

Section 16

**« Leçons tardives de signaux précoces :
Vers le réalisme et la précaution en ce qui concerne les champs
électromagnétiques. »**

David Gee, Agence Européenne de l'Environnement.

Traduction :

**Frédérique Badoux
Paul Lannoye**

«Leçons tardives tirées d'avertissements précoces: vers le réalisme et la précaution concernant les CEM. »

David Gee, Agence Européenne pour l'Environnement
Kongens Nytorv 6DK – 1050 Copenhagen K

Les opinions exprimées sont celles de l'auteur et ne représentent aucunement les opinions de l'AEE ni de ses dirigeants. L'auteur ne bénéficie d'aucun intérêt financier en la matière discutée ci-après.

Table des matières

I. INTRODUCTION

II. DOUZE LECONS TIREES D'AVERTISSEMENTS PRECOCES

- A. Identifier/clarifier le contexte et les hypothèses
- B. élargir l'information sur l'évaluation

III. UTILISATION PRECOCE DE LA PRECAUTION

IV. CONNAISSANCE ET IGNORANCE RECLAMENT PREVENTION ET PRECAUTION

- A. Prévention et précaution

V. LE PRINCIPE DE PRECAUTION : QUELQUES DEFINITIONS ET INTERPRETATIONS

- A. Définitions et interprétations du principe de précaution
- B. Fondements raisonnables d'inquiétude.
- C. Définition du Principe de Précaution pour l'AEE

VI. DIFFERENTS NIVEAUX DE PREUVES POUR DIFFERENTS OBJECTIFS

VII. FAUX NEGATIFS ET FAUX POSITIFS

VIII. QUELQUES CRITERES VISANT À ETABLIR UNE RELATION DE CAUSE A EFFET

IX. PARTICIPATION PUBLIQUE DANS L'ANALYSE DU RISQUE

X. QUELQUES EXEMPLES D'AVERTISSEMENTS PRECOCES

- A. Les antibiotiques dans l'alimentation animale.
- B. Le plomb dans l'essence
- C. Le Tributylétain (TBR) – un produit de protection de la coque des bateaux
- D. *Diethylstilbestrol (DES)*

XI. CONCLUSION

XII. REFERENCES

Tableau 1 : clarification de quelques termes clefs

Tableau 2 : Différents niveaux de preuve pour différents objectifs

Tableau 3 : Avoir tort : principales voies d'erreur en sciences de l'environnement.

I. INTRODUCTION

L'historique de dangers publics et environnementaux sélectionnés, depuis le premier avertissement scientifiquement fondé sur la nocivité potentielle jusqu'aux mesures de précaution et de prévention qui s'en sont suivies, a fait l'objet d'une recension par l'Agence Européenne de l'Environnement. (« Leçons tardives tirées d'avertissements précoces : le Principe de Précaution, 1895-2000 », AEE, 2001). Ce document résume quelques uns des problèmes de définition et d'interprétation soulevés par le rapport et les débats qu'il a suscités, comme la nature contingente de la connaissance ; les définitions de la précaution, de la prévention, du risque, de l'incertitude et de l'ignorance ; l'utilisation de différents niveaux de preuve ; ainsi que la nature et l'orientation principale des biais méthodologiques et culturels rencontrés dans les sciences de la santé et de l'environnement. Ces problèmes sont en rapport avec les CEM.

II. DOUZE LECONS TARDIVES TIREES D'AVERTISSEMENTS PRECOCES

Ce document ne concerne pas les dangers spécifiques aux CEM, laissant le lecteur faire le rapprochement - ou non – avec les « douze leçons tardives » qui concluent le rapport. Ces leçons tentent de synthétiser les quatorze expériences historiques d'études de cas très différentes en une conclusion générale qui pourrait aider à informer les législateurs concernant les problèmes actuels que sont les OGM, les nanotechnologies, les GSM, les substances perturbatrices endocriniennes (SPE), où le luxe d'une rétrospective n'est pas encore disponible mais où les expositions sont déjà répandues et en croissance constante. L'idée des douze leçons tardives est d'apprendre le plus possible des expériences passées en vue d'aider à anticiper les surprises futures tout en reconnaissant que l'Histoire ne se répète jamais parfaitement. Lorsqu'elles sont prises en compte en parallèle avec les meilleures connaissances scientifiques disponibles, les leçons ont pour but de minimiser les dangers sans compromettre l'innovation. Les « leçons » sont reprises ci-après.

A. Identifier/clarifier le contexte et les hypothèses

1. Gérer les risques, l' « incertitude » et l' « ignorance »
2. Identifier/réduire les « angles morts » de la science
3. Évaluer/prendre en compte tous les pour et les contre de l'action/inaction
4. Analyser/ évaluer les alternatives
5. Prendre en considération les valeurs des groupes d'intérêt.
6. Éviter « la paralysie par l'analyse » en réduisant les risques via le Principe de Précaution

B. Élargir l'information pour l'évaluation

7. Identifier/réduire les obstacles interdisciplinaires à l'acquisition de connaissance
8. Identifier/réduire les obstacles institutionnels à l'acquisition de connaissance
9. Utiliser la connaissance de terrain aussi bien que spécialisée
10. Identifier/anticiper les conditions du « monde réel »
11. Assurer l'indépendance de l'information et de la réglementation.
12. Utiliser la recherche et le suivi à plus long terme (décennies)

III. UTILISATION PRECOCE DE LA PRECAUTION.

Le « *Vorsorgeprinzip* », ou le principe de prévoyance, comme outil politique spécifique a émergé durant les débats en Allemagne sur le rôle possible de la pollution de l'air dans la mort des forêts dans les années 1970-1980. Toutefois, John Graham, l'un des conseillers scientifiques du président Bush et critique acerbe de la politique de précaution, a noté que : « *La précaution, décrite ou non comme un principe formel, a bien servi l'humanité dans le passé et l'histoire de la santé publique nous apprend à garder l'esprit de précaution bien vivant et bien présent.* » (Graham 2002)

Graham a peut-être pensé à l'épisode du Choléra en 1854, quand la précaution a en effet bien aidé les habitants de Londres. Le Dr John Snow, un médecin londonien, a utilisé l'esprit de précaution en conseillant de bannir l'accès à l'eau polluée de la pompe de *Broad Street* qu'il suspectait d'être la cause de l'épidémie. Il a basé cette recommandation sur les preuves accumulées au long de plusieurs années, parmi lesquelles son étude sur la population du sud de Londres desservie en eau à la fois par des conduites et des puits. L'opinion de Snow sur les causes du choléra ne fut pas partagée par le Collège Royal des Médecins qui, ayant analysé l'hypothèse de Snow, la rejetèrent en la qualifiant de 'non plausible', puisqu'ils pensaient comme d'autres autorités en la matière que le choléra était provoqué par une contamination de l'air. Cette « certitude scientifique » est vite devenue une « erreur certaine » ; les derniers doutes furent balayés le jour où Koch, en Allemagne, isola le vibron du choléra en 1883.

De l'association entre l'exposition à l'eau polluée par les humains et le choléra, observée par Snow en 1854, à la découverte du mécanisme d'action par Koch, il a fallu 30 ans de travaux scientifiques supplémentaires. Un tel décalage dans le temps entre la reconnaissance d'une association manifeste et la compréhension de son mécanisme d'action est un fait banal en recherche scientifique, comme l'illustrent les histoires du TBT, des PCB's, de la pollution des Grands Lacs (E.U.), du bœuf aux hormones et d'autres cas rapportés par l'AEE.

IV. CONNAISSANCE ET IGNORANCE EXIGENT PREVENTION ET PRECAUTION

La pompe de Broad Street, le TBT, la DES, les PCB, la pollution des Grands Lacs, exemples décrits ici, servent également à illustrer la nature contingente de la connaissance. Les certitudes scientifiques d'aujourd'hui peuvent devenir demain des erreurs, et les recherches actuelles peuvent à la fois réduire et augmenter les incertitudes scientifiques, alors que les frontières entre le connu et l'inconnu s'élargissent. Attendre les résultats de recherches supplémentaires avant d'agir en vue de limiter les expositions menaçantes peut non seulement prendre des décennies mais en plus, la nouvelle connaissance peut identifier des sources précédemment inconnues d'incertitude et d'ignorance, puisque la conscience de l'inconnu s'élargit, fournissant ainsi des raisons supplémentaires d'inaction. « La paralysie par l'analyse » s'ensuit.

« Plus nous en savons, plus nous prenons conscience de ce que nous ne savons pas » est une expérience scientifique des plus communes. Socrate a déclaré : « Je suis l'homme le plus sage du monde car je sais une chose, et c'est que je ne sais rien. »

Voilà une leçon précoce d'humilité, oubliée depuis par beaucoup de scientifiques et de politiciens qui accordent souvent ce qui deviendra une « confiance mal placée » dans la connaissance scientifique d'aujourd'hui ou qui supposent que l'incertitude peut uniquement être réduite et non augmentée par davantage de recherche.

La distinction entre l'incertitude et l'ignorance est importante. (Stirling, 1999)

L'ignorance (scientifique), c'est savoir que la connaissance d'aujourd'hui est limitée. Elle est la source de surprises scientifiques, comme le trou dans la couche d'ozone, le mésothéliome dû à l'asbeste etc. Elle se distingue des incertitudes provenant de lacunes dans la connaissance et de variations dans l'échantillonnage et le contrôle ; de la variabilité des paramètres, des hypothèses des modèles et autres tentatives d'approcher, de modéliser et de prédire les réalités qui se révèlent.

Prévoir et prévenir les dangers dans un contexte d'ignorance représente un défi particulier pour les législateurs. À première vue, il semble impossible de faire quoi que ce soit pour éviter ou limiter les surprises. Et l'ignorance garantit qu'il y aura toujours des surprises. Toutefois, il existe quelques mesures pouvant limiter les conséquences de l'ignorance et l'impact des surprises :

- L'utilisation des propriétés intrinsèques en tant qu'annonciatrices génériques d'impacts inconnus mais possibles. Par ex. : la persistance, la bioaccumulation et la portée spatiale des substances chimiques. (Stroebe et al. 2004)
- La réduction des expositions spécifiques aux agents potentiellement nocifs sur la base d'avertissements précoces crédibles relatifs à un impact nocif initial, limitant ainsi l'ampleur de tout autre impact « surprise » d'un agent similaire, comme les cancers dus à l'asbeste qui ont suivi l'asbestose et les effets neurologiques des PCB qui ont suivi leur impact sur la faune.
- La promotion d'une diversité de technologies robustes et adaptables et d'options sociales capables de « répondre aux besoins », qui limitent les monopoles technologiques, et ainsi réduisent l'échelle de toute « surprise » provenant d'une option technologique particulière.
- L'utilisation de recherches et de suivis sur un plus long terme des éléments qui apparaissent comme « des sentinelles sensibles », tels que les grenouilles et les fœtus.

A. Prévention et précaution

La distinction entre la prévention et la précaution est également importante. Prévenir les dangers des risques connus est relativement facile et ne requiert pas la précaution.

Interdire le tabagisme ou l'amiante exige aujourd'hui des actes de prévention permettant seulement d'éviter un risque bien connu. Toutefois, cela aurait exigé de la précaution (ou une prévision basée sur un niveau de preuves suffisant), d'avoir entrepris des actions évitant les expositions aux dangers alors incertains de l'amiante dans les années 30-50, ou du tabac dans les années 60. De tels actes de précaution, s'ils avaient été mis en œuvre avec succès, auraient sauvé plus de vies en Europe que l'interdiction actuelle de l'utilisation de l'amiante dans le bâtiment ou des cigarettes dans les lieux publics.

Cogliano a récemment indiqué que la différence entre la prévention et la précaution peut être illustrée comme suit : la **prévention** est utilisée pour justifier une restriction d'exposition aux cancérigènes de catégorie 1 alors que la **précaution** est nécessaire pour justifier une restriction à l'exposition aux cancérigènes de catégorie 2a ou b, pour lesquels les preuves sont moins fortes (Voir le paragraphe suivant sur les différents niveaux de preuve pour approfondir ce sujet.)

Concernant les CEM, la question est de savoir si la force des preuves existantes justifie des actions de précaution **maintenant** ? Ou la réduction des expositions sera-t-elle retardée jusqu'à ce que les preuves soient suffisamment claires pour justifier une prévention plus tardive et surtout moins protectrice face à des risques connus, de sorte que les CEM reproduisent le sort de l'asbestose, du tabagisme, et de la plupart des cas repris dans le rapport de l'AEE ?

Certains commentateurs, qui ont une expérience longue et distinguée dans la prévention des risques professionnels et environnementaux, ont mis en avant la valeur ajoutée du Principe de Précaution dans le champ de la santé publique où il y a une longue tradition de prévention. (Goldstein, 2007)

La clef pour comprendre la valeur ajoutée du Principe de Précaution demande

a) une reconnaissance de la distinction entre prévention et précaution, comme exposée ci-dessus,

b) une estimation des distinctions supplémentaires entre mesures préventives primaires, secondaires, tertiaires, qui ont été adoptées depuis longtemps dans la politique de santé publique, et la justification préalable à de telles mesures, qu'apporte le Principe de Précaution, et

c) une reconnaissance de la légitimité accrue et de la transparence qui résultent de l'articulation et de l'adoption du Principe de Précaution dans les textes légaux, les conventions et accords internationaux, en alternative à une utilisation dans la pratique.

D'un point de vue plus empirique, le fait avéré que beaucoup de scientifiques, de spécialistes du droit (de Sadeleer, 2007), et de politiciens internationaux, reconnaissent, depuis les années 70, le besoin de légitimer le Principe de Précaution en tant qu'outil politique mieux apte à traiter avec des systèmes complexes, avec l'ignorance et l'incertitude, suggère que le Principe de Précaution ajoute une valeur ajoutée à la protection de l'environnement et du public.

Il y a beaucoup de discussions générées par les différentes significations souvent liées aux termes courants « précaution », « prévention », « risque », « incertitude » et « ignorance ».

Tableau 1 clarification des termes clés.

<u>Situation</u>	<u>Etat et moment de la connaissance</u>	<u>Nature de la justification de l'action .</u>
risque	impacts connus ; probabilités connues par ex. concernant l'amiante.	prévention : action entreprise pour réduire des risques connus, Par ex. l'exposition aux poussières d'amiante
incertitude	impacts connus, probabilités inconnues, par ex. concernant les antibiotiques dans l'alimentation animale et la résistance à ces antibiotiques chez l'homme	précaution préventive : action entreprise pour réduire l'exposition à des risques potentiels.
ignorance	impacts inconnus et en conséquence probabilités inconnues, par ex. concernant les « surprises » des chlorofluorocarbones (CFC's) avant 1974	précaution : action entreprise pour anticiper, identifier et réduire l'impact des « surprises »

Source : reproduit, avec amendements, du rapport de l'AEE « Late lessons from early warnings » - 2001.

V. LE PRINCIPE DE PRECAUTION : DEFINITIONS ET INTERPRETATIONS

On trouve quelques actions réussies de « précaution préventive » dans le rapport de l'AEE, comme par exemple le cas du choléra en 1854, celui du TBT en France dans les années 80, des CFC'S dans les années 70. Confrontées aux nombreux exemples de l'absence d'utilisation du Principe de Précaution dans d'autres cas étudiés (AEE, 2001), ces actions illustrent la sagesse qu'implique l'attitude de précaution appropriée pour éviter des

menaces sérieuses pour la santé ou l'environnement, particulièrement lorsque l'impact est irréversible et s'avère plus coûteux pour la société que ne l'auraient été les mesures de précaution.

Certains commentateurs ont insisté sur la nécessité face à laquelle sont les législateurs de prendre en compte les coûts indirects prévisibles et plausibles, des mesures de précaution à prendre pour la protection de la santé et de l'environnement. (Rushton, 2007)

Cette prise en considération du contre-balancement des coûts est depuis longtemps reconnue par les meilleurs législateurs, même si il est difficile en pratique d'anticiper et de prendre en compte toutes les conséquences des actions. Evidemment, il y a aussi les bénéfices indirects des actions de précaution, sur lesquels on insiste moins, comme ceux issus d'une diminution des maladies respiratoires et cardiovasculaires qu'induirait la réduction de la combustion des énergies fossiles : il s'agit bien d'un bénéfice indirect important et rapidement acquis de mesures prises pour contrer le changement climatique.

Les résultats de quelques unes de ces actions controversées basées sur le Principe de Précaution, telle que l'interdiction dans l'UE de l'usage des antibiotiques comme accélérateurs de croissance, qui est une leçon tardive d'un cas étudié, ont été depuis lors analysés et considérés comme pertinents ou non, selon la science utilisée et l'interprétation de groupe d'intérêts différents. (Cox, 2007, Angulo et al. 2004)

Toute analyse de l'efficacité politique des mesures prises face à des risques de long terme et aux causes multiples, tels que ceux dus à l'usage des antibiotiques comme accélérateurs de croissance, est chargée de difficultés méthodologiques et est freinée par les longs temps de latence et la complexité des systèmes biologiques : démêler la causalité de l'impact d'un seul élément influent parmi tant d'autres, tous interdépendants, est virtuellement impossible. La valeur de l'application de plus de probabilités et de données informatives à une telle énigme est reconnue par de nombreux gestionnaires de risques.

Toutefois, ceci n'élimine pas la nécessité d'un jugement scientifique et politique sur la façon d'agir de manière appropriée et proportionnelle face à des incertitudes irréductibles, l'ignorance, et les risques plausibles qui pourraient avoir des impacts importants, généralisés et irréversibles et pour lesquels un calcul de probabilité n'est pas possible au moment où il est le plus nécessaire. Ceci est actuellement le cas pour les expositions aux CEM.

A. Quelques définitions et interprétations du principe de précaution.

Une conscience croissante de la complexité et de l'incertitude durant les années 80/90 a amené le débat allemand sur le « *Vorsorgeprinzip* », initialement conçu dans le domaine de la conservation de la nature (Charte Mondiale pour la Nature des Nations Unies-1982), plus particulièrement à propos de la pollution marine, pour s'élargir ensuite au niveau international. Dans le débat sur la pollution marine, une surcharge de données s'accompagnait d'une insuffisance de connaissance (Bulletin de la Pollution Marine, 1997). Cette situation entraîna la nécessité d'agir avec précaution pour réduire les grandes quantités d'effluents chimiques déversés dans la mer du Nord. Depuis lors, de nombreux traités internationaux ont inclu des références au Principe de Précaution (en ce compris la version très souvent citée de la Troisième Conférence Ministérielle de la Mer du Nord en 1990, où l'on retrouve une référence au Principe de Précaution ou, comme exprimé aux USA, à l'approche de précaution).

La Déclaration de la Mer du Nord réclamait une « *action visant à éviter les impacts potentiellement nocifs des substances, même là où il n'existe pas de preuve scientifique démontrant un lien de cause à effet entre les émissions et les effets* ».

Cette définition a été souvent utilisée, et parfois de manière pernicieuse, pour ridiculiser le Principe de Précaution en prétendant qu'il semble justifier l'action même sans preuve scientifique associant l'exposition aux effets.

Pourtant, la définition proposée lors de la Conférence de la Mer du Nord établit clairement le lien entre les mots « *absence de preuve scientifique* » avec les mots démontrant « *un lien de cause à effet* ». Nous avons déjà observé avec les exemples de la pompe de *Broad Street* et le TBT qu'il existe une différence significative entre une preuve d'une « association » et une preuve suffisamment solide pour établir un lien de cause à effet. (Hill, 1965)

Le traité de l'Union Européenne cite également le Principe de Précaution de même que d'autres principes clefs d'une saine politique de santé : « *La politique communautaire de l'environnement [...] devra être basée sur le principe de précaution et d'action préventive, sur le principe de la correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement et sur le principe du pollueur-payeur* » (Traité de l'Union Européenne, 1992).

D'autres parties de ce Traité, et les litiges portés devant la cour de justice Européenne, soulignent clairement que ces principes s'appliquent aussi à la protection de l'environnement et à celle du consommateur.

Ces principes, aussi bien que l'important et juridiquement justifié principe de proportionnalité, lequel limite la disproportion entre les coûts et les bénéfices de la prévention, ne sont pas définis dans le Traité mais éclairés par leur application pratique dans les litiges juridiques.

Toutefois, toute application sérieuse du Principe de Précaution exige quelques preuves scientifiques d'une association plausible entre l'exposition et un impact actuel ou potentiel.

Il y a encore beaucoup de désaccords et de discussions sur l'interprétation et les applications pratiques du Principe de Précaution dus, en partie, au manque de clarté et de consistance de ces définitions. Par exemple, de nombreuses définitions dans les Traités et les Conventions utilisent une double négation pour définir le Principe de Précaution : ils identifient les raisons qui ne peuvent pas être utilisées pour justifier la non-action, mais sans spécifier qu'un niveau de preuve suffisant est nécessaire pour justifier l'action.

B. Inquiétudes raisonnables ?

La Communication de l'UE sur le Principe de Précaution (Commission Européenne, 2000) spécifie bien que les « bases d'inquiétude raisonnable » sont nécessaires pour justifier l'action en vertu du Principe de Précaution, mais elle ne rend pas explicite le fait que ces bases seront spécifiques ; elle ne fait pas non plus une distinction explicite entre risque, incertitude et ignorance. Depuis, la Communication de la CE, le conseil des ministres de l'UE, la jurisprudence de l'UE, et la réglementation établissant l'Autorité Européenne de sécurité alimentaire, l'EFSA (Législation générale sur l'Alimentation CE N° 178/2002), ont clarifié les circonstances de l'utilisation et de l'application du Principe de Précaution. Par exemple, le jugement de la Cour de Justice Européenne dans le cas de l'ESB contient une définition générale qui, les commentateurs autorisés le pensent, comprend un grand nombre d'éléments nécessaires du Principe de Précaution applicables dans tous les domaines de la législation européenne : « *Où il existe une incertitude quant à l'existence ou à l'ampleur des risques pour la santé humaine, les institutions peuvent prendre des mesures de protection sans devoir attendre que la réalité et l'ampleur de ces risques soient devenus pleinement apparents* » (Christoforou, 2002).

La déclaration de l'OMS lors de la Quatrième Conférence Ministérielle pour l'Environnement et la Santé (OMS, 2004a), fait explicitement référence au Principe de Précaution avec la recommandation : « *... qu'il devrait être appliqué quand la possibilité de dommages sérieux ou irréversibles à la santé ou à l'environnement a été identifiée et quand l'évaluation*

scientifique, basée sur les données disponibles, se montre insuffisamment concluante quand à l'existence du risque et du niveau de risque mais est présumée suffisante pour passer de l'inaction aux alternatives politiques » (OMS, 2004b)

L'Association Américaine de Santé Publique (APHA, *American Public Health Association*), a adopté le Principe de Précaution en tant que pierre angulaire de la santé publique pour la protection des enfants. Dans une déclaration en 2000, l'APHA encourage les gouvernements, les secteurs privés et les professionnels de la santé à promouvoir l'utilisation du Principe de Précaution pour protéger la santé des enfants durant leur croissance (APHA, 2001).

c. Définition du Principe de Précaution selon l'AEE

La définition pratique utilisée par l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE) qui a été développée durant les débats en cours depuis 2001 est explicite pour désigner à la fois l'incertitude et l'ignorance, comme éléments de contexte pour appliquer ce principe, reconnaissant que des preuves scientifiques suffisantes sont nécessaires pour justifier des actions politiques : *« Le Principe de Précaution offre une justification pour les actions politiques dans des situations de complexité scientifique, d'incertitude et d'ignorance, où il peut être nécessaire d'agir en vue d'éviter, ou de réduire, des menaces potentiellement sérieuses ou irréversibles pour la santé ou l'environnement, en utilisant un niveau approprié de preuves scientifiques et en prenant en compte les pour et les contre de l'action et de l'inaction. »* (Gee, 2006)

La définition est également explicite au sujet de l'alternative action- inaction, et élargit l'interprétation conventionnellement étreiquée et généralement quantifiable des coûts et des bénéfices pour englober les éléments de portée plus large et quelquefois non quantifiables « pour et contre ». Quelques uns de ces aspects, comme l'amincissement de la couche d'ozone ou la confiance du public en la science, sont non quantifiables mais peuvent parfois s'avérer plus dommageables à la société que les impacts quantifiables ; et ils se doivent d'être inclus dans toute évaluation globale de risque. La définition de l'AEE a fait la preuve de son utilité en clarifiant l'utilisation et l'interprétation du Principe de Précaution, tout spécialement dans les problèmes émergents comme celui des CEM.

VI. DIFFERENTS NIVEAUX DE PREUVE POUR DIFFERENTS OBJECTIFS

Le niveau de preuve (ou force de l'évidence scientifique) qui serait approprié pour justifier une action publique dans chaque cas varie avec les arguments pour et contre de l'action ou de l'inaction. Ceux-ci incluant la nature et la répartition du préjudice potentiel, les atouts et les bénéfices attendus de l'agent ou de l'activité en cause, la disponibilité des alternatives et les objectifs généraux de l'action publique. Ces objectifs politiques peuvent comprendre la réalisation d'un « haut niveau de protection » pour la santé publique, la sécurité des consommateurs et l'environnement, tels que requis par le Traité de l'UE.

L'utilisation de différents niveaux de preuve n'est pas une idée nouvelle : la société utilise souvent différents niveaux de preuve selon l'objectif poursuivi.

Par exemple, un haut niveau de preuve (ou force de l'évidence) tel que l'exprime l'adage en l'absence de tout doute raisonnable est utilisé pour appliquer un raisonnement scientifique rigoureux où A est perçu comme causant B, quand les preuves sont fortes. Un tel niveau élevé de preuve est aussi utilisé pour minimiser les coûts de l'erreur lors d'un procès criminel d'un présumé assassin, dès lors qu'il est habituellement considéré préférable de libérer quelques coupables plutôt que de condamner un innocent. Cependant, dans le contexte différent d'un procès civil où, disons, un citoyen demande un dédommagement pour une négligence sur le lieu de travail ayant entraîné un accident ou un trouble de santé, la cour utilise souvent un niveau de preuve inférieur en fonction du coût de l'erreur. Dans

les cas de dédommagement, la partie plaignante profite du bénéfice du doute grâce à l'usage d'un niveau de preuve moyen, une sorte de balance de preuves et de probabilités. Il est considéré comme moins dommageable (ou moins coûteux au sens plus large) d'accorder un dédommagement à quelqu'un qui n'a pas été traité avec négligence que de ne pas en donner un à quelqu'un qui l'a été.

Les « larges épaules » des compagnies d'assurances sont vues comme capables de mieux supporter le coût des jugements erronés que les épaules plus frêles d'un citoyen lésé. Dans chacune de ces deux illustrations, c'est la nature et la distribution des coûts de l'erreur qui détermine le niveau de preuve (ou force de l'évidence) approprié au cas particulier.

Bradford Hill, cité plus haut, était très préoccupé par la responsabilité sociale des scientifiques et il conclut dans son document aujourd'hui classique de 1965 portant sur l'association et la causalité en santé environnementale, préparé dans le « feu » de la controverse sur le tabagisme par un « appel à l'action » dans lequel, *inter alia*¹, il proposait également le concept du cas spécifique et des niveaux différents de preuve. Ses trois exemples vont de la preuve « relativement légère » à « très forte », selon la nature de l'impact potentiel et les pour et contre dans chaque cas spécifique, par ex. les médicaments potentiellement tératogènes pour les femmes enceintes, la présence possible d'un cancérigène dans un milieu de travail, et les restrictions gouvernementales sur le tabagisme public ou l'alimentation. (Bradford Hill, 1965)

Identifier un niveau approprié de preuve a aussi été un problème important dans les débats sur le changement climatique. Le Groupe d'experts Internationaux sur le Changement Climatique (IPCC, *International Panel on Climate Change*) a discuté largement de ce problème avant de formuler sa conclusion en 1995 concernant « la balance des preuves » de ce que l'humanité perturbe le climat global. L'IPCC a étudié ce problème davantage dans son rapport, en 2001, identifiant 7 niveaux de preuve (ou force de l'évidence) pouvant être utilisés pour caractériser la preuve scientifique d'une hypothèse particulière sur le changement climatique.

Le Tableau 2 fournit les cinq niveaux de preuve les moins extrêmes de l'IPCC et explicite leur application pratique à une diversité d'objectifs sociétaux différents. Dans le domaine du cancer, l'Agence Internationale pour la Recherche sur le Cancer a également utilisé plusieurs niveaux de preuve pour caractériser la preuve scientifique des cancérigènes. (Cogliano, 2007)

Différents niveaux de preuve pour différents objectifs : quelques exemples et illustrations.

<u>Probabilités</u>	<u>Signalement quantitatif</u> (échelle de probabilité basée sur l'IPCC2001)	<u>Signalement qualitatif</u>	<u>Illustrations</u>
100%	très vraisemblable (90-99 %)	-statistiquement significatif	-preuve scientifiquement fondée pour une mise en cause
		-en l'absence de doute raisonnable	-la plupart des actes criminels -loi suédoise sur les produits chimiques (1973), pour ce qui

¹ Tel que dans le texte (NdT)

			est de la preuve de sûreté des substances considérées comme suspectes; la charge de la preuve incombe au fabricant
90%	vraisemblable (66-90%)	-certitude raisonnable -preuves scientifiquement suffisantes	-loi sur la protection de la qualité des aliments, 1996 (EU) -pour justifier une restriction du commerce en vue de protéger la santé humaine, celle des animaux et des plantes (Accord sanitaire et phytosanitaire de l'OMC Article 2.2, 1995)
50%	moyennement vraisemblable (33-66%)	-balance des preuves -balance des probabilités -bases raisonnables de préoccupation -possibilité importante	-IPCC (1995 et 2001) -de nombreuses règles en droit civil et quelques unes en droit administratif -communication de la Commission européenne sur le principe de précaution (2000) -système de dédommagement pour l'exposition aux radiations sur le lieu de travail de British Nuclear Fuels, 1984 (Une probabilité allant de 20 à 50% déclenche différents dommages et intérêts jusqu'à 50%; au-delà, il y a dédommagement complet)
	faible vraisemblance (10-33%)	-soupçon de risque scientifiquement fondé -information pertinente disponible	-loi suédoise sur les produits chimiques de 1973, pour ce qui est des preuves suffisantes pour prendre des mesures de précaution envers un dommage potentiel lié à certaines substances; la charge de la preuve incombe au législateur -justifie une restriction provisoire des échanges commerciaux en vertu de l'accord SPS 5.7, en cas d'information scientifique
0%			

			insuffisante
	très improbable (1 à 10 %)	-risque faible	-assurance familiale contre l'incendie
0%		-négligeable et insignifiant	-loi sur la protection de la qualité des aliments ; 1996 (EU)

VII. FAUX NEGATIFS ET FAUX POSITIFS

Les 14 cas étudiés (Tributylétain ou TBT, Benzène, PCB's, CFC's, MTBE, ESB, SO₂, pollution des Grands Lacs, DES, bœuf aux hormones, asbeste, rayons X médicaux, BSE et pêche industrielle) sont tous des exemples de « faux négatifs » en ce sens où les agents ou les activités ont été considérés comme non nocifs pendant quelque temps avant que les preuves n'apparaissent montrant qu'ils sont en fait dangereux.

Nous avons tenté d'inclure un cas d'étude « faux positif » dans le rapport (c'est-à-dire où les actions pour réduire les risques potentiels se sont révélés inutiles), mais soit nous n'avons pas pu trouver les auteurs, soit les exemples n'étaient pas assez solides. Fournir des preuves de « faux positifs » est plus difficile que pour les « faux négatifs » (Mazur, 2004). Quelle force doivent avoir les preuves de l'absence de dommage, et pendant combien de temps doit-on les constater avant de conclure qu'une substance ou une activité interdite soit sans risque ?

Le second volume des « leçons tardives », que l'AEE a l'intention de publier en 2008, explorera les problèmes soulevés par les faux positifs, y compris les leçons tirées d'exemples apparents comme l'interdiction dans l'UE de l'irradiation des aliments et l'étiquetage de la saccharine aux EU. L'histoire du virus informatique Y2K peut également apporter quelques enseignements importants.

Pourquoi y a-t-il tant de « faux négatifs » à décrire, et dans quelle mesure ceux-ci peuvent-ils être pertinents à propos des CEM ? Les conclusions basées sur les cas d'étude du premier volume des « leçons tardives » indiquent deux réponses principales : le penchant des sciences de la santé et de l'environnement à éviter les « faux positifs », générant ainsi plus de « faux négatifs » ; la prédominance dans les prises de décision des intérêts spécifiques, politiques et économiques, de court terme ; sur les intérêts à long terme, diffus et touchant surtout au bien-être global de la société.

Le dernier point nécessite d'être davantage exploré, particulièrement dans le champ des sciences politiques. Les chercheurs pourraient examiner les voies par lesquelles les intérêts à long terme de la société seraient plus efficacement repérés au cœur des arrangements politiques et institutionnels et qui aurait, ou pourrait avoir, un mandat explicite pour veiller sur le bien-être à long terme de la société et ainsi mieux résister aux pressions des intérêts économiques ou politiques de court terme. Le pouvoir judiciaire dans les démocraties peut jouer partiellement ce rôle, tout comme les groupes consultatifs indépendants et permanents comme la Commission Royale pour l'Environnement en GB, ou le Conseil Consultatif sur le Changement Global en Allemagne.

La domination actuelle et croissante du court terme sur les marchés et dans les parlements en démocratie en fait un problème important. Les expériences que nous conduisons avec la planète Terre, son écosystème et la santé de ses espèces, humains y compris, réclame, *inter*

*alia*², un suivi de plus long terme des paramètres « indicateurs de surprise » qui pourrait, espérons-le, nous livrer des avertissements précoces sur les dommages qui nous menacent. Un tel suivi de long terme exige un financement à long terme, par le biais d'institutions appropriées, lesquelles sont actuellement trop rares. Les cas étudiés dans le premier volume des « Leçons tardives » (par exemple dans les cas du TBT, du DES, des grands lacs et des CFC's) illustrent à la fois la grande valeur, et la pénurie relative, des suivis de long terme de la santé et de l'environnement. De tels suivis peuvent contribuer à une « science patiente » que requiert une meilleure compréhension de systèmes naturels en lente évolution. Depuis la publication des « Leçons tardives », nous avons d'avantage exploré la seconde cause des « faux négatifs », entre autres le problème des biais rencontrés dans les sciences de la santé et de l'environnement.

Le Tableau 3 donne 16 caractéristiques courantes des méthodes et de la culture des sciences de la santé et de l'environnement et montre les principaux biais qu'elles provoquent.

Trois d'entre ces caractéristiques tendent vers le « faux positif », 12 tendent plutôt vers le « faux négatif ». (Vraisemblablement, la pondération de ces différents biais devrait être l'étape suivante, laquelle n'a pas encore été entreprise).

Tableau 3 Sur la voie de l'erreur.
Les sciences de l'environnement et de la santé et leurs voies d'erreur principales.

Etudes scientifiques	quelques caractéristiques Méthodologiques	principaux biais qui favorisent la probabilité de déceler un
Études expérimentales	-doses élevées	faux positif
	- gamme de doses étroite (en termes biologiques)	faux négatif
(Animaux de laboratoire)	-faible variabilité génétique	faux négatif
	-peu d'exposition à des mélanges	faux négatif
	-peu d'expositions durant la période foetale	faux négatif
	- souches très fertiles	faux négatif
Etude de terrain (vie sauvage et humaine)	-facteurs confondants	faux positif
	-contrôles inappropriés	faux positif/négatif
	-exposition non différenciée mauvaise classification	faux négatif

² Tel quel dans le texte (NdT)

	-suivi inadéquat	faux négatif
	-cas perdus	faux négatif
	-modèles simples qui ne reflètent pas la complexité	faux négatif
A la fois, études expérimentales et observations sur le terrain	-biais de publication en faveur de résultats positifs	faux positif
	-pression de la culture scientifique pour éviter les faux positifs	faux négatif
	-faible signification statistique (petits échantillons)	faux négatif
	-utilisation du niveau de probabilité de 5% pour minimiser la possibilité de faux positifs	faux négatif

Source : Gee, 2006

Quelques caractéristiques peuvent conduire à des biais opposés (par ex. dans le cas des contrôles inappropriés) mais la plupart des caractéristiques induisent la voie d'erreur montrée dans le **Tableau 3**.

La tendance générale à privilégier le résultat nul (absence d'effet) aide à produire une connaissance scientifique fondée sur des bases solides mais peut aussi encourager à des politiques de santé publique et de l'environnement de faible qualité.

Les objectifs de la science et des politiques concernant les dangers sanitaires et environnementaux sont différents. La science donne une plus grande priorité à éviter « les faux positifs » en acceptant seulement de très hauts niveaux de preuve de causalité, alors que la politique préfère éviter les « faux négatifs » sur base d'un niveau suffisant de preuve de dommages potentiels.

Le Tableau 3 est issu d'un document présenté à la conférence sur le Principe de Précaution organisée par le *Collegium Ramazzini*, l'AEE, l'OMS et NIEHS en 2002 (Grandjean et al., 2003). Il tente un premier pas pour saisir et communiquer les principales directions de ce biais au sein des sciences de la santé et de l'environnement, un biais dont les législateurs et le public devraient être conscients lorsqu'ils débattent des preuves sur les dangers émergents tels que les CEM.

La balance appropriée entre faux négatifs et positifs fut abordée lors d'un atelier JRC/AEE sur le principe de précaution et l'incertitude scientifique qui s'est tenu durant la conférence « *Bridging the Gap* » (Jeter un pont), en 2001, organisée par la Présidence de l'UE (Suède), en partenariat avec l'AEE et la *DG Recherche de la Commission*, qui aboutit à la conclusion suivante :

« ... On a besoin de méthodes scientifiques améliorées capables de réaliser un équilibre économiquement efficace et éthiquement plus acceptable entre « faux négatifs » et « faux positifs ». (Swedish EPA 2001)

VIII. QUELQUES CRITERES VISANT À ETABLIR UNE RELATION DE CAUSE A EFFET

Bradford Hill a établi neuf critères aidant à évoluer, dans la santé environnementale, de l'association à la causalité, qui ont été, et sont toujours, largement utilisés dans les débats sur des problèmes tels que les CEM.

Deux des plus solides de ces critères perdent peut-être de leur valeur dans un contexte de causalité multiple, de complexité ou de variabilité gène/hôte.

Par exemple, la « cohérence » des résultats des études ne doit pas toujours être attendue. Comme le Professeur Needleman, qui fournit le premier de ce que nous pourrions appeler la seconde génération des « avertissements précoces » sur le plomb dans l'essence en 1979, a observé :

« La cohérence dans la nature n'exige pas que toutes, ou même une majorité, d'études trouvent le même effet. Si toutes les études sur le plomb démontraient la même relation entre les variables, on pourrait s'étonner, et peut-être même à juste titre être soupçonneux. » (Needleman, 1995)

Il s'ensuit que la présence de cohérence dans les résultats d'études sur un même risque peut fournir une preuve solide d'un lien de causalité, mais l'absence de cohérence ne fournit pas a contrario une preuve solide de ce que l'association n'existe pas. En d'autres mots, le « critère » de cohérence est asymétrique, comme le sont la plupart des critères de Bradford Hill.

De même, le critère de « temporalité », qui dit que la cause imposée X d'un dommage Y doit apparaître avant Y, est solide dans un monde simple, avec une cause unique. Dans un monde complexe, où les cibles biologiques sont multiples de même que les chaînes de causalité, ce critère ne s'appliquera pas nécessairement. Par exemple, la cause d'une chute soudaine de la quantité de sperme peut présenter des facteurs multiples, des co-facteurs, certains desquels pourraient efficacement augmenter l'incidence sur la cible biologique avant l'existence de la cause à l'étude, rendant ainsi temporairement l'analyse confuse. Le calcul de la quantité de sperme résultant pourrait alors bien révéler une tendance à l'augmentation, à la diminution ou au statu quo, selon la direction d'action, la force combinée des facteurs et le laps de temps écoulé depuis leurs impacts. Il s'ensuit que, par exemple, les produits chimiques à base de chlore peuvent être, ou ne pas être en cause dans la chute de la quantité de sperme. Mais l'argument de « temporalité » avancé par l'OMS, qui a observé que la quantité de sperme a commencé à chuter avant que la production chimique de Chlore ne soit lancée, ne donne pas une preuve solide qu'aucune causalité n'existe.

La présence de la temporalité, de même que la cohérence, peut être une preuve solide de ce qu'une association est causale, mais son absence n'offre pas une preuve solide contre l'existence d'une association. Bradford Hill était parfaitement conscient de la nature asymétrique de ses « critères » ; ses partisans ne l'ont pas toujours été.

Durant l'année 2005, le 40^{ème} anniversaire des « critères » de Bradford Hill, l'AEE convoqua un groupe d'experts pour revoir les « critères » et leur utilisation à la lumière des nouvelles avancées de la connaissance, particulièrement la multi causalité, acquises depuis 1965. Un rapport sera publié en 2007 à ce sujet.

Comment atteindre cet objectif sans compromettre la science est un domaine toujours inexploré (Grandjean 2004, Grandjean et al. 2004). Il est clairement nécessaire,

particulièrement à propos des CEM, que les méthodes scientifiques ne prennent pas seulement en compte les biais provenant de faux négatifs/positifs en méthodologie mais reflètent également les autres réalités, comme la causalité multiple, les seuils et la chronologie des doses, les populations plus sensibles telles que les enfants, (Jarosinska and Gee, 2007), le sexe, l'âge et les conditions immunitaires de l'hôte, la physique de l'information, les effets se manifestant en dessous du seuil des impacts « aigus », tels que le réchauffement des tissus, les relations dose/réponses non linéaires, les effets des faibles doses, et les effets provoqués par la perturbation de l'équilibre entre éléments opposés dans un système biologique complexe. L'évidence des CEM a besoin de pleinement prendre en compte ces réalités autant que des biais méthodologiques repris dans le **tableau 3**.

IX. PARTICIPATION PUBLIQUE A L'ANALYSE DU RISQUE

Choisir un niveau de preuve approprié pour un cas particulier est clairement basé, *inter alia*³, sur des jugements de valeur portant sur l'acceptabilité des coûts, sur leur distribution, sur celle de commettre une erreur, quel que soit le sens, en agissant ou en renonçant à agir pour réduire des expositions menaçantes. C'est pourquoi il est nécessaire d'impliquer le public dans les décisions relatives à des risques sérieux et à leur évitement, et qu'il en soit ainsi à tous les stades du processus d'analyse du risque. Trois des « Douze Leçons Tardives » (n°5, 9 et 10) invitent explicitement à une implication précoce du public et des différents acteurs intéressés à tous les stades de l'analyse du risque, un processus qui a été activement encouragé au cours de nombreux rapports influents au cours de la dernière décennie (NRC, 1994 ; Commission Présidentielle sur l'Evaluation et la Gestion du Risque, 1997 ; Commission Royale Sur la Pollution Environnementale, 1998 ; CEC Communication sur le Principe de Précaution, 2000 ; Conseil Consultatif Allemand sur le Changement Global, 2001).

La meilleure science disponible est donc seulement une condition nécessaire mais insuffisante pour une saine politique de la santé et de l'environnement.

Où il existe une incertitude scientifique et une ignorance, « la tâche revient principalement aux gestionnaires du risque de fournir aux experts les indications sur la politique scientifique qu'ils appliqueront dans leurs évaluations du risque. » (Christoforou, 2003). Le contenu de ces conseils sur la politique scientifique aussi bien que la nature et le champ des questions que les experts poseront doivent être formulés par les gestionnaires du risque et les acteurs concernés lors de l'étape initiale de l'analyse du risque.

Impliquer le public à chaque étape de l'analyse du risque mais aussi aider à établir l'agenda des recherches et les orientations technologiques n'est pas aisé (Wilson et Willis, 2004). De nombreuses expériences, que ce soit en Europe ou aux USA, avec des groupes cibles, des votes après délibération, des jurys de citoyens, une révision par les pairs étendue, (Funtovics et Ravetz, 1990/92), explorent des voies appropriées pour avancer.

Le problème du temps est tout aussi critique pour l'analyse du risque et l'application du Principe de Précaution. Par exemple, entre le premier avertissement scientifiquement fondé (1896 pour les rayons X médicaux, 1897 pour le benzène, 1898 pour l'asbeste) et le moment où une action politique a effectivement réduit les dommages, de 30 à 100 années se sont écoulées. Quelques conséquences du manque d'action en temps opportun, l'incapacité à agir au bon moment (par ex. CFC's ou asbeste), continuent de provoquer des dommages bien plus longtemps encore. Par exemple, le trou dans la couche d'ozone provoquera de nombreux milliers de cancers de la peau supplémentaires chez les enfants d'aujourd'hui, qui n'atteindront leur nombre maximum qu'au milieu de ce siècle vu la longue période de latence qui sépare l'exposition de l'effet. De tels impacts à long terme mais prévisibles soulèvent la question de la responsabilité et du dédommagement prenant en compte le taux

³ Tel quel dans le texte (NdT)

d'actualisation approprié appliqué aux futurs coûts et bénéfices, qui sont largement tributaires de choix de valeur, et doivent être discutés par toutes les parties en cause. Une fois encore, l'expérience acquise dans le domaine du changement climatique peut aider à gérer ces problèmes de long terme, à l'égard des champs électromagnétiques (ELF, FR).

Cette implication élargie des groupes d'intérêt a également été reconnue plus récemment par le Conseil International de Gestion du Risque (IRGC, *International Risk Governance Council*, 2005) et le rapport de l'UE sur la Science et la gouvernance, (Wynne et al, 2007).

Qu'une implication élargie des différents acteurs aboutisse à de meilleures décisions, plus acceptables, mérite d'être étudié. Les indications précoces (Beierle, 2002), et les leçons tirées de l'Histoire, suggèrent que ce sera le cas. Souvent, plusieurs décennies sont nécessaires pour juger le résultat avec assurance, étant donné les temps de latence et les complexités.

X. QUELQUES EXEMPLES D'AVERTISSEMENTS PRECOCES

Les 14 cas étudiés du rapport sur les « Leçons tardives » (AEE 2001) comprennent des exemples de produits chimiques (Tributylétain ou TBT, benzène, PCB's, CFC's, MTBE, SO₂ et la pollution des Grands Lacs), deux exemples de produits pharmaceutiques (DES et bœuf aux hormones), deux agents physiques (asbeste et rayons X), un agent pathogène (ESB), et la pêche (surpêche)

Les problèmes principaux discutés jusqu'à présent, comme la nature contingente de la connaissance, l'ignorance et les « surprises », les niveaux de preuve appropriés pour l'action politique, et la participation publique à l'analyse du risque, sont critiqués quant au succès de l'application à la fois de la connaissance scientifique et du principe de précaution dans l'action et la décision politiques. Il est donc pertinent d'en discuter dans le cadre des nouveaux risques potentiels émergents, par ex. la nanotechnologie, (Royal Society 2003), les radiations non-ionisantes provenant de l'utilisation des GSM (Stewart Reports 2000,2004), et les substances perturbatrices endocriniennes (OMS, 2002).

Avec de tels risques émergents, il peut être salutaire d'utiliser les exemples historiques pour illustrer à quoi ressemble un avertissement précoce scientifiquement fondé puisqu'il est souvent difficile de reconnaître précisément de tels avertissements au moment où ils se présentent. Un bon exemple est celui qu'offre la Commission Swann du Conseil de la Recherche Médicale (GB) en 1969. Il lui fut demandé d'évaluer les indices de risque de résistance aux antibiotiques chez l'homme, suite à l'ingestion prolongée de très faibles quantités d'antibiotiques du fait de leur usage comme stimulateurs de croissance dans le bétail de boucherie (Edqvist et Pedersen 2001). La conclusion fut celle-ci : *« En dépit des carences dans nos connaissances [...] nous croyons [...] sur la base des preuves qui nous furent présentées, que notre évaluation est une base suffisamment saine pour agir [...] L'appel à plus de recherche ne devrait pas être utilisé pour freiner nos recommandations [...] La vente et l'usage d'antibiotiques devraient sévèrement être contrôlés sur base de critères stricts, même si nous ne connaissons pas tous les mécanismes d'action et si nous ne pouvons pas prévoir tous les effets. »* (Swann 1969)

A. Les antibiotiques dans la nourriture du bétail

La Commission Swann a également conclu qu'il serait plus rémunérateur et plus innovant d'améliorer l'élevage en encourageant une croissance saine des animaux plutôt que d'adopter cette approche plus grossière de régimes alimentaires contenant des

antimicrobiens. En dépit des carences dans nos connaissances, le besoin de recherches supplémentaires, et une ignorance considérable au sujet des mécanismes d'action, des preuves suffisantes ont été identifiées et décrites par le rapport Swann qui justifient la nécessité pour les autorités publiques de restreindre la possibilité d'exposition aux antibiotiques du fait de leur utilisation comme promoteurs de croissance du bétail. Cet avertissement précoce fut initialement pris en compte mais progressivement ignoré par les compagnies pharmaceutiques et les autorités en charge de la réglementation, qui voulaient plus de justifications scientifiques pour restreindre l'usage des promoteurs de croissance antimicrobiens. Toutefois, en 1985, en Suède, et ensuite dans l'UE en 1999, l'utilisation des antibiotiques comme promoteurs de croissance fut finalement interdite. Pfizer, le principal fournisseur de ces antibiotiques en Europe, fit appel contre la décision de la Commission Européenne, dénonçant, *inter alia*⁴, une insuffisance de preuves scientifiques. Il perdit cette cause devant la Cour Européenne de Justice (Affaire T-13/99-Pfizer 2002), une cause qui clarifia d'avantage l'usage approprié et l'application du Principe de Précaution dans des circonstances d'incertitude scientifique et d'une exposition généralisée du public à une menace potentiellement grave.

B. Le plomb dans l'essence

L'histoire du plomb dans l'essence est un exemple américain d'un avertissement précoce, avertissement largement ignoré durant 50 ans, résultant en dommages causés à l'intelligence et au comportement des enfants aux USA, en Europe et dans le reste du monde motorisé. Yandell Hendersson, président du Conseil de la Recherche Médicale, au département de l'aéronautique des Etats-Unis, à qui il fut demandé d'examiner les preuves scientifiques d'un danger possible dû à l'usage du plomb tétraéthyle pendant l'interdiction temporaire du plomb dans l'essence en 1925, conclut : « *Il semble probable que le développement d'un empoisonnement par le plomb interviendra si insidieusement que l'usage de l'essence au plomb sera universel [...] avant que le public et le gouvernement soient conscients de la situation.* » (Rosner et Markowitz, 2002)

La société motorisée y aurait beaucoup gagné en dollars, en intelligence et en cohésion sociale si elle avait écouté cette prévision.

C. Tributylétain (TBR) – un produit de protection de la coque des bateaux

Les cas du Tributylétain (TBT) et du DES illustrent les surprises provoquées par la complexité de la vie réelle et qui peuvent apporter quelques leçons au débat sur les CEM. Par exemple, le déroulement de l'histoire du TBT fut accompagné d'une compréhension croissante de la complexité scientifique suscitée par des découvertes comme celle que des impacts nocifs étaient provoqués par de très faibles doses ou que de fortes concentrations d'exposition étaient mesurées en des endroits inattendus, par ex. dans la microcouche marine, et que la bioaccumulation dans les animaux marins supérieurs, y compris les fruits de mer consommés par les humains, était plus importante que prévue. Les actions précoces visant à réduire l'exposition en France et en Grande Bretagne en 1982-85 étaient basées sur la « force de l'évidence » uniquement en ce qui concerne l'association ; les connaissances sur la « causalité », les mécanismes d'action et les phénomènes complexes décrits ci-dessus apparurent beaucoup plus tard.

Nous avons été chanceux, d'une certaine façon, avec l'histoire du TBT : un impact hautement spécifique, initialement peu commun, fut rapidement lié à un produit chimique,

⁴ Tel quel dans le texte (NdT)

le TBT. Ce lien relativement facilement identifié ne se répètera probablement pas pour les impacts plus habituels à causes multiples où, par exemple, des maladies et dysfonctionnements neurologiques, des cancers courants, sont les impacts suspectés.

D. Diéthylstilbestrol (DES)

La leçon clef tirée de l'histoire du DES est elle aussi instructive car elle offre l'exemple le plus flagrant d'une perturbation endocrinienne chez l'humain. Le *Diéthylstilbéstrol*, plus souvent appelé *DES*, est un estrogène synthétique. À l'origine, il était prescrit pour empêcher les fausses couches, ce qu'il ne fit pas. Plus tard, les fils et les filles des mères prédisposées aux fausses couches et traitées au DES ont développé des cancers, des anomalies du système reproductif et ont eu plus de bébés prématurés. Les effets du DES comprenaient l'absence d'effets *tératogènes* immédiats et visibles, ce qui ne constituait pas une preuve solide d'absence de toxicité pour la reproduction et le fait que la « distribution de la dose dans le temps détermine clairement le poison » contredisait le dicton de Paracelse : « c'est la dose qui fait le poison ».

La distribution temporelle de la dose est également importante pour d'autres effets biologiques : « La période de la vie au cours de laquelle l'exposition a lieu peut être critique dans la définition des relations dose/réponse des *SPE* (substances perturbatrices endocriniennes) pour le cancer du sein et autres effets sur la santé. » (OMS/IPCS, 2002)

Bien que les niveaux d'exposition fussent plus élevés que ceux habituellement rencontrés dans l'environnement pour les *SPE*, l'histoire du *DES* fournit un signal clair sur les dangers potentiels de la perturbation du système endocrinien par des substances chimiques de synthèse. Avec plus de 20 000 publications, le DES est à présent un composé bien étudié. Et cependant, de nombreux doutes subsistent quant à ses mécanismes d'action. Puisque aucune relation dose/effet n'a été mise en évidence chez l'homme, on ne peut exclure le fait que le DES ait été toxique à dose très faible, ni que d'autres xéno estrogènes moins puissants présentent les mêmes effets. Si quelques incertitudes persistent au sujet du DES après autant de temps et de recherches, quelle devrait être notre attitude face aux nouveaux risques émergents, telles que ceux dus aux autres substances perturbatrices endocriniennes (*SPE*) et aux CEM ?

XI. CONCLUSION

Les leçons de l'histoire publiées dans le rapport de l'AEE, et les débats et événements qui s'en sont suivis, indiquent qu'elles sont très pertinentes quant au problème des CEM, autant qu'à d'autres problèmes émergents comme la nanotechnologie (Royal Society, 2003) et les substances perturbatrices endocriniennes (OMS, 2002). L'évaluation des CEM en termes de santé publique pourrait appliquer ces leçons, approches, discussions et interprétations aux actions préventives et de précaution à appliquer aux différentes parties du problème de l'exposition aux CEM.

Il y a évidemment une large différence entre le tabagisme et les CEM.

Le danger du tabagisme montrait une augmentation du risque relatif dans la population exposée d'au moins 10 fois comparée au risque lié à l'exposition au rayonnement e.m. des lignes à haute tension. La taille de la population exposée au tabagisme et de celle soumise à l'exposition nécessaire pour provoquer un doublement du risque sont toutes deux beaucoup plus grandes que les populations correspondantes soumises au risque des lignes à haute tension. Le risque relatif plus élevé pour la fumée du tabac et le cancer du poumon semble

résulter de la comparaison entre les fumeurs et les non-fumeurs, alors que le risque relatif de 2 ou 3 qui résulte de la comparaison entre les fumeurs modérés et les grands fumeurs, ou entre les fumeurs passifs et les non-fumeurs, a plus à voir avec le problème des CEM où il y a une absence de population de contrôle. Le risque relatif plus faible de 2 ou 3 pour les CEM est biaisé vers le bas à cause de l'absence de telles populations de contrôle (Milham, 1998). Toutefois, le parallèle entre la reconnaissance tardive des dangers du tabagisme et de celui des champs électromagnétiques des lignes à haute tension est intéressant.

Le parallèle avec l'histoire des rayons X est lui aussi pertinent. La découverte initiale, par Alice Stewart au début des années 50, de ce que quelques rayons X sur une femme enceinte dans la période sensible de sa grossesse multipliaient par 2 le risque de leucémie fut accueilli avec une incrédulité tapageuse, particulièrement par les médecins masculins qui voyaient leur dernier jouet menacé. Il a fallu près de 20 ans avant que le résultat d'Alice Stewart soit généralement accepté, et seulement après que plusieurs études négatives aient été conduites en réaction immédiate à sa publication. De nombreuses études concernant les effets des rayons X sur les femmes enceintes existent à présent et, tout comme pour les études sur les lignes à haute tension, le risque relatif reste proche de 2 (AEE, 2001). À quoi l'histoire des CEM ressemblera-t-elle en 2020 ?

XII. REFERENCES

- Angulo, et al., 2004, Antimicrobial use in Agriculture: Controlling the transfer of antimicrobial resistance to humans, Seminar in Paediatric Infectious Disease, 15(2), 78-85.
- APHA, 2001. The Precautionary Principle and Children's Health. American Journal of Public Health March 91, p.20.
- Beierle, T.C. The quality of stakeholder-based decisions, Risk Analysis, 22(4), 739-749.
- Boehmer-Christiansen S. 1994. The Precautionary Principle in Germany: enabling government. In: Interpreting the precautionary principle (O'Riordan T. and Cameron J. eds). London: Cameron and May, p. 31-68.
- Bradford Hill A. 1965. The Environment and Disease: Association or Causation? Proceedings of the Royal Society of Medicine 58: 295-300.
- Case C-157/96, BSE, 1998, European Court Report 1-2211, Brussels.
- Case T-13/99 Pfizer 2002 ECR II-3305 and in Case T-70/99, Alpharma 2002, ECR, II-3495, September 11, 2002.
- Christoforou T. 2002. Science, law and precaution in dispute resolution on health and environmental protection: what role for scientific experts? In Le commerce international des organismes génétiquement modifiés, Centre d'Etudes et de Recherches Internationales et Communautaires, Université d'Aix-Marseille 111.
- Christoforou T. 2003. The precautionary principle and democratising expertise: a European legal perspective, Science and Public Policy 30 No 3, June, 205-21, Surrey, England.
- Cogliano, V.J. (2007), "The IARC Monographs: a resource for Precaution and Prevention", a Commentary on the Editorial by Martuzzi on "The Precautionary Principle: in Action for Public Health", oem.bmj.com. p569-574.
- Cox Jr., L.A., 2007, Does Concern-Driven Risk Management Provide a Viable Alternative to QRA?, Risk Analysis, vol 27, No 1.
- De Sadaleer, N. (2007), Implementing the Precautionary Principle: Approaches from the Nordic Countries, EU and USA, Earthscan, London
- Edqvist L, Pedersen KB. 2001. Antimicrobials as growth promoters: resistance to common sense: In Late lessons from early warnings: the precautionary principle 1896-2000, Copenhagen, Denmark. EEA 2001.
- EEA. 2001. Late Lessons from Early Warnings. The Precautionary Principle 1896-

2000. Copenhagen, Denmark. European Environment Agency.
Late Lessons from Early Warnings and EMF Mr. Gee
29

European Commission 2000. Communication from the Commission on the
Precautionary Principle, COM (2000) 1, Brussels.
European Council 2000). European Council meeting, Nice 7-10 December 2000.
Conclusions of the Presidency. Annex III – Council Resolution on the precautionary
principle.

Funtowicz S, Ravetz J. 1990. Uncertainty and Quality in Science for Policy, Kluwer
Amsterdam.

Funtowicz S, Ravetz J. 1992. Three Types of Risk Assessment and the Emergency of
Post-Normal Science: In Social Theories of Risk (S. Krimsky and D. Golding, eds.),
251-273, Praeger, Westport.

Gee D., 2006. Late lessons from early warnings: towards realism and precaution with
endocrine disrupting substances. *Environ Health Perspect* 114, Supl. 1, 152-160.

General Food Law regulation, EC No 178/2002, Official Journal of the EU, L31,
0.02.2002, Luxembourg.

German Advisory Council on Global Change 2001. Strategies for Managing Global
Environmental Risks.

Goldstein, B.D. (2007) , Problems in Applying the Precautionary Principle,
Commentary on the editorial on the PP by Martuzzi, oem.bmj.com, downloaded on
Aug 24th.

Graham J. 2002. Europe's Precautionary Principles: promise and pitfalls, *J of Risk
Research* 5, No 4, p. 375.

Grandjean P, Soffritti M, Minardi F, Brazier J. 2003. The Precautionary Principle:
Implications for Research and Prevention in Environmental and Occupational Health,
European Journal of Oncology Library Vol 2, European Ramazzini Foundation,
Bologna, Italy.

Grandjean P, Bailer JC, Gee D, Needleman HL, Ozonoff DM, Richter E et al., 2004.
Implications of the Precautionary Principle in Research and Policy-Making, *Am. J.
Ind. Med.* 45 (4):382-385.

Grandjean P. 2004. Implications of the Precautionary Principle for Primary
Prevention and Research, *Annu. Rev. Public Health Vol 25*, 199-223.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Second Assessment Report –
Climate Change 1995. <http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Third Assessment Report –
Climate Change 2001. Cambridge University Press
<http://www.ipcc.ch/pub/reports.htm>

IRGC, 2005, Risk Governance –Towards an Integrative Approach, IRGC, Geneva.
Late Lessons from Early Warnings and EMF Mr. Gee
30

Jorosinska, D, Gee, D., Children's Environmental Health and the Precautionary
Principle, In *J. of En. Health*, (in press).

Marine Pollution Bulletin 1997. 34, No 9, 680-681

Mazur A. 2004. True Warnings and False Alarms. Evaluating Fears about the Health
Risks of Technology, 1948-1971. *Resources for the Future*, Washington.

Milham S. 1998. Carcinogenicity of Electromagnetic Fields.
European Journal of Oncology Vol. 3 #2. Table 14, pages 93-100.

National Research Council. 1994. *Science and Judgment in Risk Assessment*,
National Academy Press, Washington.

Needleman H.L. 1995. Making Models of Real World events: the use and abuse of
inference, *Neurotoxicology and Teratology*, 17, No 3.

Royal Commission on Environmental Pollution 1998. "Environmental Standards",
London.

Royal Society 2003. *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and
Uncertainties*. London. <http://www.nanotec.org.uk/finalReport.htm>

Rushton, L. (2007), The precautionary Principle in the Context of Multiple Risks,
Commentary on the editorial by Martuzzi M. in oem.bmj.com, downloaded on Aug

24th 2007

Sing CF, Stengard JH, Kardia SLR. 2004. Dynamic relationships between the Genome and Exposures to environments as causes of common human diseases. Chapter in Nutrigenetics and Nutrigenomics World Review of Nutrition and Diet, Basel, Karger, Vol 93, p. 77-91.

Stewart Report 2000 and 2004, Mobile Phones and Health, IEGMP Reports, NRPB.
<http://www.iegmp.org.uk/report/text.htm> &

http://www.hpa.org.uk/radiation/publications/documents_of_nrpb/pdfs/doc_15_5.pdf

Stirling A. 1999. On science and precaution in the management of technological risk.

Final summary report Technological Risk and Uncertainty project, European Scientific Technology Observatory, EC Forward studies unit, Brussels.

Stroebe M, Scheringer M, Hungerbuhler K. 2004. Measures of Overall Persistence and the Temporal Remote State, Environ. Sci. Technol. 2004, 38, 5665-5673.

Swann MM 1969. Report, Joint Committee on the use of Antibiotics in Animal Husbandry and Veterinary Medicine, HMSO, London.

Swedish Environmental Protection Agency 2001:

http://www.naturvardsverket.se/dokument/omverket/forskn/fokonf/dokument/bridging_arkiv/index.htm. [accessed 31 August 2005]

Late Lessons from Early Warnings and EMF Mr. Gee
31

Treaty establishing the European Community (consolidated text), Official Journal C 325 of 24 December 2002 and (http://europa.eu.int/eurllex/lex/en/treaties/dat/12002E/pdf/12002E_EN.pdf) [accessed 7 September 2005]

UN 1982. World Charter for Nature. UN General Assembly 37th Session (UN/GA/RES/37/ 7), New York

US Presidential/Congressional Commission on Risk Assessment & Risk Management (1997). Framework for Environmental Health Risk Assessment.

Final report 1997, Volume 1 <http://www.riskworld.com/Nreports/1997/riskrpt/pdf/EPAJAN.PDF>

[accessed 7 September 2005]

US Surgeon General 1964. Smoking and Health, Dept Health and Human Sciences, Washington.

Vineis P. 2004. A self-fulfilling prophecy: are we underestimating the role of the environment in gene-environment interaction research? International Journal of Epidemiology 2004;33:945-946.

WHO, 2004a. Declaration of Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23–25 June 2004. Available:

<http://www.euro.who.int/document/e83335.pdf> [accessed 03 January 2007]

WHO, 2004 b. Dealing with uncertainty – how can the precautionary principle help protect the future of our children? Working paper for the Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, Budapest, Hungary, 23–25 June 2004.

Available: <http://www.euro.who.int/document/hms/edoc11.pdf> [accessed 05 January 2007]

WHO 2002. Global Assessment of the State-of-the-Science of Endocrine Disruptors, World Health Organization, Geneva.

http://www.who.int/ipcs/publications/new_issues/endocrine_disruptors/en/print.html

Wilsdon J and Willis R. 2004 See-through Science – why public engagement needs to move upstream, Demos. London.

Wynne, B. et al., “Science and Governance: Taking European Knowledge Society Seriously, DG Research, Brussels.