes et les illustrations.

Trois exemplaires du travail (texte de 10 et 25 pages éventuellement accompagné d'annexes, tableaux et liste de références) sont à adresser avant le 31 mars 1995 à l'adresse ci-dessous où tout renseignement complémentaire peut être demandé:

Sonja De Nollin, coordinatrice,
Te Boelaarlei 23 2140-Borgerhout Tel.: 03/322.74.69 Fax: 03/321.02.77



MINISTÈRE
DE
LA SANTÉ PUBLIQUE



MINISTÈRE
DE
L'AGRICULTURE



Le message de Rachel Carson

Le début de la prise de conscience écologique dans le monde a été marqué par la publication en 1962 du livre "Silent Spring" (Printemps silencieux) de la biologiste américaine Rachel CARSON (1907-1964). Elle avait derrière elle une longue carrière au U.S. Fish and Wildlife Service, et s'était déjà fait reconnaître comme écrivain scientifique de talent en 1951: elle avait remporté le National Book Award pour "The Sea Around Us".

Son expérience sur le terrain l'avait familiarisée avec les dégâts à l'environnement liés à l'usage immodéré des pesticides, dont le DDT. C'est donc tout naturellement qu'elle a voulu faire partager au public son angoisse devant l'inconscience de l'homme, en train de détruire son cadre de vie sans s'en apercevoir. L'image choc était celle du printemps sans le chant des oiseaux.

Le livre a connu immédiatement un succès mondial, mais ce ne fut pas sans peine: on a tout fait pour déconsidérer Rachel CARSON, mettant en doute le contenu scientifique de son ouvrage, le taxant d'émotionnel. On l'a même accusée de vouloir faire le jeu de l'URSS, en réduisant exprès les productions agricoles américaines! Quant à son éditeur, il a subi des pressions pour que le livre ne sorte jamais...

Aujourd'hui, certains estiment que Rachel CARSON est une des plus grandes figures de la biologie, à l'instar d'un Charles DARWIN. Ce dernier a popularisé l'idée que toutes les espèces vivantes, l'homme y compris, avaient des ancêtres communs dans le passé. Cette vision révolutionnaire a d'abord suscité une vague d'incompréhension, donc de rejet, pour finir par s'imposer universellement. De même, Rachel CARSON a souligné l'indispensable lien de l'homme avec son environnement, et mis en évidence la responsabilité humaine dans la gestion de celui-ci.