

POLLUTION CHIMIQUE DE L'EAU ET SANTÉ HUMAINE

Pr. Alain BOTTA
Laurence BELLON

Service de Médecine et Santé au travail
Laboratoire de Biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale
(EA 1784, IFR PMSE 112)

Support de formation développé dans le cadre du projet INTERREG :

Coordination Euro-méditerranéenne de l'Université TETHYS.

Plate-forme numérique de Management de la Connaissance des Cultures et Territoires Méditerranéens.

Application à une approche inter-régionale de la gestion des ressources naturelles et de la santé publique dans le bassin Méditerranéen.

-
- Commission Européenne
 - Université Euro-Méditerranéenne *TETHYS*
 - Université de la Méditerranée, Faculté de Médecine
} (Produit par la Cellule d'Innovation Pédagogique)
 - Université Technologique de Compiègne
} (Conçu avec le système *SCENARI*)

Avril 2004

Table des matières

Introduction.....	4
--------------------------	----------

I- L'eau, véhicule de substances minérales..... 5

Chapitre A. L'eau, véhicule de substances minérales habituellement présentes dans les sols.....	6
1. Substances minérales présentes dans les sols.....	6
Chapitre B. L'eau, véhicule de substances minérales industrielles provenant de la composition de certains sols ou de la pollution chimique.....	6
1. Substances minérales industrielles.....	6
Chapitre C. L'eau véhicule des substances minérales ambivalentes provenant de la composition de certains sols ou de la pollution chimique.....	7
1. Le sélénium.....	7
2. Le lithium.....	7
3. Le fluor et les fluorures.....	8
Chapitre D. L'eau véhicule de substances minérales toxiques provenant de la pollution chimique.....	10
1. Arsenic et composés hydrosolubles.....	10
2. Le mercure.....	11
3. Le cadmium.....	12
4. Le plomb.....	12
5. Le chrome.....	13
6. L'aluminium.....	14
7. Les cyanures.....	14
8. Les nitrates et nitrites.....	14
9. L'ammoniaque.....	15
10. Les radionucléides.....	16

II- L'eau, véhicule de substances organiques..... 17

Chapitre A. L'eau, véhicule de substances indésirables organiques provenant de la pollution chimique.....	17
1. Les dérivés phénoliques.....	17
2. Les détergents.....	17
3. Les autres produits ménagers.....	18
Chapitre B. L'eau véhicule de substances toxiques organiques provenant de la pollution chimique.....	18
1. Les pesticides.....	18
2. Les PCB.....	20
3. Les hydrocarbures.....	21
4. Les polluants organiques persistants (POP).....	22
Conclusion.....	23

Introduction

Sur la planète Terre 0,025 % seulement de l'eau douce est facilement accessible et exploitable. L'eau salée constitue 97 % au moins des ressources en eau.

L'eau est une **ressource renouvelable menacée en permanence par des pollutions d'origine accidentelle** (naufrages occasionnant des marées noires), d'origine **agricole** (emploi croissant d'engrais et de pesticides), d'origine **industrielle** (risque de pollutions chimiques, toxiques ou de rejets d'effluents radioactifs, associés au phénomène de caléfaction), d'origine **automobile** (liée à la pollution de l'air par contamination des précipitations), d'origine **démographique** (l'extension de l'habitat participe à l'accroissement des rejets d'eaux usées).

La réglementation en vigueur pour l'eau destinée à la consommation humaine fait appel à six Décrets du Droit Français et une Directive Européenne :

- en Droit Français :

Décret n° 89-3 du 3 Janvier 1989, modifié par le Décret n° 90-330 du 10 Avril 1990 par le Décret n° 91-257 du 7 Mars 1991 et par le Décret n° 95-363 du 5 Avril 1995. Décret n° 98-1090 du 4 Décembre 1998. Décret n° 2001-1220 du 20 Décembre 2001.

- en Droit Européen :

Directive 98/83/CE du Conseil du 3 Novembre 1998(JO CE du 5 Décembre 1998, pp 330/32-330/54.

Partie

I

L'eau, véhicule de substances minérales

Chapitre A. L'eau, véhicule de substances minérales habituellement présentes dans les sols

1. Substances minérales présentes dans les sols

Si l'on admet qu'une eau très faiblement minéralisée n'est pas recommandable du fait notamment de son caractère **corrosif**, les effets sur la santé humaine des **eaux riches en minéraux** font encore l'objet actuellement d'interrogations sur lesquelles il est nécessaire de procéder à une actualisation :

- ◆ Les sulfates favoriseraient à long terme un processus d'irritation gastro-intestinale surtout s'ils sont associés au sodium ou au magnésium,
- ◆ Les chlorures, outre le goût désagréable qu'ils communiquent à l'eau, peuvent favoriser la mobilisation d'ions indésirables ou toxiques à partir des canalisations métalliques surtout si celles-ci véhiculent de l'eau chaude,
- ◆ Le sodium a été impliqué à long terme parmi les facteurs favorisant la genèse d'une hypertension artérielle,
- ◆ Le calcium et le magnésium facteurs de la dureté de l'eau ont fait l'objet, du fait des inconvénients qu'ils engendrent (goût désagréable, entartrage rapide), de campagnes de suppression (« adoucissement ») par échange d'ions entraînant le remplacement des ions calcium par des ions sodium. Ces campagnes sont aujourd'hui jugées discutables et la plus grande prudence est recommandée dans l'application des traitements correctifs des eaux destinées à la consommation humaine.

Chapitre B. L'eau, véhicule de substances minérales industrielles provenant de la composition de certains sols ou de la pollution chimique

1. Substances minérales industrielles

Ce sont surtout des substances de nature métallique qui peuvent, à concentration anormalement élevée, occasionner une **gêne** (goût désagréable, coloration anormale, dépôts) ou une **nuisance** (le fer favorise la prolifération bactérienne, le cuivre et le zinc occasionnent une saveur astringente, le manganèse induit une turbidité anormale....).

Chapitre C. L'eau véhicule des substances minérales ambivalentes provenant de la composition de certains sols ou de la pollution chimique

Selon les concentrations en présence, la substance induit une activité biologique bénéfique ou nocive.

1. Le sélénium

Reconnu comme hépatoprotecteur aux faibles concentrations (inférieures à 10 µg/l), il pourrait s'avérer hépatotoxique et neurotoxique à concentrations élevées (50 à 300 µg/l dans des eaux traversant des sols sélénifères).

Effets sur la santé :

- ◆ A faible dose, le sélénium est un micro-nutriment indispensable à l'homme, il a un rôle d'anti-oxydant et détoxifiant au niveau de la cellule; il agit contre les effets néfastes des espèces radicalaires électrophiles produites par bio-activation de nombreux xénobiotiques.
- ◆ A forte dose, le sélénium peut être toxique. L'intoxication se fait par inhalation, ingestion ou par pénétration cutanée. Elle se manifeste par une irritation de la peau et des bronches et peut altérer le système nerveux et la fonction hépatique.

2. Le lithium

Il a été incriminé, à concentrations élevées, dans certains troubles psychiques retrouvés chez les populations consommant régulièrement l'eau traversant des sols riches en lithium.

3. Le fluor et les fluorures

Le fluor est un **élément indispensable** de l'alimentation et de l'eau de boisson. En effet, des doses orales de fluor de l'ordre de 1 mg/jour assurent une protection des dents contre les caries par une action sur la plaque dentaire. L'émail des dents est rendu plus résistant par la fixation de l'ion fluorure F⁻ dans le réseau cristallin. A l'inverse, si la dose orale est supérieure à 3 mg/jour, du fait de la richesse des sols en fluorure de calcium ou du fait de la pollution industrielle (métallurgie de l'aluminium, fabrication d'engrais phosphaté, industries cuisant de l'argile telles que cimenteries, tuileries, briqueteries, fabrication de céramique), la consommation régulière d'eau peut générer, particulièrement chez les enfants, une atteinte de l'émail dentaire (" maladie de l'émail tacheté ") et une atteinte osseuse par l'ion fluorure F⁻ plasmatique, ce qui génère de la fluoroapatite au niveau des zones périostiques et vascularisées de l'os.

Le fluor est donc un **toxique cumulatif**.



Exemple

Un exemple de fluorose hydrique est le " Darmous " qui se retrouve en Afrique du Nord, dans les régions où existent des phosphates naturels riches en fluorure de calcium.

Effets sur la santé :

- ◆ A faible dose le fluor a un rôle bénéfique, il prévient l'apparition des caries.
- ◆ A fortes doses (supérieure à 1,5 mg/l), il provoque la **fluorose dentaire** ou **osseuse**.

La **fluorose dentaire** se manifeste par l'apparition de tâches blanche sur la dent, émail strié, coloré en jaune. Elle est due à l'ingestion chronique de dose toxique de fluor pendant les années de formation des dents (de 0 à 8 ans) provoquant une hypominéralisation de l'émail et de la dentine. (Images 1 et 2)



↑ IMG. 1



↑ IMG. 2

La **fluorose osseuse** constitue l'atteinte extra-dentaire la plus fréquente de l'intoxication chronique. Elle se manifeste par une atteinte des os et des articulations.(Image 3)



↑ IMG. 3

Chapitre D. L'eau véhicule de substances minérales toxiques provenant de la pollution chimique

1. Arsenic et composés hydrosolubles

Habituellement présents à de très faibles concentrations dans les eaux de surface, les composés hydrosolubles de l'arsenic (arsénites de sodium et de potassium, arséniates de sodium) peuvent se retrouver en quantités plus élevées notamment du fait de la pollution **industrielle** (fabrication de semi-conducteurs, fabrication d'alliages, métallurgie), **environnementale** (combustion de fuels), **agricole** (emploi de dérivés arsenicaux comme pesticides).



Explication

L'intoxication chronique peut se traduire par une mélanodermie, une kératodermie pouvant évoluer vers la malignisation (carcinomes baso et spino cellulaires), une hépatotoxicité.

Effets sur la santé :

- ◆ L'arsenic est classé **cancérogène** par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC). Des cancers de la peau, des poumons, du foie et de la vessie sont apparus chez certaines personnes exposées à l'arsenic par voies digestive ou respiratoire.
- ◆ La principale voie d'exposition est orale, l'inhalation et la pénétration cutanée représentent une voie mineure d'absorption.
- ◆ L'intoxication aiguë produit des **troubles gastro-intestinaux** qui se manifestent par des vomissements, des douleurs abdominales et des diarrhées suivis de troubles généraux pouvant précéder la mort du sujet si les doses reçues sont conséquentes.
- ◆ L'intoxication chronique par l'arsenic provoque des hyperkeratoses palmo-plantaires (épaississement de la couche cornée de l'épiderme des paumes des mains et de la plante des pieds). Ceci est souvent associé à une alternance de zones hyper et hypo-pigmentées de la peau. Ces symptômes peuvent être indicateurs d'une intoxication prolongée à de faibles doses d'arsenic présent dans l'eau de boisson.

2. Le mercure

C'est un polluant classique des eaux, capable de s'accumuler le long des chaînes alimentaires. Sa présence est surtout d'origine **industrielle** (incinérations, combustion de fuels et charbon) bien qu'une quantité non négligeable puisse provenir du **dégazage naturel de la croûte terrestre**.



Attention

Le problème du mercure est surtout lié à sa **biotransformation en dérivés organiques** (méthylmercure) par les micro-organismes des sédiments. Ce composé peut se concentrer dans divers organes tels que le cerveau, le rein et le foie où il induit des **dysfonctionnements graves souvent irréversibles**.

Effets sur la santé :

- ◆ L'intoxication par les sels de mercure s'appelle **l'hydrargyrisme**, caractérisé par des lésions des centres nerveux se traduisant par des tremblements.
- ◆ La voie de pénétration est l'inhalation et l'ingestion, l'intoxication cutanée est moins fréquente.
- ◆ Les dérivés minéraux du mercure agissent essentiellement sur les reins où ils entraînent à long terme une insuffisance rénale irréversible et les dérivés organiques (organomercuriels) agissent plus volontiers sur le système nerveux central.



Exemple

L'encéphalopathie décrite chez les pêcheurs japonais sous la dénomination de " maladie de Minamata " est un exemple classique d'intoxication par les dérivés organomercuriels synthétisés par les poissons à partir des rejets industriels de mercure minéral dans la mer au niveau de la baie de Minamata.

3. Le cadmium

Elément rare, il n'existe pas à l'état natif. Dans l'eau, le cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols ainsi que des décharges industrielles.

Polluant industriel très répandu, notamment à partir des industries de tréfilerie et galvanoplastie, le cadmium est un néphrotoxique redoutable générateur sur le mode chronique de néphropathies tubulo-intesticielles du fait de son caractère cumulatif important (demi-vie biologique de plusieurs années).



Démarche

La recherche systématique d'une protéinurie à chaîne légère associée à une augmentation de la cadmiurie permet de détecter précocément les effets toxiques du cadmium.

4. Le plomb

Reconnu depuis des années comme un toxique cumulatif, thioloprive, neurotoxique, néphrotoxique et hématotoxique, responsable du " saturnisme hydrique " lié aux canalisations en plomb. Les dérivés du plomb font l'objet de nombreuses études de Santé Publique notamment chez les enfants où l'intoxication saturnine peut avoir des conséquences redoutables.

Effets sur la santé :

- ◆ L'ensemble des symptômes dus à une intoxication au plomb est regroupé sous le nom de saturnisme.
- ◆ Le plomb peut pénétrer dans l'organisme selon trois voies : inhalation, ingestion et voie percutanée, cette dernière étant surtout prépondérante pour les dérivés organiques, pour aller vers les organes cibles qui sont le système nerveux, le sang et les reins. Il est responsable d'atteintes neurologiques, d'une diminution des globules rouge et d'anémie par inhibition de la synthèse de l'hème, constituant la partie non protéique de l'hémoglobine.



Démarche

Les enfants sont particulièrement sensibles aux effets du plomb, c'est pourquoi une exposition excessive doit être détectée précocement.

5. Le chrome

Les sels de chrome (chromates, bichromates) présents dans l'eau sont d'origine industrielle pure (chromage, mordantage, coloration, galvanoplastie). Les dérivés hexavalents sont potentiellement cancérigènes et sont donc très préoccupants pour la santé humaine. La Directive Européenne de 1998 a abaissé le taux admis dans l'eau de boisson à 10 µg/l au lieu de 50 µg/l prévu par le Décret de 1989.

Effets sur la santé :

- ◆ Toxicité aiguë : l'ingestion de forte dose entraîne des vertiges, une sensation de soif, des douleurs abdominale, des diarrhées hémorragiques et dans les cas les plus sévères le coma et la mort.
- ◆ Toxicité chronique :
 - Les voies respiratoires sont la cible préférentielle des dérivés du chrome, ce qui entraîne une diminution des fonctions pulmonaires et surtout des effets génotoxiques à la base de la genèse de cancers broncho-pulmonaires.
 - Par pénétration cutanée, une intoxication par le chrome provoque des dermatites eczématiformes ou des ulcérations appelées "trou du chrome" ou "pigeonneaux" qui pourraient constituer de véritables états prè-cancéreux et qu'il est donc impératif de dépister au plus tôt.

6. L'aluminium

Actuellement à l'étude notamment pour ses **effets neurotoxiques centraux**, l'aluminium est un polluant industriel provenant surtout de la métallurgie, les constructions automobile et aéronautique, la fabrication d'appareils ménagers. Sa participation à la physiopathologie de la maladie d'Alzheimer et aux syndromes parkinsoniens a été évoquée mais non démontrée.

7. Les cyanures

Sels de l'acide cyanhydrique, ils proviennent des industries métallurgiques (galvanoplastie, traitement de minerais, électrolyses), des papeteries, industries de la bijouterie, tanneries... Les cyanures d'ammonium, de sodium, de potassium, de calcium sont des composés hydrosolubles qui peuvent dégager de l'acide cyanhydrique HCN en milieu acide. L'effet toxique principal est l'hypoxie tissulaire subaiguë, aiguë ou suraiguë par fixation de l'ion CN⁻ sur le fer ferrique de la cytochrome-oxydase au niveau de la chaîne respiratoire mitochondriale.

Effets sur la santé :

◆ Toxicité aiguë :

- forme foudroyante : les effets sont immédiats et la mort survient rapidement du fait de l'hypoxie tissulaire brutale qui interdit toute utilisation de l'oxygène par les tissus alors que le transport par l'hémoglobine s'effectue normalement.
- forme légère : sensation de vertiges et état confusionnel

◆ Toxicité chronique : céphalées, asthénie, vertiges de façon plus spécifique, troubles digestifs, sensoriels et oculaires. On évoque la possibilité d'effets neurotoxiques à long terme.

8. Les nitrates et nitrites

Les nitrites et les nitrates sont des composés très répandus dans l'environnement où ils subissent le cycle de l'azote, ce dernier représentant 78 % de l'air respiré. Les principales origines de l'azote environnemental sont les eaux usées urbaines, les effluents résiduaires industriels et les épandages agricoles d'engrais azotés. Les nitrites sont hématotoxiques par oxydation du fer de l'hème transformant l'hémoglobine en méthémoglobine inapte au transport de l'oxygène.



Remarque

Deux questions sont actuellement en débat et doivent être approfondies : d'une part les nitrates présents dans une eau de boisson polluée peuvent-ils toujours donner naissance à des nitrites, notamment par nitro-réduction bactérienne au niveau du côlon et, d'autre part les nitrites présents dans l'eau (ou dans certains aliments) peuvent-ils par combinaison avec des amines donner naissance à des nitrosamines de très haute potentialité cancérigène ?

Effets sur la santé :

- ◆ Les nitrates sont peu toxiques pour la santé, se sont surtout les nitrosamines et les nitrites, dérivés des nitrates, qui sont toxiques.
 - Les nitrites dans l'eau de boisson sont mis en cause dans la **cyanose du nourrisson** (méthémoglobinémie du nourrisson) qui conduit à une hypoxie tissulaire. Ceci est dû à l'incapacité de la méthémoglobine à transporter l'oxygène. Ce processus toxique génère une anoxémie d'abord (diminution du transport sanguin de l'oxygène) puis une anoxie tissulaire (diminution de l'apport d'oxygène aux tissus) et enfin un dysfonctionnement tissulaire à la base de la pathologie qui finalement s'exprime par des signes cliniques.
 - Les nitrosamines sont plus spécifiquement mises en cause dans la cancérogenèse. Ce sont des composés qui se forment quand des nitrites se combinent avec certaines amines ou amides, formant diverses formes moléculaires de nitrosamines dont l'effet cancérigène a été prouvé chez l'animal et doit être considéré comme probable chez l'homme.

9. L'ammoniaque

Les émissions de gaz ammoniac sont issues de l'agriculture et principalement des déjections animales. La forte hydrosolubilité de ce gaz conduit à l'ammoniaque.

Effets sur la santé :

- ◆ Formé par l'ammonification bactérienne au cours de la décomposition de matières organiques azotées, l'ammoniac est connu pour ses effets irritatifs sur les voies respiratoires, notamment à l'étage supérieur rhinopharyngé où le toxique se retrouve concentré car du fait de son hydrosolubilité il est arrêté par l'eau qui tapisse les voies respiratoires supérieures constituant ainsi une première barrière de défense vis-à-vis des gaz et vapeurs toxiques. L'ammoniaque ingéré manifestera son pouvoir irritatif sur le tractus digestif.

10. Les radionucléides

Cette question extrêmement importante suscite de nombreuses interrogations et mérite une étude approfondie de l'état actuel des connaissances en terme de toxicologie des expositions aux faibles doses de rayonnements ionisants. En effet, si l'origine cosmique ou tellurique des radionucléides présents dans certaines eaux n'est plus à démontrer et a été utilisé autrefois dans un objectif de curiethérapie sans argumentation scientifique ni physiopathologique probante, les effets des émissions de radionucléides à faible dose sur la santé humaine sont controversés.

La présence de radionucléides dans l'eau d'origine industrielle peut être le fait **d'accidents nucléaires majeurs** (Kyshtym 1957, Windscale/Sellafield 1957, Detroit 1966, Three Mile Island 1979, Tchernobyl 1986) ou de **rejets radioactifs de l'industrie nucléaire** au cours des étapes d'extraction du minerai d'uranium, préparation de combustible, production d'énergie électrique et retraitement du combustible épuisé. Si les effets **déterministes** (obligatoires) et **stochastiques** (aléatoires) sont parfaitement décrits dans le cadre d'une exposition intense à moyenne, par contre la probabilité d'un effet génotoxique, mutagène ou cancérigène à long terme après exposition régulière à de très faibles doses de radionucléides est loin d'être évaluée, notamment en raison de **l'implication forte de l'hérédité** (facteurs de susceptibilité), de la **méconnaissance des mécanisme d'action directs ou indirects** mis en jeu vis-à-vis du matériel génétique et de leur caractère probabiliste.

Le problème est compliqué par les **propriétés cumulatives** de certains radionucléides tels que le strontium 90 qui prend la place du calcium osseux et peut irradier "in situ" la moelle osseuse. Les effets les plus sévères théoriquement attendus sont les **mutations géniques** (concernent quelques bases de l'ADN), **chromosomiques** (concernent plusieurs milliers de bases) et/ou **génomiques** (concernent un ou plusieurs chromosomes entiers) au niveau des précurseurs des éléments figurés du sang pouvant évoluer vers la genèse de leucémies notamment si les mutations se situent au niveau de gènes-clés de la cancérogenèse.

L'eau, véhicule de substances organiques

Chapitre A. L'eau, véhicule de substances indésirables organiques provenant de la pollution chimique

1. Les dérivés phénoliques

Ils proviennent de très nombreuses industries et de l'agriculture. Habituellement présents à très faibles concentrations, ils posent surtout un problème de nature **organoleptique** (goût désagréable dû aux chlorophénols rendant l'eau imbuvable). Toutefois si leur concentration augmente, des **effets toxiques spécifiques** peuvent se manifester allant, en fonction de la nature du composé en cause, du simple effet irritatif à la toxicité neurologique.

2. Les détergents

Les préparations détergentes sont des **mélanges complexes** dans lesquels on peut retrouver aussi bien des tensio-actifs cationiques (les plus toxiques), anioniques et non ioniques associés à des additifs (sels de l'acide nitriloacétique, polyphosphates, perborates). Leur origine est surtout le fait des eaux résiduaires domestiques, industrielle ou agricoles.

Outre le rôle dans la production de mousses et d'un goût désagréable, ils peuvent avoir une **toxicité directe** (tensio-actifs cationiques) ou **indirecte** (tensio-actifs anioniques et non ioniques) en favorisant la solubilisation voire la pénétration digestive dans l'organisme de certains toxiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques dont certains sont de puissants cancérogènes.



Attention

Il est important d'insister sur la nécessité de **contrôler les rejets domestiques sauvages** très polluants pour les eaux de surface et les eaux de moyenne profondeur.

3. Les autres produits ménagers

A côté des produits de lavage (vaisselle, linge), principaux pourvoyeur de détergents, on retrouve les nettoyants et désinfectants (hypochlorites, perborates, alcools, glycols, ammoniac, aldéhydes) présentant un **risque d'irritation digestive**, les décapants et détartrants, les engrais et pesticides pour usage domestique et les produits de bricolage (xyloprotecteurs, peintures, vernis, colles) qui outre la **toxicité spécifique des composants** apportent une **nuisance liée à la présence de solvants**.

Chapitre B. L'eau véhicule de substances toxiques organiques provenant de la pollution chimique

1. Les pesticides

Cette terminologie regroupe les familles des insecticides, fongicides, herbicides, corvicides, molluscicides, rodenticides et acaricides. Parmi les très nombreux représentants de ces familles, certains sont des **toxiques avérés** (par exemple les insecticides organophosphorés, neurotoxiques anti-cholinestérasiques), d'autres sont des **mutagènes** voire des **cancérogènes** qui de plus ont un **caractère persistant dans l'environnement** (par exemple les insecticides organochlorés).

La problématique des pesticides comme polluants concentrés et entraînés par les eaux de pluie et de ruissellement vers les cours d'eau et les nappes phréatiques est à approfondir car les conséquences peuvent être majeures à la fois sur la santé de l'homme mais également sur la faune et la flore en provoquant des déséquilibres et des accumulations de toxiques tout le long de la chaîne alimentaire.

Nous citerons quelques familles importantes à développer :

Les insecticides organochlorés

Dérivés par pharmacomodulation du DDT aujourd'hui interdit, cette famille regroupe des composés très rémanents dans l'environnement et cumulatifs chez l'homme au niveau des organes riches en lipides. Ils génèrent des effets neurotoxiques, hépato et néphrotoxiques et sont fortement soupçonnés de participer à des processus de cancérogenèse. Ces composés universellement répandus (Aldrine, Dieldrine, HCH, Lindane) sont aujourd'hui interdits d'utilisation en France, le dernier en date étant le Lindane (isomère alpha de l'HCH ou hexachlorocyclohexane) retiré du marché en 1998.

Les insecticides organophosphorés

Le parathion et le malathion sont très largement utilisés. Moins persistants dans l'environnement que les précédents, ils sont néanmoins préoccupants du fait de leur caractère neurotoxique par inhibition de l'acétyl cholinestérase, enzyme chargée de la dégradation de l'acétylcholine médiateur de l'influx nerveux et de leur capacité à provoquer à faibles doses une symptomatologie digestive à type de nausées, vomissements et diarrhée.

Les insecticides dérivés des carbamates

Leur emploi est en accroissement notamment en remplacement des organochlorés interdits. Le carbaryl et le carbofuran sont neurotoxiques par inhibition de l'acétylcholinestérase mais avec une intensité moindre que les organophosphorés.

Les insecticides de la famille des pyrèthroïdes

D'apparition plus récente, ils sont fabriqués par synthèse organique dans le but de reproduire les effets des principes actifs du Pyrèthre, un arbuste de la famille du Chrysanthème. Leur efficacité importante vis-à-vis des insectes, leur réputation de relative innocuité chez l'homme (hormis des manifestations allergiques cutanées) et leur caractère non rémanent dans l'environnement explique leur utilisation croissante. Toutefois des études de génotoxicité sont nécessaires car il est prouvé aujourd'hui que l'un des principes actifs végétal naturel, la roténone, est dotée de propriétés aneugènes, c'est-à-dire qu'elle engendre des anomalies de nombre des chromosomes par altération de l'appareil mitotique cellulaire intervenant dans les processus de mitose.

Les herbicides

Très préoccupants pour la santé humaine, ils sont représentés essentiellement par les dérivés des acides phénoxyalcanoïques (2,4 dichlorophénoxyacétate neurotoxique), les dérivés de l'urée (linuron, diuron, monuron, mutagènes et cancérogènes potentiels), les triazines (atrazine, simazine suspectés de potentialités cancérogènes) et les phosphonates (glyphosate irritant).

Une étude approfondie des connaissances actuelle est nécessaire pour évaluer les risques pour la santé humaine notamment en terme de risques cancérogènes liés à la présence de ces produits dans les eaux destinés à la consommation.

Les fongicides

Leur apparition plus récente et le manque de données toxicologiques font apparaître une méconnaissance quasi totale des effets à long terme sur la santé humaine. Ce sont surtout des dérivés benzimidazolés (benzimidazole, bénomyl), triazolés (propiconazole, triadiméfon) et phosphoriques (fosetyl).

Groupe chimique de pesticides	Exemples	Types	Effets
Organochlorés	Aldrine; lindane; DDT; chlordane	Insecticides; acaricides; fongicides	Persistants, bioaccumulables, entravant la capacité de reproduction, le développement et la résistance aux agressions environnementales, déprimeurs des systèmes nerveux, endocrinien et immunitaire.
organophosphorés	Parathion; malathion	Insecticides; acarides	Non persistants, inhibent la cholinestérase, pas très sélectifs, toxiques pour l'homme
Carbamates	Carbaryl; méthomyl	Insecticides Fongicides acarides	Non persistant, inhibent la cholinestérase, pas très sélectifs, toxiques pour les oiseaux et les poissons
Phénoxy	2,4-D; 2,4,5-T	herbicides	Produits sélectifs, effets mal connus chez les mammifères et les humains. 2,4D : potentialités cancérigènes chez les animaux de laboratoire 2,4,5-T : à la source d'un contaminant toxique, la dioxine
Pyréthroides	Fenpropanthrine; deltaméthrine	Insecticides	Spécifiques à la cible : plus sélectifs que les organophosphorés ou les carbamates, généralement sans toxicité aiguë pour les oiseaux mais particulièrement toxiques pour les espèces aquatiques.

↑ IMG. 4 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PESTICIDES.
WWW.PARL.GC.CA/INFOCOMDOC/36/2/ENVI/STUDIES/REPORTS/ENVI01/10-CH3-F.HTML

2. Les PCB

Le terme PCB : polychlorobiphényles, désigne une famille de composés organochlorés de synthèse dont l'utilisation industrielle a été extrêmement importante notamment comme isolants, plastifiants et lubrifiants.

Effets sur la santé :

- ◆ Les PCB ne présentent pas de toxicité aiguë, mais ont une toxicité chronique : ils ont les mêmes caractéristiques toxicologiques que les insecticides organochlorés notamment en ce qui concerne l'hépatotoxicité et le pouvoir cancérigène. Ils sont caractérisés par leur **persistance importante dans l'environnement** due à leur grande stabilité chimique et leur combustion fait apparaître des dioxines elles-mêmes hépatotoxiques, irritantes pour la peau et dont certaines sont douées de fortes potentialités cancérigènes.

3. Les hydrocarbures

La problématique des hydrocarbures pourrait, à elle seule, faire l'objet d'une étude toxicologique originale.

En effet, outre les phénomènes de **pollution massive par rejets accidentels**, la **pollution plus insidieuse** par les hydrocarbures halogénés (solvants chlorés) ou par les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dont certains sont des cancérigènes reconnus même à doses peu élevées (par exemple le benzo-a-pyrène) est actuellement une source de préoccupation majeur en matière de risque pour la santé humaine de la consommation d'eau polluée. Même si l'on sait qu'une quantité minime d'HAP est naturellement présente dans les sols par synthèse bactérienne, la plus grande partie provient de la pollution domestique, industrielle et urbaine notamment du fait des particules atmosphériques issues des véhicules automobiles (particulièrement les moteurs diesels).

Le terme d' "hydrocarbures" regroupe **l'ensemble des dérivés organique issus de la chimie du pétrole** c'est à dire un nombre considérable de substances utilisées ou transformées dans tous les secteurs industriels, artisanaux et domestiques. Il est donc impossible d'effectuer une étude exhaustive de tous les hydrocarbures susceptibles de se retrouver dans les eaux de surface ou souterraines, néanmoins il faut faire mention de la grande famille des **solvants organiques** universellement utilisés, pas toujours avec mesure et cohérence, parmi lesquels on individualisera surtout les solvants chlorés (chlorure de méthylène, tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, perchloréthylène...), les solvants aromatiques (benzène, toluène, xylènes, cumène...), les éthers de glycol, les cétones et les alcools.

4. Les polluants organiques persistants (POP)

Toutes ces molécules toxiques organiques (pesticides, PCB et HAP) sont regroupées sous le nom général de POP : polluant organique persistant. Les POPs sont des molécules définies à partir de 4 propriétés :

- ◆ Toxicité : impact prouvé sur la santé humaine.
- ◆ Persistance dans l'environnement : molécules résistantes aux dégradations biologiques naturelles. Elles se dégradent de 50 % sur une durée de 7 à 8 ans.
- ◆ Bioaccumulation : elles s'accumulent dans les tissus vivants et donc les concentrations augmentent le long de la chaîne alimentaire.
- ◆ Transport à longue distance : de par leurs propriétés de persistance et de bioaccumulation, ces molécules ont tendance à se déplacer sur de très longues distances et se déposer loin des lieux d'émission.

Impacts des POP sur la santé :

- ◆ toxicité directe dite aiguë : catastrophe industrielle de Bhopal et celle de Seveso.
- ◆ toxicité chronique, elles sont cancérogènes, provoquent des atteintes de la fertilité masculine, une perturbation du système nerveux, immunitaire et endocrinien.

Conclusion

Les risques toxiques véhiculés par l'eau représentent une préoccupation planétaire qu'il s'agisse de risques aigus ou de risques chroniques avec la problématique difficile des conséquences pour la santé humaine des **faibles doses répétées de toxiques cumulatifs ou additifs**.

Une telle question ne peut être terminée sans évoquer également les problèmes possibles liés aux **procédés de conditionnement des eaux** en vue de leur transport et de leur stockage. Si l'on se réfère aux eaux embouteillées, on insistera sur les risques de conditionnement non contrôlés dans des **matériaux pouvant libérer des toxiques** (plomb, additifs divers) et l'on mentionnera les deux seuls types de matériaux plastiques autorisés en France : le **PVC** (polychlorure de vinyle) avec les problèmes susceptibles d'être apportés par les additifs et le **PET** (polyéthylène téréphtalate) auquel est associé souvent une impureté préoccupante : l'acétaldéhyde.