

Les connaissances scientifiques à l'épreuve des faits

Jean-François RAFFOUX

Directeur Scientifique de l'INERIS

INTRODUCTION

Bert Metz, Chef de division au RIVM et ex négociateur pour l'Union Européenne des accords de Kyoto faisait remarquer dans un interview dans "Change" de Sept. 98, je le cite "la sensibilité du public observée actuellement sur la question de l'impact de l'environnement sur la santé humaine doit être gérée de manière à mettre en valeur des préoccupations plus globales d'environnement. Il faut éviter que cela se fasse dans des conditions où l'arbre (la santé de l'homme en l'occurrence) risquerait de cacher la forêt (la santé de l'écosystème)". Le risque, ajoute Bert Mertz, est réel si on se réfère au cas américain où une grande sensibilité du public aux produits chimiques cancérigènes va de pair avec un désintérêt relatif pour les politiques relatives au changement climatique ou au développement durable.

"People form an increasing risk to Nature. Everything is measured according to human standards..."

On peut simplement illustrer cette idée en observant que pour de nombreux polluants de l'air ou de l'eau les concentrations acceptables par l'homme dans l'air respiré ou dans les eaux de boisson sont très supérieures à celles que peuvent supporter certains organismes animaux et végétaux.

L'impact effectif des pollutions sur le monde végétal et animal est bien d'ailleurs le point de départ du mouvement écologiste à travers le monde.

La connaissance de ces impacts est acquise à des degrés divers. Si on ne peut scientifiquement admettre que la connaissance sur un mécanisme biologique est un jour définitivement acquise et irréversible, on peut toutefois constater aujourd'hui des niveaux de connaissance différents sur de nombreux impacts des agents physiques, chimiques et biologiques sur l'environnement.

Pour illustrer ces différences, je prendrai 3 exemples :

- un exemple où la connaissance scientifique semble stabilisée

① l'eutrophisation

- un exemple où la controverse est encore actuelle

② la santé des forêts

- un exemple où la connaissance est à ses débuts

③ l'effet des médicaments sur l'environnement

1. UN EXEMPLE OU LA CONNAISSANCE EST/OU SEMBLE STABILISEE

L'EUTROPHISATION

1.1) Le Phénomène : Un modèle simple

Au cours de la décennie 1980, les gestionnaires et usagers de l'eau furent de plus en plus préoccupés par le développement d'une forme d'altération des eaux désignée sous le nom d'eutrophisation et provoquée par un enrichissement excessif des milieux aquatiques en substances nutritives (azote et phosphore naturel) favorisant le développement exubérant des végétaux, des algues en particuliers.

Constaté depuis plusieurs décennies dans les lacs il affecta ensuite les rivières et le littoral (« marées vertes » et « marées rouges » : planctons, diatomées).

Au cours de la décennie 1980 les scientifiques décrivirent ce phénomène et ces conséquences sur l'environnement aquatique de façon très schématique, l'excès de nutriments (N, P) favorisant la prolifération d'algues qui bientôt se décomposent en consommant d'importantes quantités d'oxygène. Sans oxygène, l'eau devient le siège de fermentations et de putréfaction dans des conditions anaérobies avec production de CH_4 , H_2S , NH_3 . Le fond des lacs, des rivières et des fonds marins meurent.

Il faut ajouter que certaines espèces végétales qui se développent secrètent des substances malodorantes, inhibitrices voire toxiques.

En eau calme et profonde, le phénomène est accentué par la stratification des eaux en couches supérieures chaudes et plus riches en oxygène où la production s'accélère et en couches inférieures froides désoxygénées où dominent les phénomènes de décomposition.

Ces troubles se traduisent par de fortes perturbations des peuplements et souvent par l'élimination totale ou partielle des espèces consommatrices d'oxygène les plus sensibles et notamment les poissons.

1.2) Vers un modèle plus complexe

Les scientifiques sont d'accord pour reconnaître le rôle dominant des substances nutritives Azote et Phosphore mais il est apparu aussi qu'en dehors des apports nutritifs d'autres facteurs ayant une action sur les composants de base du milieu (température, débit d'eau, modification de l'habitat aquatique) jouent un rôle notable dans les phénomènes d'eutrophisation.

Il est difficile de distinguer dans les situations globales observées sur le terrain la part de responsabilité revenant à chacun des éléments nutritifs. Si l'azote et le phosphore jouent bien un rôle dominant, d'autres substances interviennent également sur le plan nutritionnel (carbone, silicium, soufre, potassium) ou sur le plan stimulant ou régulateur (oligo éléments, vitamines, ...).

Par ailleurs, les relations trophiques entre les espèces peuvent expliquer des proliférations algales non liées à un excès de nutriments mais à des désordres au niveau des consommateurs primaires.

Cette analyse a amené progressivement l'élaboration de modèles de plus en plus complexes primaires pour décrire le fonctionnement d'un écosystème aquatique.

1.3) Agir sur l'eutrophisation : une action sectorielle : les lessives

Les deux principaux responsables (N, P) du phénomène étant identifiés la querelle de la fin des années 80 a résulté des pressions que les pouvoirs publics, l'opinion publique et les médias exerçaient sur les « producteurs » à l'origine des deux causes principales identifiées d'eutrophisation : les phosphates et les nitrates.

Les phosphates provenaient, à part à peu près égales, des déjections humaines, des lessives phosphatées et de sources industrielles et agricoles.

Les nitrates quant à eux proviennent essentiellement de l'agriculture (engrais) et de l'élevage intensif. Il faut rappeler qu'outre leur aspect eutrophisant, ces derniers ont également les propriétés toxiques pour l'homme et l'animal.

Certains scientifiques ont attribué le rôle principal au phosphore dans le déclenchement des manifestations d'eutrophisation en eau douce et comme les apports de cet élément semblaient dans un premier temps plus maîtrisables que pour l'azote, les premières actions ont été dirigées contre les phosphates. Elles ont entraîné de vives polémiques en particulier avec les producteurs de lessives où le phosphate est présent sous la forme de TPP : Tripolyphosphate de sodium). Ceux-ci se mirent en quête de produits de substitution ce qui déclencha la réaction des producteurs de phosphate. Le produit de substitution le plus crédible le NTA (nitrotriacétate de sodium) fut vite contesté car on évoqua sans l'avoir vraiment démontré la possibilité d'effets cancérigènes, teratogènes et mutagènes qui pouvaient donc nuire à la santé du consommateur. Par la suite, l'argument sanitaire ne servit plus la cause des TPP et le combat se déplaça sur le terrain de l'environnement où l'on s'efforça de disculper les phosphates pour faire porter la responsabilité de l'eutrophisation au carbone puis à l'azote ou aux tensio-actifs également présents dans les lessives et qui casseraient les molécules dites « modérateurs » s'opposant à la prolifération des végétaux. La guerre des phosphates née en Amérique fut également vive en Europe où elle engendra des querelles d'experts scientifiques et des réactions des industriels concernés chaque fois qu'une solution de produit de substitution apparaissait.

1.4) Les difficultés de l'action face aux enjeux

Pendant ce temps-là, on ne se souciait pas trop des autres causes d'eutrophisation qui impliquaient un autre secteur important de l'économie à savoir l'agriculture où les exigences d'intensification des politiques nationales et communautaires (PAC) sont en contradiction sournoises avec les contraintes qui s'imposaient pour réduire la pollution des eaux souterraines et de surface par les phosphates et les nitrates. Dans ce secteur, le problème le plus difficile que rencontrent les instances de décision, ne sont pas de trouver de nouvelles techniques agricoles pour bien produire tout en préservant la qualité des sols et des eaux mais de les faire adopter.

Aujourd'hui, il semble bien que les querelles soient apaisées mais cet exemple est bien le cas qui montre, qu'à partir d'une explication scientifique cohérente d'un phénomène sur lequel des experts sont à peu près d'accord, le consensus peut être rapidement ébranlé et remis en question dès qu'une politique veut tenter de gérer le risque pour l'écosystème en proposant des actions sur l'un et l'autre facteur qui mettent en cause des enjeux industriels et économiques importants.

1.5 BIBLIOGRAPHIE

LES PHOSPHATES, OU COMMENT MANIPULER LA SCIENCE

Du laboratoire à l'écosystème, il n'y a qu'un pas, vite franchi

Guy BARROIN

LA RECHERCHE 281, Novembre 1995

LA TOXICITE DES LESSIVES

Jean-Pierre CHENEVAL

LA RECHERCHE 250, Janvier 1993, Volume 24

L'AERATION HYPOLIMNIQUE : UNE SOLUTION POUR LUTTER CONTRE L'EUTROPHISATION DES LACS ET DES RETENUES

Erik GONAY - Aqua technique

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES 195

UN AERATEUR FLOTTANT POUR COMBATTRE L'EUTROPHISATION DES EAUX DE SURFACE

Elie DESRUES - Groupe Finagri

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES n°145, avril 1991

POLLUTION PAR LES NITRATES : QUELS REMEDES ?

Lothaire ZILLIOX, Charles SCHENCK, Helmut KOBUS, Bernd HUWE

Supplément LA RECHERCHE n°227, Décembre 1990

ALERTE EN SECTEUR PRIMAIRE ! Agrochimie et Pollutions

Michel MAËS

L'EAU, L'INDUSTRIE, LES NUISANCES n°136, avril 1990

L'EUTROPHISATION DES EAUX

G. LEYNAUD, IGGREF (d'après l'exposé présenté au colloque de l'AIDEC sur « le phosphore, ses dérivés et leur comportement dans le milieu naturel » Dijon 22-24 novembre 1988)

Bulletin du Conseil Général du G.R.E.F. n°24, juillet 1989

IMPACT DES NITRATES SUR LA QUALITE DES EAUX ET POINTS NOIRS

P. LECUYER

NITRATES ET EAUX D'ALIMENTATION, avril 1988

L'EUTROPHISATION : CAUSES - CONSEQUENCES - REMEDES

TECHN'EAU n°11, août 1989

2. UN EXEMPLE OU LA CONTROVERSE SCIENTIFIQUE EST ENCORE ACTUELLE

LA SANTE DES FORETS

(Essentiellement d'après articles et documentation issus de G. Landmann et P. Roqueplo)

2.1) Un modèle simple pour les pluies acides : le soufre

Le phénomène de la mort des forêts a été au coeur du débat écologique européen de la décennie 80. On peut même dire qu'il n'y avait pas débat puisque la pollution soufrée rendue responsable des « pluies acides » était mise directement au banc des accusés et que sous la pression du mouvement écologiste en Allemagne (des manifestations de plus de 200 000 personnes s'opposaient à des projets de centrale thermique au charbon en 1984 à Munich) un protocole était signé en 1985 à Helsinki sur le SO₂ ; par ce protocole 21 pays se sont engagés à réduire leurs émissions de SO₂ de 30 % entre 1980 et 1993.

2.2) Le phénomène n'est pas si simple

Par la suite, les scientifiques ont relativisé le rôle du soufre puis celui d'autres polluants gazeux (oxydes d'azote, ozone, ammoniac). On s'aperçoit en fait que l'impact de ces polluants aériens sur les essences forestières avait souvent été établi non pas en zone forestière mais à partir de cultures agricoles. Depuis des dispositifs ont permis des études en sites forestiers réels mais fournissant des résultats contradictoires.

Certains scientifiques mirent alors en évidence le rôle du climat en montrant que le dispersément de certaines espèces semblait lié à des périodes de sécheresse et à des variations brusques de température mais bien des phénomènes n'étaient pas expliqués et cette perception du rôle du climat fut très diversement acceptée.

Une autre école scientifique concluait à l'intervention décisive de facteurs biotiques parasites : insectes, champignons ... mais là encore les résultats furent contestés, la nature des sols masquant souvent ces influences biotiques.

Puis, les pluies acides refirent apparition en proposant d'expliquer le phénomène du jaunissement par des déficiences nutritionnelles qui auraient pour cause une détérioration des sols. En effet, l'apport d'acide aux écosystèmes forestiers amené par voie humide : pluie, neige ...aux sols entraîne une élévation du calcium, magnésium et potassium adsorbés à la surface des argiles et humus. Or, on reconnaît généralement que les difficultés d'alimentation en magnésium et calcium entraînent les jaunissements des feuillages.

A ces différentes explications, qui l'une après l'autre, ont eu des succès médiatiques certains, il faut ajouter celle de l'« hypothèse virus » se fondant sur la présence de formes virales dans les broyats d'aiguilles d'arbres dépérissants. Celle-ci fut abandonnée par la communauté scientifique quand il fut mis en évidence que l'on n'arrivait pas à transmettre le jaunissement par greffage d'un arbre à un autre.

Alors, on émit l'hypothèse de l'effet d'une combinaison complexe de polluants dont des polluants organiques altérant le fonctionnement hormonal des arbres et les mettant en état de « stress général ».

L'effet très vraisemblable de l'ozone sur des forêts méditerranéennes allait remettre en piste ce polluant dont les concentrations (ozone troposphérique) augmentent régulièrement et dont l'effet nécosant semble être à l'origine du dépérissement de certaines espèces mais parallèlement d'autres chercheurs avançaient l'hypothèse que l'augmentation de CO₂ dans l'atmosphère entraînerait une fermeture partielle des stomates des arbres et pourraient limiter l'impact de l'ozone.

Ces débats d'experts scientifiques laissent, d'ailleurs, leurs auteurs dans une grande perplexité. Pour s'en convaincre, on peut se référer aux actes d'un symposium qui en 1987 avait réuni, en Suisse, 300 chercheurs de nombreux pays et qui concluaient humblement et humoristiquement que les scientifiques « sèchaient » sur les pluies acides.

2.3) Débattre n'empêche pas d'agir

Parallèlement l'opinion publique s'est progressivement formée sur des connaissances scientifiques certes partielles mais largement diffusées et vulgarisées et les décisions d'actions ont du être prises à deux niveaux :

- réduction des émissions polluantes industrielles puis d'origine automobile,
- correction raisonnée de la pauvreté des sols par amendements (raisonnée car un apport massif de fertilisants dope tout d'abord les arbres mais peut provoquer des déséquilibres nuisibles à moyen terme).

L'analyse des positions exprimées ci-dessus montre bien que le débat est loin d'être clos et que l'effort de recherche doit être maintenu. Les différents auteurs consultés semblent d'accord pour :

- préconiser une attitude modeste qui reconnaît la difficulté à décoder la complexité intrinsèque de la nature,
- réfuter une analyse générale au profit d'une analyse régionale bien circonscrite,
- demander de développer une surveillance intensive qui associe inventaires sanitaires, mesures de croissance, enquêtes pédologiques et foliaires, analyse des sols, observations météorologiques.

Il faut toutefois, relativiser le problème car certes à l'échelle mondiale la déforestation se poursuit en raison notamment du recul de la forêt tropicale alors que les arbres européens eux, gagnent du terrain. La superficie de la forêt française a presque doublé depuis la fin du XVIIIème siècle et continue de progresser au rythme de 80 000 hectares.

3. UN EXEMPLE OU LES CONNAISSANCES SONT A LEUR DEBUT

LES EFFETS DES PRODUITS PHARMACEUTIQUES SUR L'ENVIRONNEMENT

(D'après Halling-Sorensen dans « Occurrence fate and effects of pharmaceutical substances in the Environment » Chemosphere Vol 36 n°2 1997 Elsevier)

Jusqu'à maintenant on a porté peu d'attention aux effets des substances pharmaceutiques destinées à l'homme et à l'animal sur l'environnement pour deux raisons :

-On pense que généralement les médicaments ingérés, disparaissent dans la « boîte noire » de l'organisme humain ou animal, et ce pour leur bien.

-On estime leur présence éventuelle dans l'environnement ne se mesure qu'à l'état de traces et a priori sans effet notable.

Or, les produits pharmaceutiques peuvent être considérés comme des micropolluants dangereux car leur fonction est bien d'avoir un effet biologique à l'opposé des substances xénobiotiques constituant les polluants usuels.

De plus, ce sont le plus souvent des produits lipophiles qui sont susceptibles de passer au travers des membranes, et persistants pour leur permettre d'étendre dans le temps leur effet curatif. De ce fait, ils ont toutes les caractéristiques qui leur permet de se bioaccumuler et d'avoir des effets à terme sur les écosystèmes terrestres et aquatiques.

Les voies d'ingressions des produits pharmaceutiques dans l'Ecosystème sont nombreuses et généralement sous-estimées. Le diagramme joint en représente les principales. Elles sont généralement mal connues et, plus particulièrement, pour les médicaments dédiés à l'homme alors qu'elles ont déjà été étudiées depuis quelques temps pour les produits à usage vétérinaire (principalement pour les piscicultures)

3.1) L'importance du problème : les quantités en question

L'auteur se réfère à une étude faite en 1995 au Danemark pour une population de 5,2 Millions d'habitants. L'Agence du médicament danoise a identifié une dizaine de substances actives pour produits dédiés à l'homme et une vingtaine pour produits à usage vétérinaire consommés au Danemark dans des quantités allant de la tonne à près de 50 tonnes de substances actives par an. (Les plus importants Antibiotiques pour l'homme \approx 40 tonnes/an , Antibiotiques vétérinaires \approx 50 tonnes/an).

L'étude ajoute que 70 à 80 % des antibiotiques et antiparasitaires utilisés dans les piscicultures et élevages industriels se retrouvent directement dans l'environnement sans être ingérés par l'animal. Pour la partie ingérée (tout comme les médicaments destinés à l'homme), les substances actives sont généralement métabolisées avant d'être rejetées dans les urines et les selles. Ces métabolisations rendent le plus souvent la substance plus active et plus toxique mais aussi plus soluble dans l'eau.

3.2) La présence dans l'environnement

3.2.1. *Pollution des eaux souterraines*

On trouve peu de références bibliographiques sur cette pollution mais on peut noter que dans la période (1940/70) il était courant de déverser déchets et surplus des industries pharmaceutiques dans des décharges dépourvues de tout système de recueil des lixiviats.

3.2.2. *Pollution des eaux de surface*

Quelques références existantes font état de traces de substances actives pharmaceutiques dans des eaux de rivières (< 10mg/l) mais des auteurs britanniques font état de la présence de produits de chimiothérapie dans les effluents pourtant traités d'un hôpital laissant supposer que des produits génotoxiques peuvent aussi passer dans les eaux courantes.

3.2.3. *Pollution des sédiments*

Plusieurs références bibliographiques relatives à la présence d'antibiotiques dans les sédiments des piscicultures citent des concentrations en antibiotiques de quelques 1 à 5 mg/kg de sédiments séchés.

3.2.4. *Pollution des océans*

Il y a peu de connaissances sur ce point. Citons le cas d'un relargage en eaux profonds de 1972 à 1983 entre la côte US et Porto Rico de 30 à 280 millions de litres par an de rejets pharmaceutiques ayant affectés plus de 500 km² de fonds marins.

3.2.5. *Pollution des sols*

Les lisiers des élevages industriels utilisant beaucoup d'antibiotiques et antiparasitaires ont souvent été épandus comme engrais sur les champs. Une étude réalisée en Hollande en 1993 a estimé que chaque année en moyenne 130 mg/m² de métabolites d'antibiotiques sont épandus sur les champs ce qui accumulé sur les 10 premiers centimètres du sol peut donner des concentrations de l'ordre du mg/kg.

3.3. Le devenir de l'environnement

Une fois « accueillie » par un milieu, la substance active ou ses métabolites peuvent évoluer selon diverses voies.

3.3.1. *Biodégradabilité dans les sédiments*

Les substances ou leurs métabolites peuvent selon leur nature être plus ou moins biopersistants. Des biopersistances de plusieurs centaines de jours ont été relevées lors d'expérimentation en milieu marin d'antibactériens immergés avec des sédiments par 15 mètres de profondeur.

3.3.2. *Boues des stations d'épuration*

Des recherches expérimentales menées dès 1985 sur des substances fréquemment utilisées et réputées nocives ajoutées avant traitement ont montré que plusieurs d'entre elles sont résistantes aux procédés usuels d'épuration et se retrouvent dans les boues.

3.3.3. *Sols*

Des recherches ont été menées pour connaître l'influence de procédés de traitement des sols (en particulier bioremédiation par microorganismes) sur le devenir de substances actives de médicaments. Elles ont montré dans certains cas une dégradation en métabolites inactifs et dans d'autres cas un arrêt rapide de cette dégradation laissant persister des métabolites actifs.

3.3.4. *Adsorption dans les sédiments et sols*

Dans plusieurs cas des adsorptions de substances actives par la matière du sol ou les sédiments ont été constatées et ceci se traduit généralement par un effet retardé de la substance observée parfois plus de 100 jours après l'épandage.

3.3.5. *Transport de la substance*

Peu de références bibliographiques ont traité à la mobilité des substances actives des médicaments dans les milieux. Toutefois, par analogie avec les pesticides épandus sur champs et dont on connaît la mobilité en surface (eaux de ruissellement) et profonde, on peut penser que les antibiotiques contenus dans les fumiers à épandre ont la même mobilité, en particulier, après de fortes précipitations.

3.4 Les effets toxiques

L'ouvrage cité en référence présente des tableaux qui montrent la toxicité de différents médicaments et produits vétérinaires sur différents niveaux trophiques (microorganismes, phytoplancton, crustacés, poissons, flore aquatique, insectes (larves)) et insiste sur l'accroissement de la résistance aux antibiotiques par mutation génétique, transfert de gènes résistants et accroissement de la part relative des populations résistantes.

3.5. Conclusion

Même si certains travaux, datant parfois de plus de 20 ans, faisaient état de l'effet des produits pharmaceutiques et vétérinaires sur l'écosystème, force est de constater que :

-d'une part, les connaissances sont moins avancées que sur les effets sur l'écosystème de bien des polluants xénobiotiques,

-d'autre part, les connaissances relatives aux médicaments ont principalement trait aux produits destinés à l'animal.

3.5.1. *Législation*

La législation traduit également le déséquilibre.

Aux USA, la législation a d'abord eu trait aux produits vétérinaires et ce n'est que depuis 1995 que la FDA (Food and Drug Administration) a demandé qu'une étude d'impact environnemental soit obligatoire pour l'introduction sur le marché d'un nouveau médicament pour l'homme.

En Europe, la législation a d'abord distingué les médicaments contenant ou ne contenant pas des organismes génétiquement modifiés et pour chacun de ces deux groupes, la séparation est faite entre produits pharmaceutiques vétérinaires et produits pharmaceutiques destinés à l'homme.

La directive européenne 81/852 parue en avril 93 et suivie d'un guide d'application en 1997 a trait aux produits vétérinaires et impose une étude d'impact environnemental comportant des tests de toxicité et d'écotoxicité.

La directive 75/318 relative aux médicaments destinés à l'homme n'impose rien de tel (sauf pour ceux incluant des substances organiques génétiquement modifiées) et des rumeurs disent que les difficultés d'application de la loi correspondante aux USA seraient la raison du retard européen en la matière. Quoi qu'il en soit, les tests écotoxicologiques ne sont pas requis dans les évaluations actuelles des médicaments.

3.5.2. Recherche

Les connaissances acquises jusqu'ici ont permis surtout de déceler des dangers potentiels liés à la présence de substances actives issues de médicaments ou à celle de leur métabolites.

Nous ne disposons pas toutefois, aujourd'hui d'une réelle évaluation des risques liés à la présence de ces substances.

Une telle évaluation doit certes s'appuyer sur des connaissances établies expérimentalement sur la toxicité et l'écotoxicité des substances en cause.

De plus, l'évaluation doit bien sûr associer les connaissances sur les données d'exposition (ce qui suppose une bonne identification et quantification des flux selon les voies de transfert) à celles sur les relations dose/effet. Il faut noter, à ce propos, que tous les tests de toxicité cités dans la bibliographie en référence sont des tests de toxicité aiguë et qu'à la connaissance de l'auteur aucun test de toxicité à long terme sous exposition à faible dose n'a été réalisé à cet effet. A ces tests, il conviendrait de joindre des tests attachés au cycle de vie de l'espèce (tests hormonaux, endocrinien, genotoxicité)

Ce n'est que dans ces conditions qu'une véritable évaluation des risques liés au devenir des médicaments dans l'environnement pourra être entreprise.

L'objectif d'un tel programme émergent n'est certes pas de prohiber ou limiter l'utilisation de médicaments. Il est certain que dans un réflexe de défense, à court terme, l'homme fera toujours passer en priorité sa propre santé, si elle est menacée, devant celle de la faune et de la flore qui l'entoure. Il n'en est pas moins nécessaire de développer un système d'évaluation des risques qui lui permette de décider des conditions d'utilisation des médicaments en connaissance de cause dans une perspective plus vaste de développement durable.

CONCLUSION

Les trois exemples cités ont simplement voulu montrer que, dans un domaine aussi sensible et complexe que les écosystèmes, aucune démarche scientifique ne peut revendiquer qu'une connaissance soit stabilisée, même sur les sujets où l'on pensait avoir fait le tour du problème.

Les connaissances progressent et, il est vrai, moins du fait de la curiosité scientifique intrinsèque des chercheurs (ils ont souvent du mal à la financer) que du fait d'un nouveau regard ou d'une modification des finalités survenant le plus souvent, quand on veut passer de la connaissance à l'action. Les contraintes et les enjeux économiques amènent alors les acteurs (Pouvoirs Publics, industriels, citoyens) à utiliser, dans un premier temps, les connaissances acquises en les limitant à celles qui servent leurs propres stratégies et valeurs ou à les remettre en cause de façon orientée en vue de servir ces dernières.

Les connaissances peuvent également progresser sous l'influence de l'irruption d'un dysfonctionnement majeur du système de connaissances (cas de l'accident) qui met en évidence un nouveau facteur ou l'impact inattendu de son rôle.

Quoi qu'il en soit, ce progrès des connaissances, à chaud ou limité par les oeillères que portent alors certains acteurs, risque de se limiter à un combat à armes plus ou moins égales entre experts plus ou moins manipulés qui perdent une vue globale du système de connaissances déjà acquises et limitent leur champ de vision à ce qui est sous leur objectif avec le grossissement qu'ils ont choisi.

Ce constat peut paraître un peu cynique et il m'amène à proposer trois recommandations :

- Elaborer à partir d'une approche *systemique un modèle* peut être simple au départ mais évolutif qui permette de replacer à tout moment le progrès des connaissances (l'impact d'un facteur) dans le contexte global de celles déjà acquises.
- *Valider constamment ce modèle* par une expertise large et de qualité que le progrès des communications devrait permettre de mobiliser de plus en plus facilement.
- *Interfacer les modèles* visant à expliciter l'impact des agents physiques, chimiques et biologiques sur *la santé de l'Homme* avec ceux relatifs à ces mêmes impacts *sur les milieux* où ce même homme puise les ressources vitales nécessaires au maintien équilibré et au développement de l'Espèce et qu'on appelle son Environnement.