

**MEMENTO SUR LES BESOINS ENERGETIQUES,  
LES CHANGEMENTS DE L'ENVIRONNEMENT  
ET DE LA POLLUTION**

**Dr. Michel P. R. Boisson  
Rédacteur**



Ce document est basé sur des informations scientifiques dont les documents et informations sont disponibles à Internet, au Centre Scientifique, au Musée Océanographique, au laboratoire de l'AIEA à Monaco, au Département de l'Environnement de l'Urbanisme et de la Construction (DEUC) de Monaco et chez les Sapeurs-Pompiers de Monaco. Les conclusions ne représentent que l'opinion des auteurs et pas nécessairement celle d'une instance officielle monégasque, européenne ou internationale.

Adresse de correspondance :

Dr. Michel Boisson

Villa Girasol

16 Blvd. De Suisse

MC 98000 Monaco

Tél. : 0607935432

Toute reproduction d'un extrait quelconque de ce document est strictement interdite sans l'autorisation écrite du rédacteur

**Auteurs:**

**Dr. Michel P. R. Boisson\* et Prof. dr. Egbert K. Duursma\*\***

**© juillet 2005**

---

\* Docteur en Océanographie, Secrétaire Général du Centre Scientifique de Monaco et Membre de l'Academia Europaea

\*\* Em. Professeur d'Océanologie, directeur de l'Institut Delta et KNIOZ aux Pays-Bas, chercheur de l'AIEA à Monaco et Membre de l'Academia Europaea

## **POINTS ESSENTIELS**

- ❖ *L'ère du pétrole se termine au 21<sup>ème</sup> Siècle, sans que des sources d'énergie de remplacement viables soient en place, même pas l'énergie nucléaire.*
- ❖ *On doit donc s'attendre dans quelques décennies à une augmentation des **tensions** entre l'économie et la politique.*
- ❖ *L'augmentation du Dioxyde de Carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère se poursuivra pendant tout ce Siècle, Kyoto ou pas Kyoto.*
- ❖ *L'exploitation des grandes réserves de schistes goudronneux, augmentera **sérieusement** les Effets de Serre !*
- ❖ *Actuellement on doit prendre en considération un **Double Effet de Serre** avec un réchauffement global de l'atmosphère de 0,3% par Siècle correspondant à une augmentation moyenne de température de + 1,4 °C par Siècle. Ces changements de température varient suivant la hauteur (refroidissement de la stratosphère) et la région entre -1,7 et + 5 °C par Siècle.*
- ❖ *Le Double Effet de Serre a comme conséquence localement une augmentation chronique des **extrêmes** de climat, qui sont déjà pris en compte par les compagnies d'assurances.*
- ❖ *Ces changements de climat dû au Double Effet de Serre ne sont **pas réversibles**.*
- ❖ *L'augmentation du CO<sub>2</sub> dissous en mer augmentera **l'acidité** du milieu marin et **réduira la croissance** des coraux et des autres espèces marines calcaires.*
- ❖ *Les changements régionaux de la pluviosité, qui varient entre -75% et +60% par Siècle, depuis le début du 18<sup>ème</sup> Siècle, sont plutôt **indépendant** de l'Effet de Serre.*
- ❖ *Les problèmes de ressources en eau potable, avec une augmentation des besoins de 80% par Siècle, ne seront **guère résolus**.*
- ❖ *Les trous d'Ozone (O<sub>3</sub>) dans la stratosphère et la présence des Gaz polluants dans la troposphère persisteront.*
- ❖ *On doit encore prendre en considération la présence dans l'environnement des radionucléides, des munitions chimiques, des pesticides et des PCB's.*
- ❖ *La Principauté de Monaco a signé et ratifié la plupart des Conventions et Protocoles internationaux, qui concernent l'environnement.*

## Tableau des Matières

POINTS ESSENTIELS	04
INTRODUCTION	06
LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DU 21 <sup>ème</sup> SIÈCLE	06
CHANGEMENTS ATMOSPHÉRIQUES	11
❖ Réserves mondiales en Oxygène	11
❖ Dioxyde de carbone	11
CHANGEMENTS DU CLIMAT	13
❖ Le double effet de Serre	13
❖ Pluviosité et débit des rivières	15
❖ Périodes glaciaires	17
POLLUANTS MONDIAUX ET RÉGIONAUX	17
❖ Trous d'Ozone dans la stratosphère	17
❖ Ozone troposphérique et pollution de l'air	19
❖ Radioéléments (Radionucléides)	20
➤ Retombées	20
➤ Ultime stockage de déchets radioactifs	21
➤ Effluents radioactifs	23
❖ Immersion de produits dangereux dans la mer	23
➤ Produits radioactifs solides de bas niveau	23
➤ Déchets radioactifs de haut niveau	24
➤ Armes chimiques	24
❖ Pesticides et autres: Situation mondiale concernant la présence de DDT et PCB's	25
CONVENTIONS AUXQUELLES LA PRINCIPAUTE DE MONACO EST PARTIE	27
ESTIMATIONS DE L'ENVELOPPE BUDGETAIRE QUE MONACO CONSACRE A L'ENVIRONNEMENT	28

## INTRODUCTION

En signant et ratifiant les conventions et protocoles internationaux pour la protection de l'environnement, les Etats engagent leur responsabilité dans l'application de ces accords et leurs diplomates sont régulièrement conduits à rapporter des actions menées par leur Gouvernement pour respecter les obligations souscrites. Il est donc important avant de s'engager dans ces conventions de juger de l'intérêt des engagements proposés pour l'amélioration de l'environnement mondial mais aussi des contraintes que font peser sur les Etats ces conventions.

Monaco, déjà Membre de l'ONU, l'UNESCO, la FAO, la COI, le PNUE, l'OMM est aussi devenu en 2004 Membre du Conseil de l'Europe. Il est donc de plus en plus engagé dans les débats concernant l'environnement mondial.

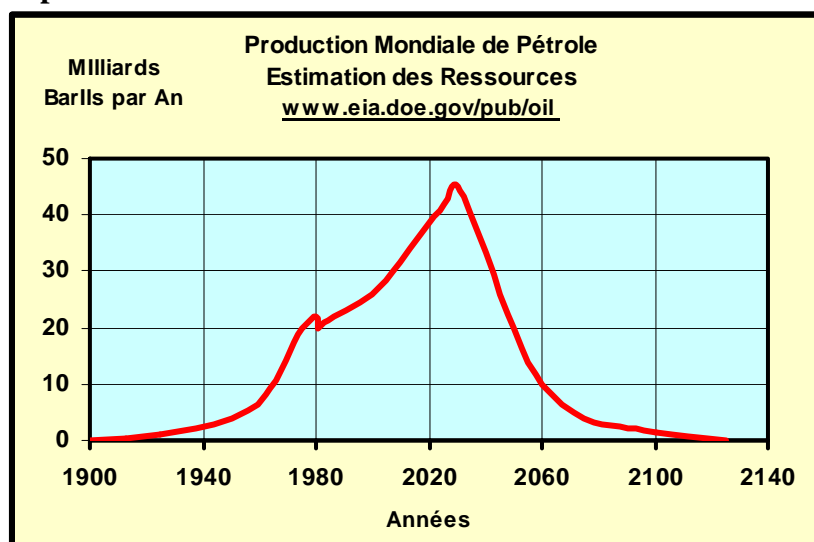
Les auteurs de ce petit livre apportent aux décideurs des réponses claires et facilement compréhensibles, fondées sur des faits et sur leurs conséquences, aux nombreuses questions que se posent les Etats et leurs diplomates sur les problèmes de l'environnement mondial. Il traite au début des sources d'énergie possibles pour l'approvisionnement et la maîtrise des besoins énergétiques mondiaux et des problèmes que ces sources peuvent créer à l'environnement. Ce document est fondé sur les connaissances disponibles à Monaco, au Centre scientifique, au Musée océanographique, au laboratoire de l'environnement marin de l'AIEA, au Département de l'Environnement de la Principauté (DEUC) et chez les Sapeurs-Pompiers de Monaco. Il a pour principal objectif de permettre à la Principauté d'adopter, en se basant sur les faits connus et reconnus, une politique de l'environnement prudente et indépendante.

## LES BESOINS ÉNERGÉTIQUES DU 21<sup>ème</sup> SIÈCLE

*Conventions internationales: Convention OPEC. Protocole Kyoto, 1997, pour réduire les émissions nettes mondiales de certains gaz à effets de serre ; entrée en vigueur le 16 février 2005, (non ratifié par les Etats-Unies d'Amérique et la Chine; ratification par Monaco annoncée).*

**Question:** Nos besoins énergétiques à moyen terme seront-ils assurés?

**Réponse:** Pas vraiment.



**Fig. 1.** Evolution de la production mondiale de pétrole brut basée sur l'estimation officielle publiée par l'Administration Américaine de l'Information sur l'Énergie (EIA).<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EIA, EI30, 1000 Independence Av., SW, Washington DC 20585, [www.eia.doe.gov/pub/oil](http://www.eia.doe.gov/pub/oil)

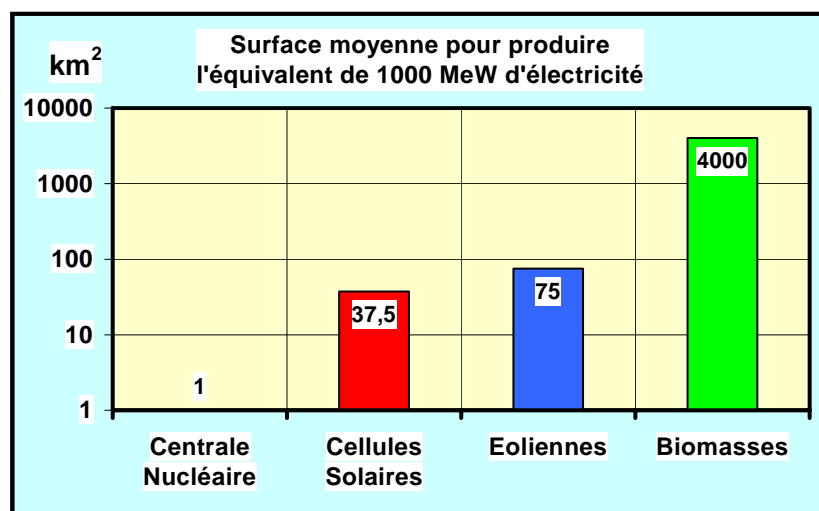
### Faits:

- Des raisons politiques et économiques sont probablement responsables du maintien du public dans l'ignorance de l'épuisement prévu des combustibles pétroliers et sur l'incertitude des réserves d'uranium pour l'énergie nucléaire. La courbe de la production mondiale du pétrole pour le 21<sup>ème</sup> siècle (**Fig. 1**) montre à l'évidence qu'à partir de 2030 la production mondiale va décliner en raison de l'épuisement des ressources. Il en résultera de très grandes tensions économiques et politiques. L'absence de ratification du Protocole de Kyoto par les USA n'est pas vraiment illogique, si l'on considère que le problème sera en partie résolu de toute façon au cours de ce siècle quand les puits de pétrole seront épuisés.<sup>2</sup>
- Pour éviter ces tensions le recours à d'autres ressources d'énergie est possible (**Tableau 1**), mais leur utilisation nécessite des recherches et le développement des produits ce qui prendra du temps.

### Conséquences:

- Il devient de plus en plus urgent de développer de nouvelles sources d'énergie comme des combustibles non-fossiles. Les centrales hydrauliques et de l'énergie nucléaire n'étant plus suffisant pour couvrir les besoins mondiaux.

Les goudrons de schistes pourraient être les prochaines ressources de combustible, car leurs réserves sont beaucoup plus importantes que celles du pétrole. L'utilisation de cette ressource, augmentera encore l'effet de serre jusqu'à des niveaux inacceptables. De plus, la technologie pour l'exploitation des goudrons de schistes, exige d'une part beaucoup d'énergie (extraction du schiste, son broyage, la libération du goudron en chauffant à 450 °C et l'adjonction d'hydrogène) et d'autre part, la gestion de quantités énormes de déchets. La tentative d'exploitation dans les années 1970 d'un des dépôts de schiste les plus riches des Etats-Unies a coûté plusieurs milliards de dollar et a échoué.



**Fig. 2.** Surfaces occupées par les producteurs de « l'énergie verte » par rapport à un 1000 MW Centrale électrique Nucléaire.<sup>3</sup>

Les « énergies vertes » basées sur l'utilisation de l'hydrogène, les éoliennes, les cellules photovoltaïques et la production de biomasse n'ont pas encore réussi à être compétitives sur le marché. Leur utilisation comporte également des limites.

Par exemple, l'énergie produite par une centrale nucléaire de 1000 Méga Watt électrique (**Fig. 2**) peut aussi être obtenue par 25-50 km<sup>2</sup> de cellules photovoltaïques, 50-100 km<sup>2</sup> de surface couverte par des éoliennes et 3000-5000 km<sup>2</sup> de plantation pour la production de biomasse. Les besoins actuels mondiaux en énergie exprimés en équivalent d'énergie électrique (15.400 TWh<sup>4</sup> en 2000 et 20.000 TWh en 2010) exigeraient donc 75 mille km<sup>2</sup> de cellules photovoltaï-

<sup>2</sup> World Energy Council, [www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org) 2004, 5<sup>th</sup> floor Regency House, 1-4 Warwick Street, London.

<sup>3</sup> Hans Blix, 1999, Environment, nuclear energy and public perception. In: Environment and Nuclear Energy. Proc. Int. Conference on Environment and Nuclear Energy. Plenum Press, New York, p. 225-230.

<sup>4</sup> TWh = 10<sup>12</sup> Wattheure

ques, 170 mille km<sup>2</sup> de parcs d'éoliennes ou 9 million km<sup>2</sup> de plantation pour la production de biomasse. Si on suppose que les parcs d'éoliennes sont composés d'un à trois rangées de moulins séparés de 1 km, ces parcs s'étaleraient sur une longueur de 200 mille km soit cinq fois le tour du monde. On parle beaucoup de l'utilisation de l'hydrogène, des piles à combustible et des systèmes hybrides qui sont encore peu commercialisés (**Tableau 2**). Il n'est cependant ici question que de ressources d'énergies secondaires, puisque l'on a besoin d'énergies primaires pour obtenir l'hydrogène ou alimenter les piles.

**Tableau 1.** Tableau décrivant les sources d'énergie primaire. Pour chaque source est indiqué le pourcentage actuel et prévisible des besoins énergétiques mondiaux, la durée d'exploitation probable ainsi que les conditions et les problèmes liés à leur utilisation.<sup>5</sup>

Ressources d'énergie	% de couverture des besoins mondiaux d'électricité en 2010 <sup>6</sup>	Disponibilité de la ressource	Conditions et problèmes d'exploitation
Charbon	36%	Quelques siècles	Garanti, mais nombreuses victimes probables et accroissement de l'effet de serre
Huile brute	7%	Terminée au 21 <sup>ème</sup> siècle	Augmentation des tensions économiques et politiques
Goudron de schiste, bitume et huile extra lourd	<5% Localisé en Estonie et Canada	Plusieurs siècles	Trop cher (450 °C, Hydrogène, Eau et beaucoup de déchets) et accroissement de l'effet de serre
Gaz naturel	25% en expansion	Plusieurs siècles	Beaucoup de possibilités, mais Effet de Serre
Uranium		Fin pas encore prévisible au 21 <sup>ème</sup> siècle	Les ressources du sous-sol à rechercher et à exploiter
Centrales nucléaires de fission ( <b>Fig. 3</b> )	17%	Stagnation à 441 Centrales nucléaires pendant le 21 <sup>ème</sup> siècle	Gestion des déchets radioactifs de haut niveau d'activité
Centrales nucléaires de fusion	En développement	Un projet international entre la Chine, le Japon, la Corée du Sud, la Russie, les Etats Unies et l'Union Européenne, appelée ITER <sup>7</sup> (mot latin pour 'The Way') à Cadarache. La première centrale expérimentale de 500 MW est envisagée vers 2015.	Pas de déchets radioactifs ; production d'hélium << 6x10 <sup>-6</sup> % par an de la teneur en hélium de l'atmosphère
Centrales	16%	Encore des sites à ins-	Modification des écosystèmes flu-

<sup>5</sup> Après: World Energy Council, 2004, voir note 2.

<sup>6</sup> IAEA, 2004. Energising the future. IAEA Bull. 46, No. 1, p. 10.

<sup>7</sup> ITER a été initié en 1985 par les Etats Unies, l'URSS, le Japon et l'UE. Les Etats Unies avaient décrochés en 1998, mais ont signé le contrat avec les autres partenaires le 28 juin 2005.

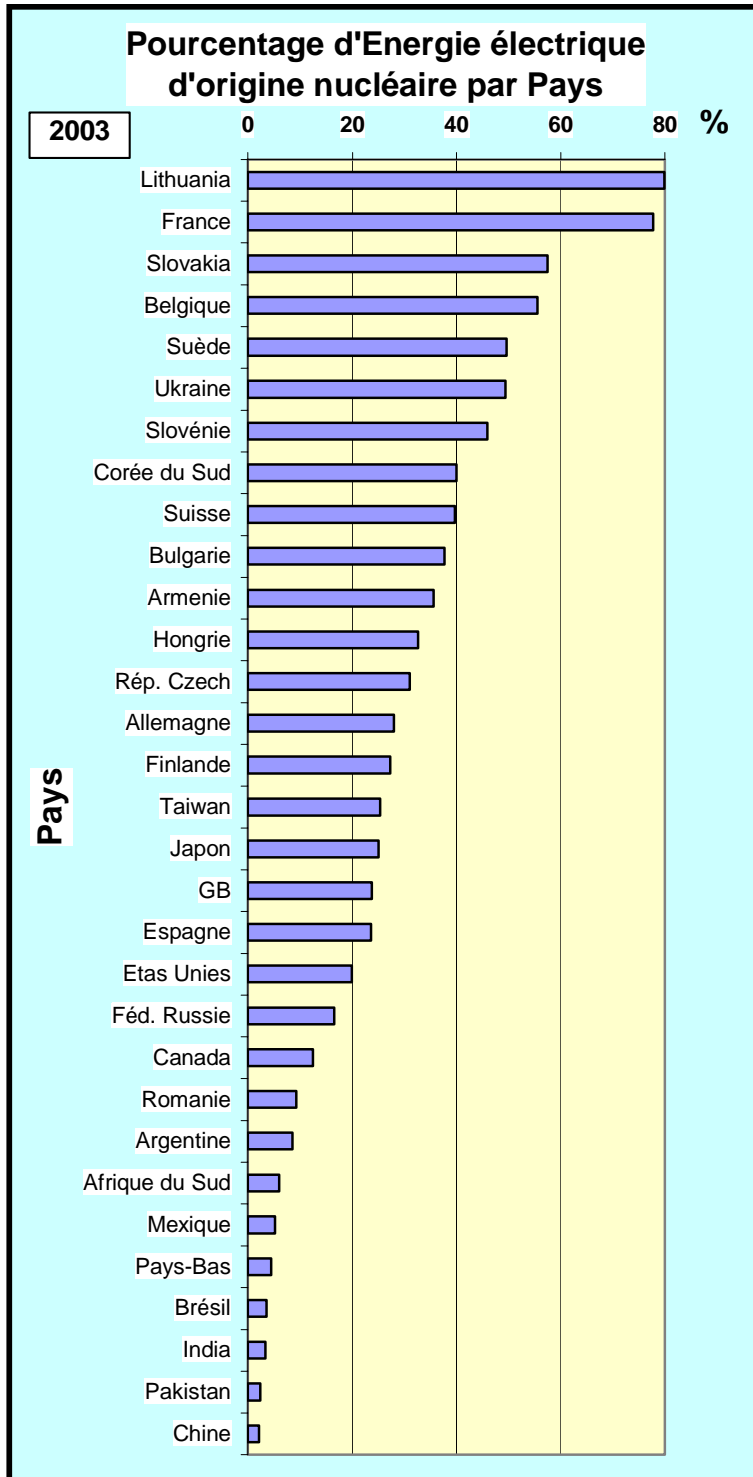


hydrauliques		taller dans le monde	viaux et régression des deltas.
Tourbe	Seulement dans les régions Arctiques	Limité	Chauffage direct dans peu de régions
Bois	Négligeable	Limité	Danger de surexploitation et d'érosion des sols en absence de reboisement
Biomasse	Négligeable	<b>Grandes</b> possibilités pour alimenter des moteurs à la place des combustibles fossiles	Exige cependant de grandes surfaces ( <b>Fig. 2</b> )
Panneaux solaires	En développement	Possibilités sans limite	Exige cependant de grandes surfaces et de nouvelles technologies
Énergie géothermique	Islande principalement	Limité à certaines régions	Seulement dans les régions volcaniques
Eoliennes	Jusqu'à 20%	Evolution rapide jusqu'à ses limites	Exige grandes surfaces et des moyens de stockage d'électricité
Énergie de la marée	France	Limité à certaines régions	Limité à quelques régions à grandes marées
Énergie des vagues	Aucune	Pas bien développé	Techniquement trop difficile
Énergie Thermique des Océans	Aucune	Contestable	Techniquement trop difficile
Energie des courants marins	Aucune	Contestable	Techniquement trop difficile

**Tableau 2.** Les ressources d'énergie secondaires.<sup>8</sup>

<b>Ressources d'énergie</b>	<b>Disponibilité (à partir des ressources primaires)</b>	<b>Exploitations, possibilités et problèmes</b>
Hydrogène comme combustible	En développement. Décomposition électrique de l'eau entre 700 et 900 °C	Stockage à haute pression (hydrogène liquide), ou dans des matières poreuses
Cellules combustibles de ❖ l'hydrogène ❖ biomasse ❖ méthanol ❖ l'oxyde solide	Peuvent remplacer les systèmes de combustion actuels. Conversion directe des « hydrocarbures verts » en électricité	Matières d'électro-catalyseurs
Systèmes hybrides électriques	Utilise des supercondensateurs et des cellules à combustible	Déjà appliqué à l'automobile

<sup>8</sup> Commission Européenne, 2004. European hydrogen and fuel cell projects. DG Research, EUR 21241, 72 pp.



**Fig. 3.** Pourcentage d'électricité produite par les centrales nucléaires par pays.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> IAEA, 2004. Energising the future; the power of innovation. IAEA Bull., 46, No. 1, p. 7.

## CHANGEMENTS ATMOSPHERIQUES

### ❖ Réserves mondiales en Oxygène<sup>10</sup>

**Conventions internationales:** *Aucune*

**Question:** Le stock d'oxygène atmosphérique pourra-t-il être épuisé par la consommation des combustibles fossiles?

**Réponse:** Non

**Faits:**

- L'atmosphère contient  $1,2 \times 10^{15}$  tonnes d'oxygène (O<sub>2</sub>).
- Le contenu en oxygène de 20,946 volume % est d'une stabilité étonnante. Par exemple dans une pièce fermée de 50 m<sup>3</sup>, dans laquelle 10 personnes respirent normalement pendant 10 heures, il y a encore 18 % en volume d'oxygène. Le problème respiratoire concerne uniquement la teneur atteinte en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) qui augmentera d'un facteur 110 et déclenchera chez les personnes une hyper ventilation.
- La combustion de toute la biomasse et l'humus terrestre ne réduira la teneur atmosphérique de l'oxygène qu'à seulement 20,846 % en volume, et la combustion de toutes les réserves de pétrole connues (estimé en 2000 entre 4 et  $6 \times 10^{11}$  tonnes)<sup>11</sup> la réduira à 20,0% en volume.

**Conséquences:** *Aucunes* pour nos besoins en oxygène.

### ❖ Dioxyde de carbone

**Conventions internationales:** *Protocole Kyoto, 1997, pour réduire les émissions nettes mondiales de certains gaz à effet de serre ; entré en vigueur le 16 février 2005.*

**Question:** Est-ce que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) augmentera dans l'atmosphère et quelles en seront les conséquences?

**Réponse:** Oui et certaines des conséquences seront irréversibles, (ou lentement réversibles).

**Faits:**

- Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de l'atmosphère a augmenté entre 1930 et 2000 de 0,028 % en volume à 0,036 % en volume. Une augmentation jusqu'à 0,4 % en volume est à craindre après l'épuisement des combustibles pétroliers.
- L'utilisation des combustibles fossiles et les feux de végétation contribuent actuellement pour 39% à l'augmentation de (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère. De cette augmentation 31% du CO<sub>2</sub> est recyclé par la végétation et 30% peuvent être absorbés par les océans.<sup>12</sup>
- Il faudra au moins mille années pour atteindre l'équilibre entre le CO<sub>2</sub> atmosphérique et celui des océans profonds, en raison de la lenteur de la circulation interne des océans. Cependant, cela ne ramènera pas le CO<sub>2</sub> atmosphérique en dessous de 0,3 % en volume.
- Le stockage du surplus de CO<sub>2</sub> n'est seulement possible que par l'augmentation de la formation de structures calcaires (squelettes) ainsi que du stockage de l'humus sur terre et dans les sédiments océaniques. L'accroissement de la production d'humus n'est pas envisageable, parce qu'elle nécessite une fertilisation complémentaire permanente par les nitrates et les phosphates sur terre et dans les océans.

**Conséquences:**

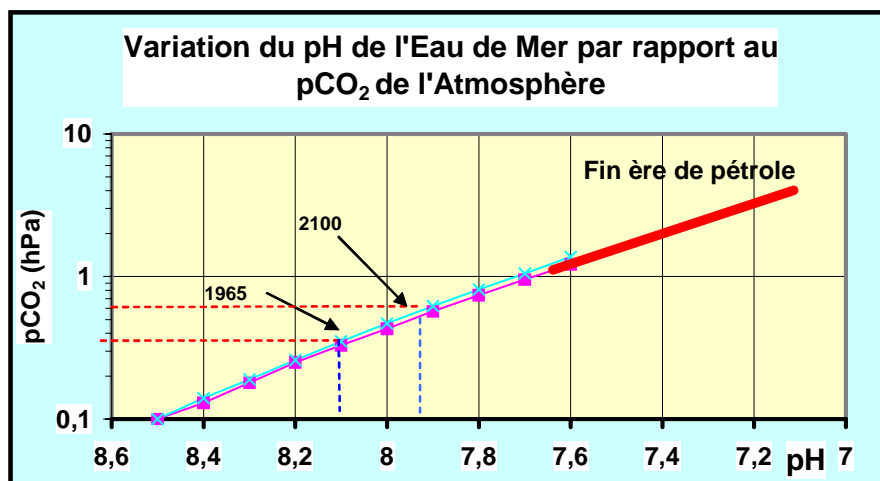
- **Effets de Serre.** Le double effet de serre dû à l'augmentation du rayonnement infrarouge capturé par l'atmosphère continuera à se développer (cf. Changement du Climat) et restera irréversible pendant les prochains millénaires.

---

<sup>10</sup> Duursma, E.K. and M. Boisson, 1994. Global oceanic and atmospheric oxygen stability considered in relation to the carbon cycle and to different time scales. *Oceanologica Acta*, 17, 117-141.

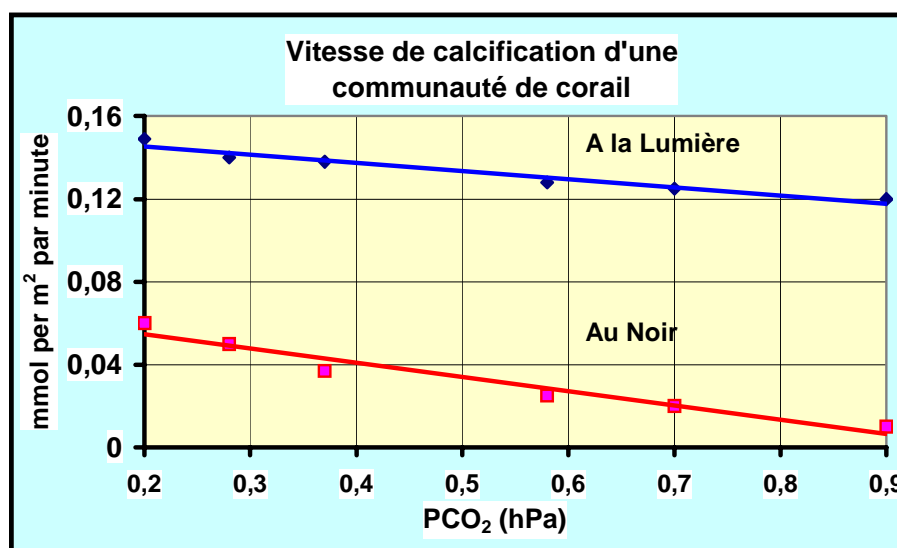
<sup>11</sup> John Wood & Gar Long, 2000. Long term World Oil supply. [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov)

<sup>12</sup> Ibid note 10.



**Fig. 4.** Corrélation entre la pCO<sub>2</sub> atmosphérique et le pH de l'eau de mer pour des températures de 0 et 15 °C. Le chiffre de 1965 est basé sur une pCO<sub>2</sub> = 0,3 hPa (mBar). Pour l'année 2100 les pCO<sub>2</sub> se seront élevées approximativement de 0,3 hPa et le pH baissé de 0,3 unités.<sup>13</sup>

- **Acidification des océans.** Une augmentation de l'acidité (baisse de pH)<sup>14</sup> des océans est à prévoir. Si toutes les réserves de combustibles fossiles sont brûlées le pH diminuera de 8,1 à 7,1 (Fig.4).
- **Réduction de la calcification dans les océans.** L'acidification des océans perturbera de plus en plus la calcification des récifs coralliens et du plancton calcaire (Fig. 5 & 6).

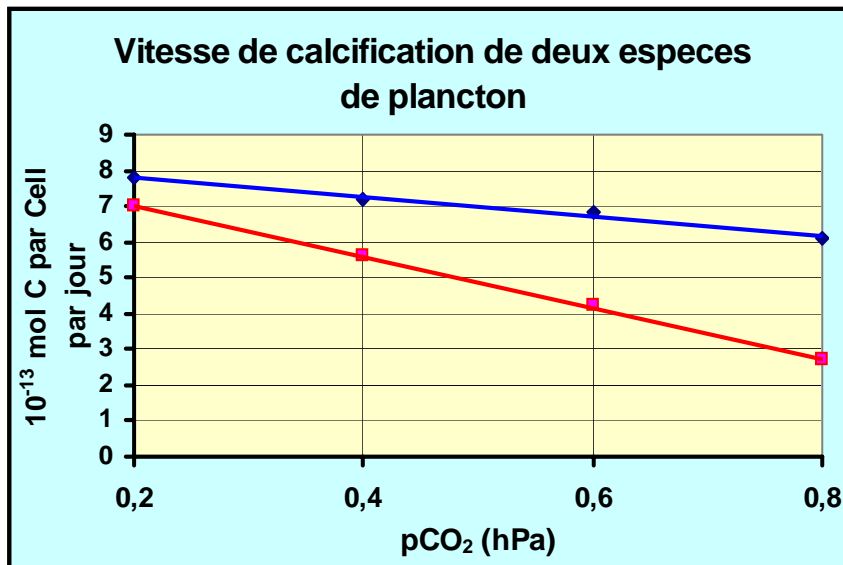


**Fig. 5.** L'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et les océans produit une réduction de la calcification des récifs coralliens : à la lumière -14% par 100 µatm. Dans l'obscurité: -2,8% par 100 µatm (1 µatm = 10<sup>-3</sup> hPa; hPa = hectoPascal).<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Duursma E.K. and Carroll, J., 1996, Environmental Compartments; equilibria and assessment of processes between air, water, sediments and biota. Springer Verlag, Heidelberg, 277 pp.

<sup>14</sup> Degré de l'acidité (pH = 7 est neutre).

<sup>15</sup> Leclercq, N., Gattuso, J-P., & Jaubert J., 2000. CO<sub>2</sub> partial pressure controls the calcification rate of a coral community. Global Change Biology, 6, 329-334. Gattuso, J-P., Allemand, D. & Frankignoulle, M. 1999. Photosynthesis and calcification at cellular, organismal and community levels in coral reefs: A review. Amer. Zool., 39, 160-183.



**Fig. 6.** Le phénomène concerne aussi le phyto-plancton calcaire *Emiliani huxleyi* (bleu): -3,5% à 100  $\mu$ atm; *Geophyrocapsa oceanica* (rouge): -10,7% à 100  $\mu$ atm.<sup>16</sup>

## CHANGEMENTS DU CLIMAT

### ❖ Le double effet de Serre<sup>17</sup>

**Question:** Quelle est la raison de l'augmentation de l'effet de serre, quelles en seront sa durée et ses conséquences?

**Réponse: Oui,** en particulier comme un double effet de serre sur les extrêmes du climat et un changement possible du climat en Europe de l'ouest.

#### Faits:

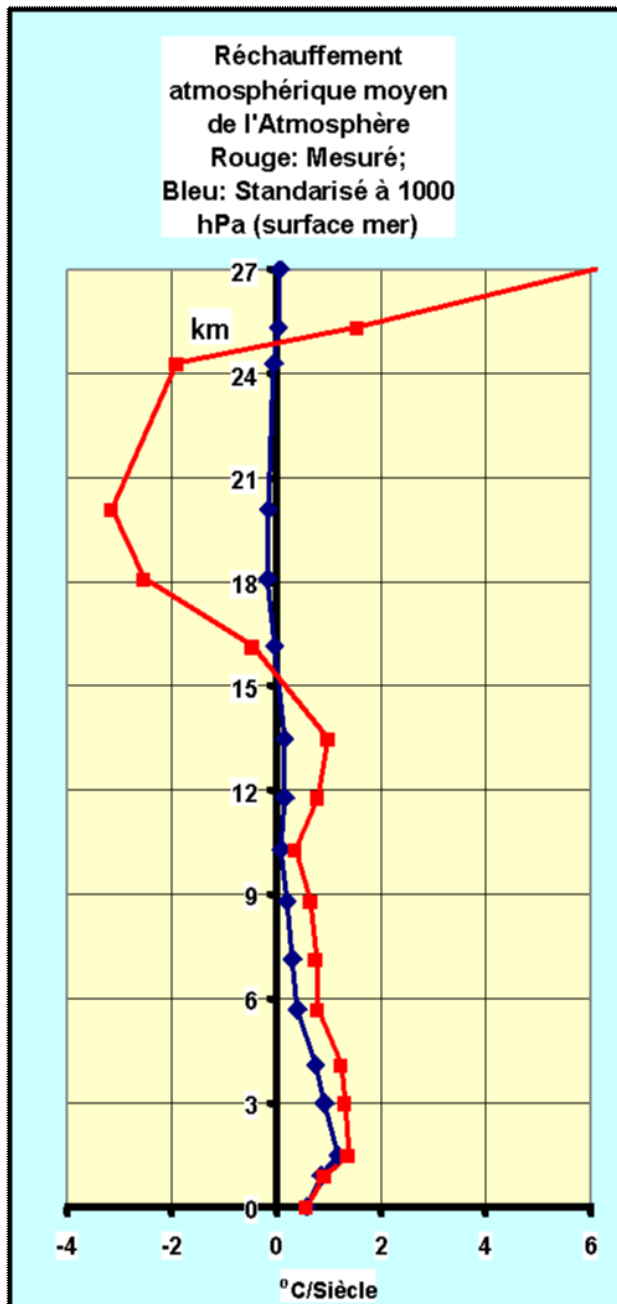
- Il existe dans l'atmosphère un double effet de serre (réchauffement de l'atmosphère). Le premier dans les couches inférieures qui capturent la radiation infrarouge reflétée par la surface de la terre. Il augmente en raison de l'augmentation des teneurs de cette couche en CO<sub>2</sub>. Le second au-dessus de la stratosphère par capture du rayonnement infrarouge provenant directement du soleil. Le rayonnement solaire étant plutôt stable depuis quelques siècles, le réchauffement à la surface de la terre et au-dessus de la stratosphère a comme conséquence un refroidissement de la stratosphère.
- Le réchauffement de l'atmosphère calculé à partir des données de température de la colonne d'air de 27 km de haut, relevées à 75 stations réparties du nord au sud entre Svalbard (Spitzberg) et l'Antarctique depuis 1948 est en moyenne de 0,34 °C par siècle (**Fig. 7**). Si on le compare à la radiation solaire reçue par la terre qui est approximativement de 300 Watt/m<sup>2</sup>, ce réchauffement est en moyenne de + 0,3% par siècle
- Le réchauffement suivant la région des diverses couches atmosphériques est compris entre - 3,5 et +35 °C par siècle (données non corrigées) - cette dernière valeur au dessus de l'Antarctique dans une couche au dessus de la stratosphère,- où entre -1,7 et +5 °C par siècle (données corrigées à la surface de la terre). La tendance de la température corrigée correspond au changement de température d'un volume d'air égal à 1000 hPa de pression.<sup>18</sup> En général l'atmosphère est plus réchauffée dans la troposphère entre 500 à 2000 m d'altitude et plus refroidie dans la

<sup>16</sup> Rebesell, U., Zondervan, I., Rost, B., Tortell, P.D., Zeebe, R.E. & Morel, F.M.M., 2000. Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO<sub>2</sub>. Nature, 407, 364-367.

<sup>17</sup> Duursma, E.K., 2003: Rainfall, River Flow and Temperature profile trends; consequences for water resources. 3<sup>rd</sup> World Water Forum, Kyoto, Japan. 32 pp + CD-Rom.

<sup>18</sup> Par exemple: La même quantité de calories est exigé pour chauffer de 35 °C pour 1 m<sup>3</sup> d'air à 10 hPa (hectoPascal à 27 km altitude) que de 0,35 °C pour 1 m<sup>3</sup> de d'air à 1000 hPa (à la surface de la terre).

stratosphère entre 16 et 24 km. L'augmentation de la différence de tendance de température entre la troposphère et la stratosphère est de 1,4 °C par Siècle (standardisée au niveau de la mer).



**Fig. 7. Moyenne mondiale** du réchauffement en °C/Siècle des 27 km de hauteur de l'atmosphère, calculé à partir des relevés de températures à 75 stations réparties du Nord au Sud sur tous les continents entre le Spitzberg (Svalbard) et l'Antarctique depuis 1948

**Moyenne mondiale :**  
(Standardisée): 0,34 °C/Siècle.

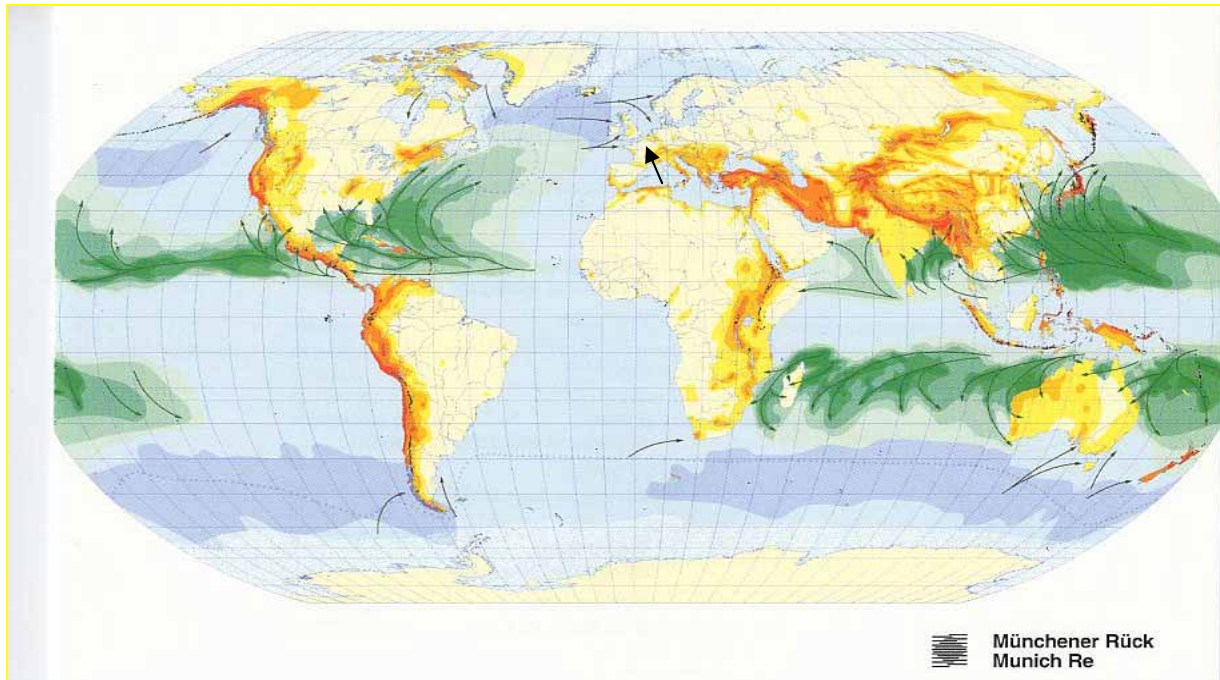
**Conséquences:**

- Ce refroidissement de la stratosphère et cet échauffement de la troposphère augmenteront l'instabilité de la densité de l'atmosphère. Cette augmentation de l'instabilité aura donc des conséquences météorologiques, orages et ouragans par exemple, encore plus graves pour les régions (**Fig. 8**) déjà considérées à risque.

- Un paradoxe de ce réchauffement pourra affecter le climat de l'ouest de l'Europe qui passera d'un climat maritime à un climat plus continental. Cette situation a déjà été observée de 1450 à la fin du 18e siècle (période des petits âges glaciaires). Le réchauffement de la surface des mers polaires et la fonte des glaces du Groenland diminuent la densité de l'eau de mer de surface.

Ce changement de densité réduira ou limitera la descente hivernale de ces eaux froides de surface qui forment les eaux profondes des océans. En conséquence, la branche nord du Gulf Stream, qui remplace ces eaux superficielles en raison de leur plongée, sera ralentie comme toute la Grande Boucle des courants profonds. Le réchauffement de l'ouest de l'Europe par la branche nord du Gulf Stream sera donc réduit.

cielles en raison de leur plongée, sera ralentie comme toute la Grande Boucle des courants profonds. Le réchauffement de l'ouest de l'Europe par la branche nord du Gulf Stream sera donc réduit.



**Fig. 8.** Régions à risque (**régions vertes** et **flèches**) où les variations extrêmes de climat seront plus fréquentes. Permission obtenue de reproduire la figure par München Re.

#### ❖ Pluviosité et débit des rivières

**Question:** La pluviosité et le débit des rivières vont-ils ou seront-ils modifiés par l'augmentation des effets de serre?

**Réponse: Oui**, mais seulement localement pour les valeurs de pluviosité extrêmes. Les compagnies d'assurances prennent déjà cette situation en considération.

**Non**, pour les tendances globales annuelles de la pluviosité et des débits des rivières.

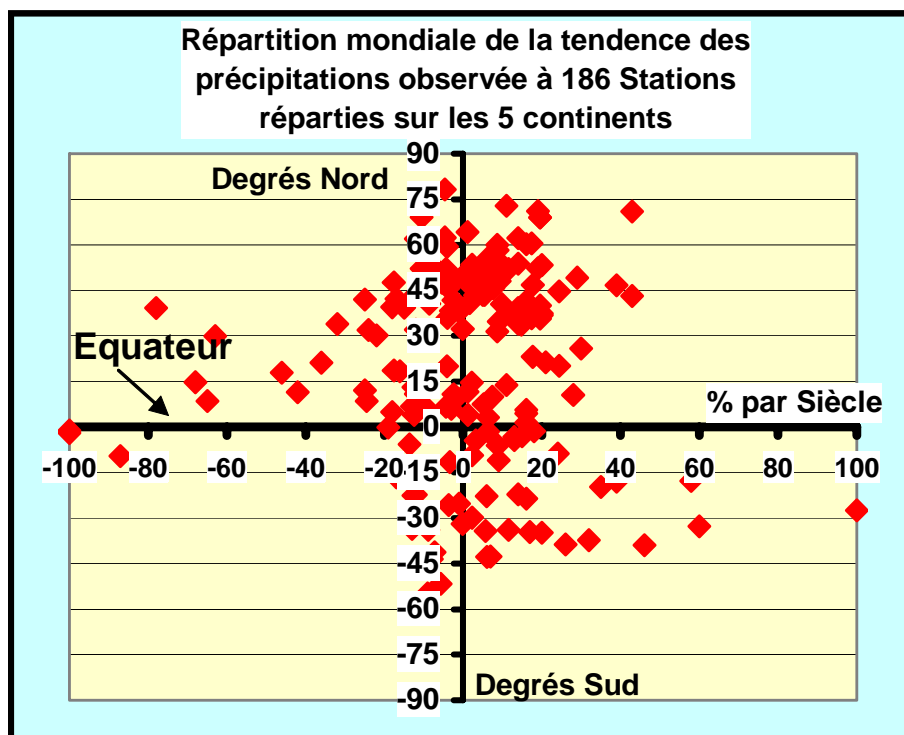
**Faits:**

- De grandes différences régionales dans la pluviosité et le débit des rivières ont été observées, certaines il y a plus de trois siècles, avec des écarts atteignant  $-75\%/Siècle$  à  $+60\%/Siècle$ , comme le montre les mesures faites à 186 stations réparties sur les cinq continents (**Fig. 9**).<sup>19</sup>

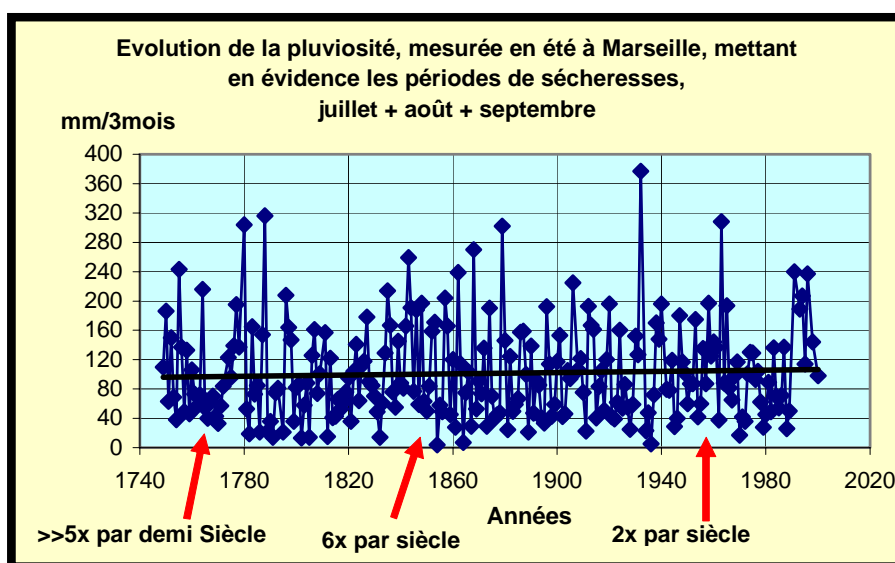
**Conséquences:**

- **Tendances.** En général ces tendances n'ont pas été modifiées par l'augmentation de l'effet de serre en 1900. Ainsi, par exemple, la tendance à la désertification n'est pas dans tous les cas due au réchauffement de la planète. Même la canicule de 2003 en France ne permet pas de conclure à un changement de tendance. Elle ne se reproduira pas forcément au 21<sup>ème</sup> siècle, puisque par exemple à Marseille la fréquence des périodes sèches de juillet à septembre a diminué du 18<sup>ème</sup> au 20<sup>ème</sup> siècle (**Fig. 10**).

<sup>19</sup> Duursma, E.K., 2003. Rainfall, River Flow and Temperature profile trends; consequences for water resources. 3<sup>rd</sup> World Water Forum, Kyoto, Japan. (Eds: P.W. van Oeveren, Th. A. de Man, S.W. Montijn) 32 pp + CD-Rom.



**Fig. 9.** Répartition mondiale de la tendance des précipitations au cours des siècles du Nord au Sud (sur les 5 continents) basée sur les relevés de pluie à 186 stations. Les plus anciens relevés datent de 1707.



**Fig. 10.** On ne peut pas conclure de la canicule de 2003 que l'effet de serre donnera au 21<sup>ème</sup> Siècle plus de canicules. Depuis l'époque du Roi Louis XV (1740) le nombre de canicules (avec pluie << 20 mm) en été a plutôt diminué.

- **Ressources en eau.** La prévision jusqu'en 2030 des besoins mondiaux en eau est estimée à +80% par siècle, alors que la pluviosité sur les continents n'augmente pas de plus de 8%.<sup>20</sup> (Les données des 186 stations continentales montrent seulement une augmentation de 1,2% par siècle). Donc, l'inquiétude du 3<sup>ème</sup> Forum Mondial de l'Eau de Kyoto, 2003 est tout à fait justifiée.<sup>21</sup>

<sup>20</sup> Semenov, V. and Bengtson, L., 2000. Secular trends in daily precipitation characteristics: greenhouse gas simulation with a coupled AOGCM. Report 131. Max Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg.

<sup>21</sup> Source: Zebedi, H., (ed.), 1998. Water, a looming crisis. UNESCO-IHP-V, No. 18, p. 10.



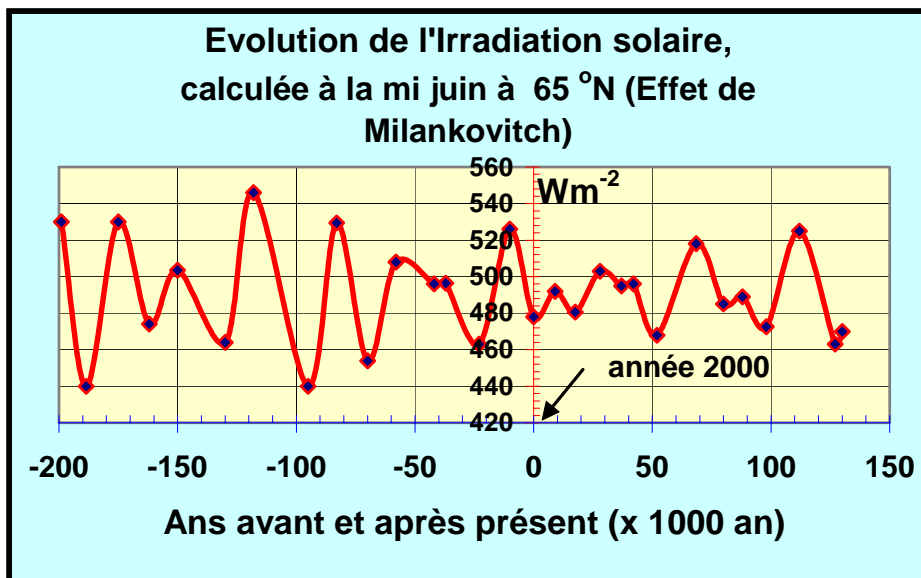
### ❖ Périodes glaciaires

**Question:** Est-ce qu'il y aura une nouvelle période Glaciaire?

**Réponse:** Non, pas dans le prochain millénaire.

**Faits:**

- Au cours du dernier million d'années se sont succédées des périodes glaciaires de 90.000 années suivies de périodes interglaciaires plus chaudes de 10.000 années.
- Nous sommes actuellement dans une période interglaciaire (*Holocène*) qui dure déjà depuis plus de 10.000 ans. Cependant, le changement de cette période chaude interglaciaire vers une période glaciaire n'est pas évident.



**Fig. 11.** Variations du rayonnement solaire reçu par l'atmosphère à 65 ° de latitude Nord à la mi-juin,<sup>22</sup> en raison de l'effet décrit par Milankovitch.

**Conséquences:**

- Les prévisions sur l'intensité du rayonnement solaire pour les 50.000 prochaines années indiquent des variations moins importantes que pendant les 50.000 années passées (**Fig. 11**).
- Donc, compte tenu du réchauffement attendu en raison de l'augmentation de l'effet de serre, tout changement de température qui résulterait des cycles glaciaire-interglaciaires ne pourra pas être identifié au cours du prochain millénaire.

## POLLUANTS MONDIAUX ET RÉGIONAUX

### ❖ Trous d'Ozone dans la stratosphère

**Conventions internationales:** *Montréal Protocole 1985: Accord international sur la prohibition de la production et de l'usage de produits chimiques halogènes, détruisant l'ozone (ODPs), principalement le Fréon (C.F.C.)*<sup>23</sup>

**Question:** Est-ce que la destruction de l'ozone dans la stratosphère se poursuivra?

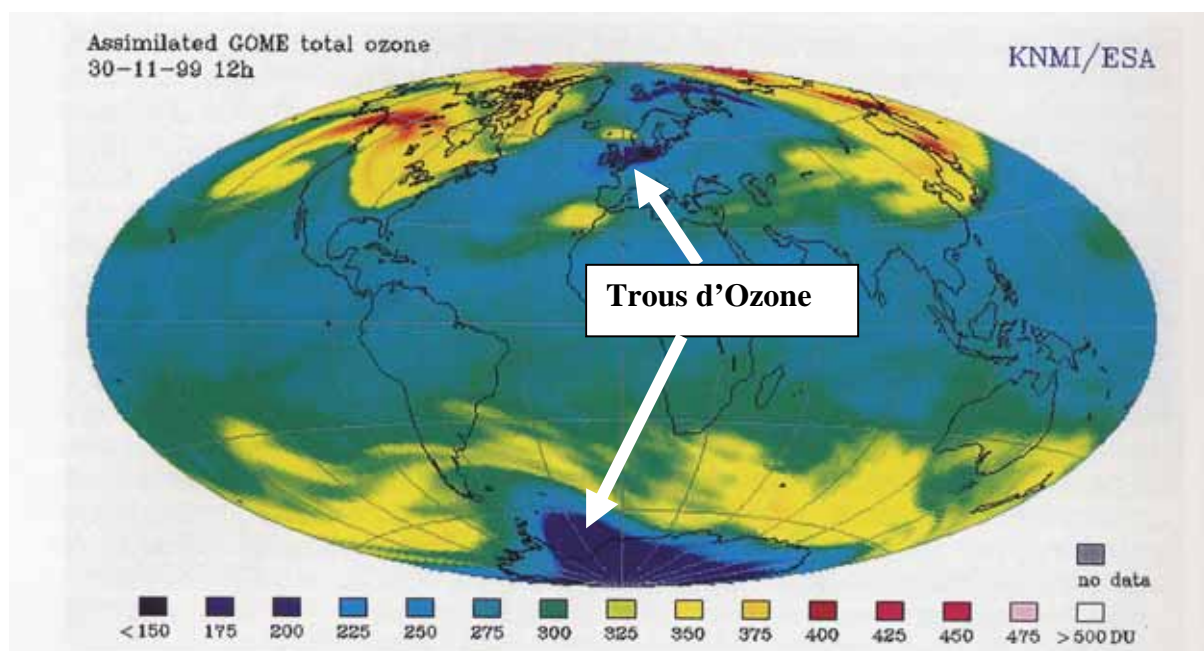
<sup>22</sup> Loutre, M.F. and Berger, A., 2000. Future climatic changes: are we entering an exceptionally long interglacial? *Climatic Change*, 46, 61-90.

<sup>23</sup> Le Protocole de Montréal exige que mondialement ces substances soient remplacées par des composés carbone, fluor et chlore (C.F.C.) qui contiennent moins de chlore et plus de fluor. La cessation de la production des C.F.C. a été acceptée par les pays développés et par les pays en développement avec un certain délai.

**Réponse: Oui**, au moins pendant ce siècle avec des conséquences sur l'intensité des radiations UV reçues à la surface de la terre.

**Faits:**

- Les 8 million de tonnes de produits chimiques halogénés principalement les chloro-fluoro-carbones (C.F.C.) relâchés dans l'atmosphère depuis 1940 sont à l'origine de la destruction de l'ozone stratosphérique et créent ce que l'on appelle les « trous d'ozone ».
- Entre 15 et 20 km d'altitude, le trou d'ozone au dessus de l'Antarctique peut atteindre une dimension comparable à la superficie de l'Australie. En effet, 1 atome de chlore de C.F.C. peut catalyser la destruction de 500.000 molécules d'ozone, c'est ainsi que la couche d'ozone s'épuise au printemps quand les C.F.C. attachés aux nuages gelés sont libérés.
- Depuis 1980 une augmentation du rayonnement UV-B a été observée à la "Junfraujoch" 3576 m<sup>24</sup> en relation avec une baisse de l'ozone total à Arosa, Suisse (1850 m) entre 1926 et 1997.<sup>25</sup> Depuis cette date le niveau de l'UV-B s'est stabilisé.<sup>26</sup>



**Fig. 12.** Trous d'ozone au dessus de l'Antarctique et de l'Europe ouest (**régions bleu**) le 20 novembre 1999. Figure reproduite avec la permission de l'Agence Spatial Européenne (ESA).

- Les C.F.C. de l'atmosphère disparaîtront progressivement au cours des 21<sup>ème</sup> et 22<sup>ème</sup> siècles.
- Les trous d'ozone stratosphériques apparaissent au printemps principalement au-dessus de l'Antarctique et quelquefois au-dessus de l'Arctique et de l'Europe (**Fig. 12**).

**Conséquences:**

• **Irradiation UV et santé humaine**

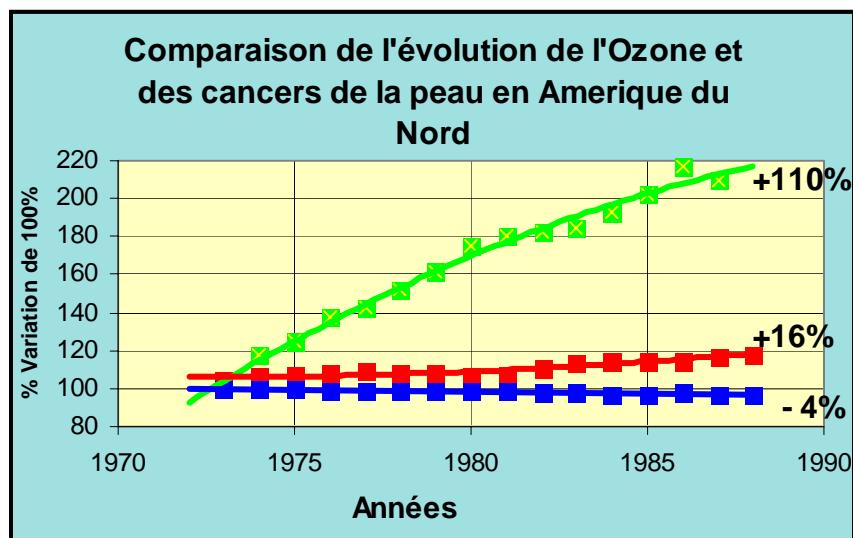
Bien que les dermatologues ont observé une augmentation des cancers de la peau dû au mélanome pendant les dernières décennies, en particulier chez les habitants des climats modérés, il est difficile de corréler cette augmentation avec la réduction de l'ozone stratosphérique que, de plus, l'on ne peut pas bien quantifier. L'accroissement du tourisme balnéaire conduit aussi à une plus grande utilisation et une meilleure application des crèmes de protection ce qui devrait dimi-

<sup>24</sup> Ambach, W. and Blumthaler, 1991. Further increase in Ultraviolet B. The lancet, 388 & 393.

<sup>25</sup> Après Dr. J. Staehelin, Institute of Atmospheric Sciences, Zurich, Switzerland.

<sup>26</sup> Blumthaler, M., 2005, communication personnelle.

nuer les risques de cancer. En Amérique du Nord cependant le cancer de la peau a augmenté de 110% entre 1972 et 1988, beaucoup plus que ce qui pouvait être attendu de l'exposition aux radiations UV-B solaires additionnelles (**Fig. 13**).



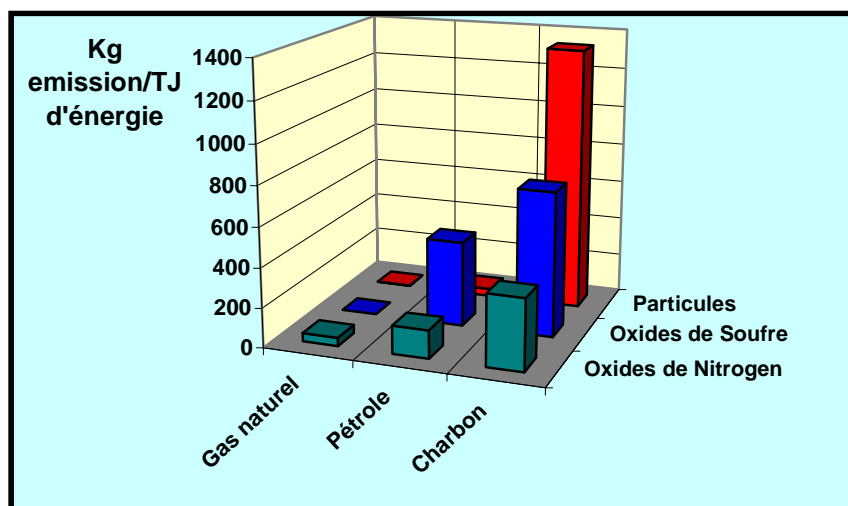
**Fig. 13.** Evolution du nombre de cancer de la peau observé (**vert**) par rapport à celui prévu (**rouge**) en raison de la réduction de la couche d'ozone (**bleu**).<sup>27</sup>

❖ **Ozone troposphérique et pollution de l'air**

**Conventions internationales:** *Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POP): entrée en vigueur le 17 mai 2001.*

**Question:** La couche inférieure de la troposphère est-elle de plus en plus contaminée?

**Réponse:** Oui, la pollution atmosphérique est très inquiétante. Beaucoup de mesures ont été prises, mais des niveaux élevés de pollution persistent en particulier lors de conditions climatiques particulières et dans les régions fortement peuplées.



**Fig. 14.** Degré de pollution par les oxydes de l'Azote, les oxydes du soufre et les particules pour 3 combustibles fossiles conventionnels.<sup>28</sup> (TJ = Tetra Joules)

<sup>27</sup> Kane, R.P., 1998. Ozone depletion, related UV-B changes and increased skin cancer incidence. *Int. J. Climatol.*, 18, 457-472.

<sup>28</sup> Marmentauc, C., 2004. Conférence du Service de l'Environnement de Monaco.

**Faits:**

Sous certaines conditions climatiques, les grandes agglomérations urbaines souffrent à des degrés divers de pollution de l'air, causée par l'utilisation des combustibles fossiles (**Fig. 14**) qui libèrent:

- Oxydes d'azote habituellement mentionnés comme NO<sub>x</sub>
- Oxydes du soufre, en particulier SO<sub>2</sub>
- Monoxyde de carbone (CO), produit par la combustion incomplète
- Formation d'ozone (O<sub>3</sub>) par action des ultra-violets catalysée par le NO<sub>x</sub>, sur ces gaz
- Particules en suspensions (PES)

**Conséquences:**

- Les conséquences de l'inhalation de ces produits sont de nature respiratoire, (\*) tel que toux, migraines, irritations oculaires pour l'ozone, (\*) oedèmes pulmonaires pour les oxydes de soufre, (\*) maladies respiratoires chroniques pour les oxydes de l'azote (**Tableau 3**) et (\*) empoisonnement par le monoxyde de carbone.

**Tableau 3.** Résultats d'une étude épidémiologique faite à Paris.<sup>29</sup>

<b>NO<sub>2</sub> passe de 22 à 122 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>O<sub>3</sub> passe de 3 à 103 µg/m<sup>3</sup></b>
+ 17% d'hospitalisations pour Asthme + 63 % de visites médicales pour Asthme + 20% d'arrêt de travail	+ 20% d'hospitalisations de personnes âgées pour maladies respiratoires chroniques + 25% de visites à domiciles pour maladies respiratoires chez les enfants
<b>SO<sub>2</sub> passe de 7 à 106 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>PES passé de 11 à 111 µg/m<sub>3</sub></b>
+ 10% de décès pour causes cardio-vasculaires +15% d'hospitalisations d'enfants pour Asthme + 22% d'arrêt de travail	+ 6% de décès pour causes cardio-vasculaires + 17% de visites médicales pour maux de tête + 20% de visites médicales pour Asthme

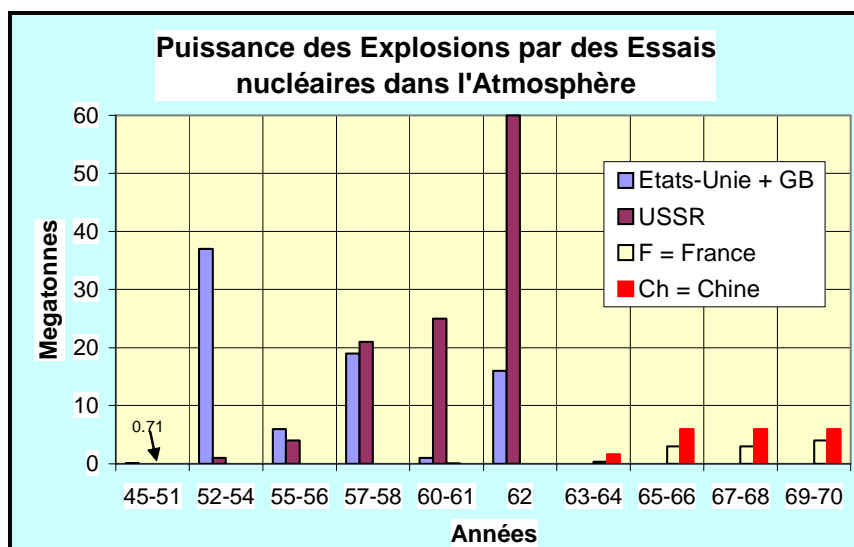
❖ **Radioéléments (Radionucléides)**

**Conventions:** *Traité de non prolifération des armes nucléaires fait à Londres, Moscou et Washington ; entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 1968.*

➤ **Retombées**

La plus importante contamination de l'atmosphère, des océans et de la terre par des radioéléments, s'est produite entre 1946 et 1963 (**Fig. 15**) en raison des essais atmosphériques des bombes atomiques de plusieurs mégatonnes de puissance, cette contamination (175 Mégatonnes) a été beaucoup plus grande que celle résultante de l'accident de Tchernobyl de 1986. Chaque explosion de fission nucléaire libère dans l'atmosphère un nuage de produit radioactif (radionucléides), la contamination humaine se produit par inhalation de ces produits et par la contamination de la nourriture en raison de la retombée sur terre des radio éléments de durée de demi-vie moyenne tel que Césium (<sup>137</sup>Cs ; 30 ans) et Strontium (<sup>90</sup>Sr ; 28 ans). Nous recevons par an, approximativement 2000 µSv (200 mrem) de radiation de sources différentes (**Tableau 4**)

<sup>29</sup> Source: ADEME et ESPAC (ERPURS).



**Fig. 15.** Puissance des explosions nucléaires dans l'atmosphère par année et par pays.<sup>30</sup>

**Tableau 4.** Radiation radioactive naturelle, reçue en Europe de l'Ouest, comparée à la radioactivité libérée 2 semaines après l'accident de Tchernobyl approximativement 3 mrem (30  $\mu\text{Sv}$ )<sup>31</sup>.

Rayons Cosmiques	Dans les maisons en béton	Respiration et ingestion
300 $\mu\text{Sv}/\text{an}$	350 $\mu\text{Sv}/\text{an}$	1350 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
En avion (comme passager)	Contrôle Roentgen	TV Couleur
5 $\mu\text{Sv}/\text{an}$	300-600 $\mu\text{Sv}/\text{contrôle}$	10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$

- Globalement l'homme reçoit en raison de la présence du  $^{137}\text{Cs}$  (radio élément artificiel) 0,03  $\mu\text{Sv}$  en mangeant du poisson et 0,002  $\mu\text{Sv}$  des crustacés. Ce qui est négligeable par rapport au  $^{210}\text{Po}$  (radioélément naturel) qui est responsable d'une irradiation de 2,1  $\mu\text{Sv}$  par consommation de poisson et entre 2,8 et 7,2  $\mu\text{Sv}$  par les crustacés.<sup>32</sup>

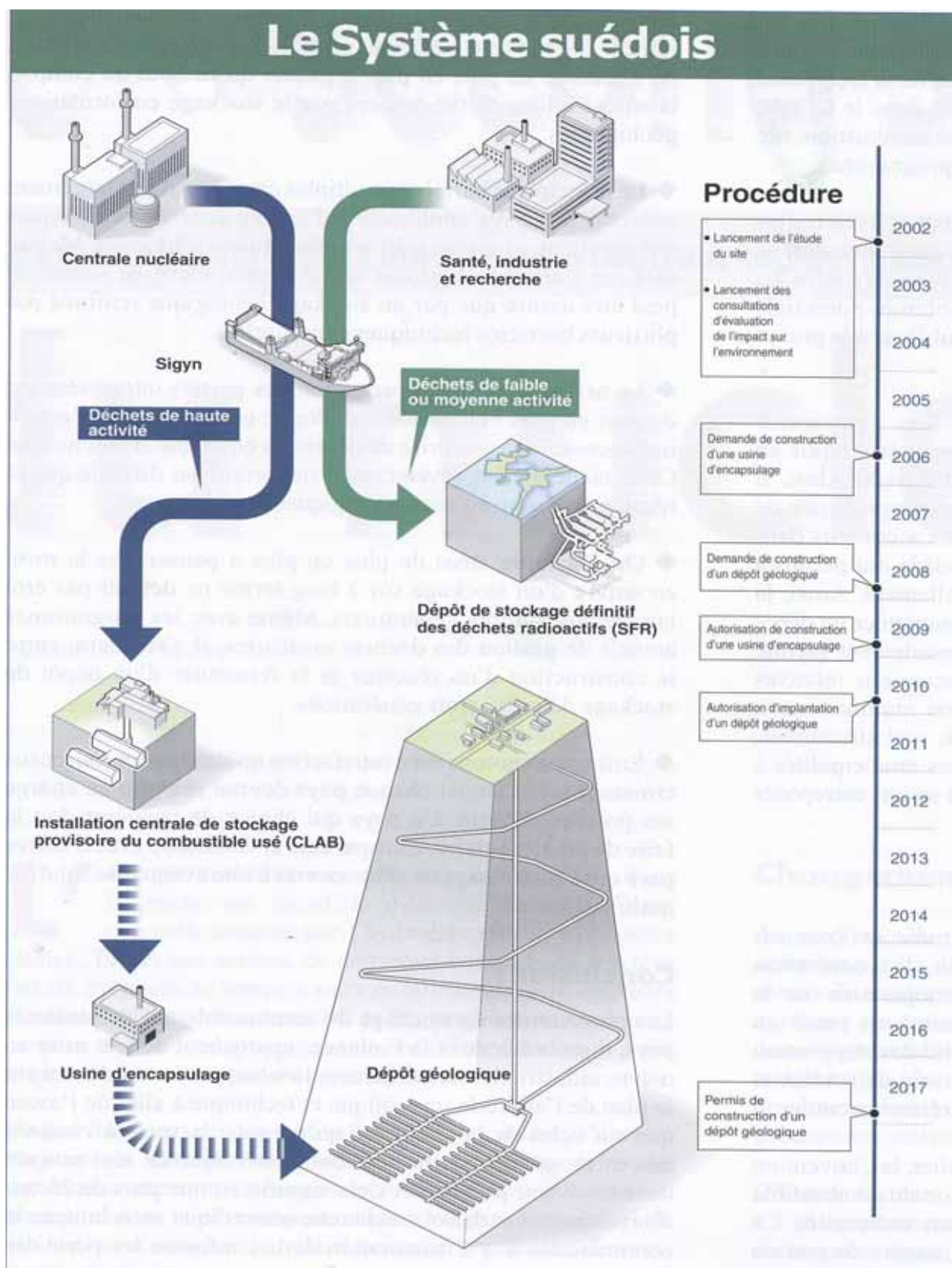
➤ **Ultime stockage de déchets radioactifs**

- L'utilisation de l'énergie nucléaire par fission, nécessite un stockage de déchets radioactifs de différentes intensités pour des siècles à venir. Les meilleures solutions seraient le stockage dans des formations rocheuses proposé par la Suède (**Fig. 15**).

<sup>30</sup> Duursma, E.K., 1972. Geochemical aspects and applications of radionuclides in the sea. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 10, 137-223 (revue extensive de littérature).

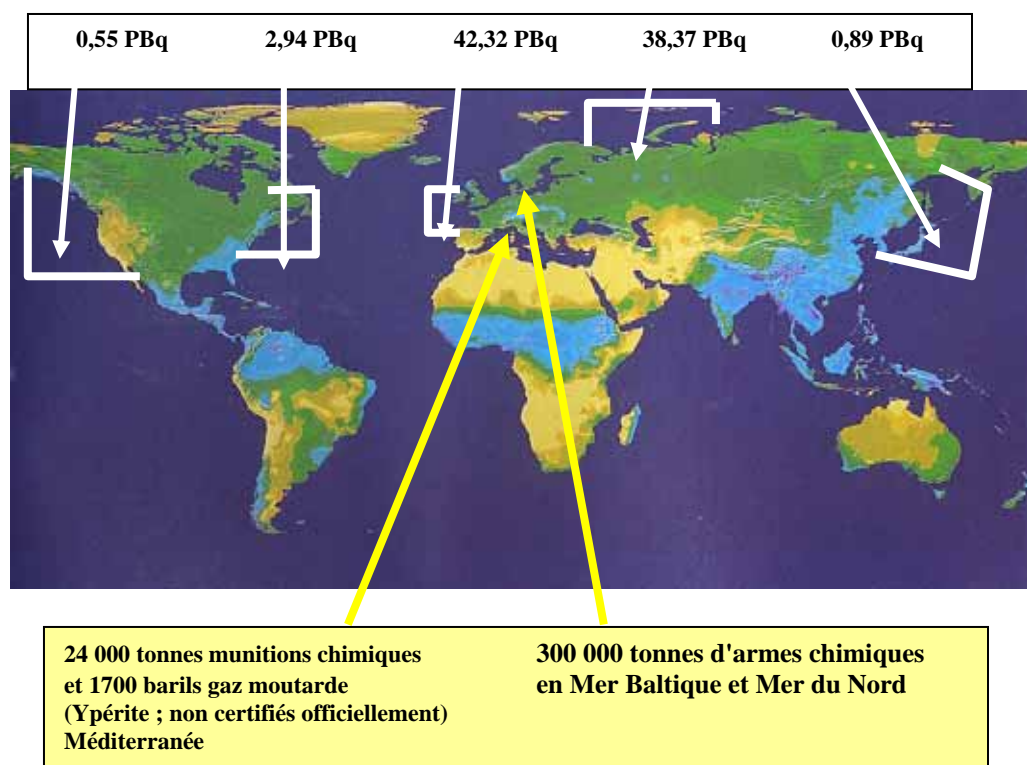
<sup>31</sup> Le dosage des radiations est exprimé en Sievert (Sv) où 1 Sv = 100 rem (radiation effect man).

<sup>32</sup> IAEA, 1995. Sources of radioactivity in the marine environment and their relative contributions to overall dose assessment from marine radioactivity (MARDOS). IAEA-Tecdoc-838, 54 pp.



**Fig. 16.** Le plan suédois de stockage de déchets radioactifs de bas et haut niveau.<sup>33</sup> Reproduit avec permission de l'AIEA.

<sup>33</sup> Thegerström, C., 2004. Down to earth and below. Sweden's plan for nuclear waste. IAEA Bulletin, 46/1, 36-38.



**Fig. 17.** Localisation dans les océans des zones de décharge de déchets solides radioactifs, et munitions chimique d'origine européenne.<sup>34</sup>  
(1 PBq = 10<sup>15</sup> Bequerel ; 5 gramme d'Ypérite est létal pour l'homme).

➤ **Effluents radioactifs**

- Les effluents radioactifs de bas niveau déversés en mer par les usines de retraitement des déchets radioactifs, sont habituellement sous les limites autorisés par l'I.C.R.P. (Commission internationale de Radioprotection). C'est le cas pour les deux usines européennes de La Haye, France et Sellafield, Royaume-Unie. Les informations sur ces deux usines sont disponibles à l'AIEA et dans les agences nationales pour l'énergie atomique.

❖ **Immersion de produits dangereux dans la mer**

**Conventions etc.:** IAEA, 1993. *Résolution LC.51(16): Rapport de la 16e Réunion Consultative des partis contractant à la Convention sur la Prévention de la Pollution marine et les Décharges des Déchets et autres Matières.* LC 16/14, MO, Londres.

➤ **Produits radioactifs solides de bas niveau**

- L'interdiction absolue de décharge en mer des déchets radioactifs solides est entrée en vigueur le 20 février 1994. Cependant, entre 1946 - 1993 environ 85 PBq (85 mille TBq) ont été déchargés par 12 pays (**Fig. 17**).<sup>35</sup>

<sup>34</sup> IAEA, 1999. Inventory of radioactive waste disposals at sea. IAEA-TEDOC-1105, 121 pp. Duursma, E.K. (Ed./co-author), 1999. Dumped Chemical Weapons in the Sea - Options. Dr.A.H.Heineken Foundation for the Environment. 60 pp. Etienne, J.-L 1999. La Mer en danger. Paris Match 15 avril 1999.

<sup>35</sup> 1 TBq = 10<sup>12</sup> Bequerel; 1 PBq = 10<sup>15</sup> Bequerel. IAEA, 1999. Inventory of radioactive waste disposals at sea. IAEA-TECDOD-1105, 121 pp.

### ➤ Déchets radioactifs de haut niveau

- La décharge de déchets radioactifs de haut niveau d'activité dans les océans n'a jamais eu lieu à l'exception de 90 PBq de combustible nucléaire et de quelques navires à propulsion nucléaire par l'Union Soviétique dans les Mers Arctiques marginales dont 95% dans la Mer de Kara.<sup>36</sup>
- Une étude, appelée SEABED, réalisée en collaboration entre plusieurs nations (1981-1984),<sup>37</sup> a évalué les possibilités et les moyens techniques pour déposer des déchets nucléaires de haut niveau dans le fond de l'Atlantique Nord. Bien que l'ensevelissement de récipients (un genre de torpille) sous une couche de 30-60 m de sédiments d'argile fine est possible, les techniques de mise en œuvre sont trop dangereuses. Le projet a été abandonné en raison de la pression politique croissante pour la sauvegarde des Océans.

### ➤ Armes chimiques

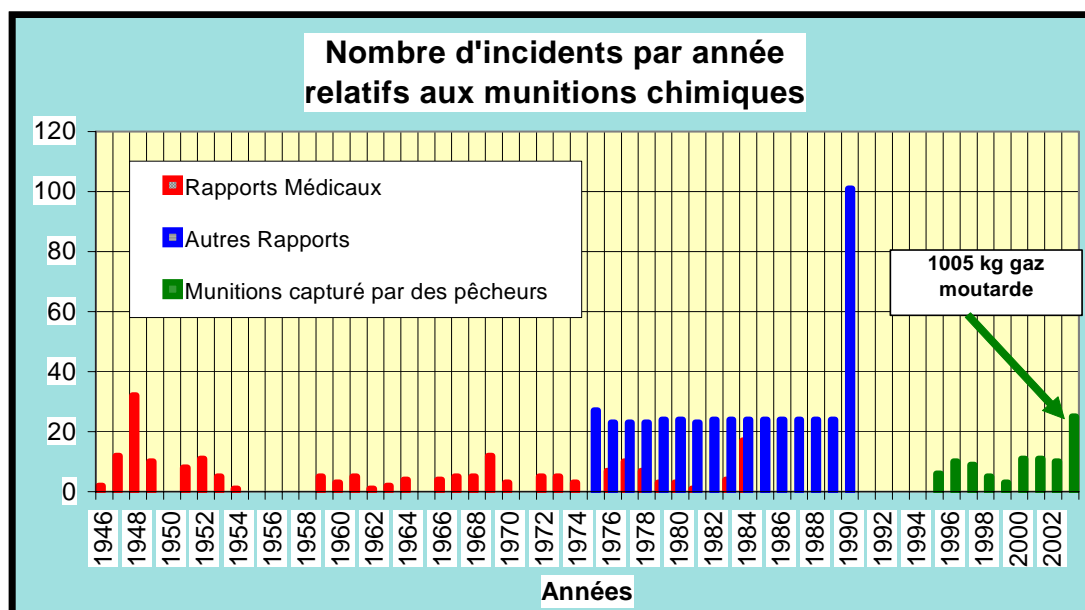
**Convention:** *Convention sur la non prolifération des armes chimiques (Paris 13 janvier 1993), le OPCW Convention).*

**Question:** Est-on sûr que des munitions chimiques qui ont été déversées en mer après la seconde Guerre mondiale ne peuvent pas être une source de danger?

**Réponse: Pas exactement.** Compte tenu des moyens dont on disposait après la Guerre la décharge de ces produits en mer était la méthode la plus sûre pour les neutraliser. Cependant, la corrosion des engins contenant ces gaz a déjà produit de nombreux accidents sérieux (**Fig. 18**).

#### Faits:

Nous avons hérité de la seconde Guerre mondiale une grande quantité de munitions chimiques dont disposait l'Allemagne en 1947 soit au total 300.000 tonnes de bombes et grenades (poids net de 65.000 tonnes).



**Fig. 18.** Nombre d'incidents dus aux munitions chimiques immergées en Mer Baltique et du Nord, mentionnés dans les rapports médicaux et par la Commission d'Helsinki (2004).

<sup>36</sup> IAEA, 1999. Radioactivity in the Arctic Seas. IAEA-TECDOC-1075.

<sup>37</sup> Quatre organisations internationales: AIEA, NEA, the CE, and the CMEA (Council for Mutual Assistance). E.K.Duursma, L.A. van Geldermalsen & J.W.Wegereef (1983). Migration processes in marine sediments caused by heat sources: simulation experiments related to deep-sea disposal of high level radioactive wastes. European Appl. Res. Rept.-Nucl. Sci. Technol. 5, No. 3, pp. 451-512.



- Elles ont été immergées par les forces alliées dans la Mer Baltique et la Mer du Nord (**cf. Fig. 17**).<sup>38</sup>
- Des sites, non confirmés officiellement, existent en Méditerranée, au large de Saint-Raphaël (24.000 tonnes) et au large des côtes Italiennes (1700 barils de gaz moutarde ou ypérite)<sup>39</sup> (**Fig. 18**); 0,1% de **ces derniers** contiennent un volume de gaz potentiellement létal pour 50 mille personnes.

#### **Conséquences:**

- Ces munitions se corrodent et le principal danger est la libération de grandes quantités de boules d'ypérite plus ou moins volumineuses et résistantes à l'eau qui peuvent être transportées par les courants vers les régions de pêche et les plages. Des techniques sont maintenant disponibles pour empêcher ces fuites, mais n'ont pas encore été appliquées, par exemple: entourer les épaves chargées de ces munitions d'un «sarcophage» de gravier, ou recouvrir les bombes et grenades d'une épaisse couche de sédiments marins, laissant seulement à l'ypérite la possibilité de s'échapper sous sa forme moléculaire, rapidement hydrolysée par l'eau de mer.
- Les autorités côtières, des régions, où les sites de décharge de munitions chimiques sont connues (Mer du Nord et Mer Baltique) ou suspectés (Méditerranée), sont **légalement**<sup>40</sup> **responsables** de la mise en place de plans d'urgence et de secours ainsi que des équipements de décontamination, identiques à ceux utilisés contre le feu. Les autorités nationales sont obligées en principe d'inspecter les sites de dépôts et d'appliquer les meilleures techniques disponibles pour prévenir une pollution par ces substances.<sup>41</sup>

#### ❖ **Pesticides et autres: Situation mondiale concernant la présence de DDT et PCB's**

**Conventions:** *Stockholm Convention sur les Polluants Organiques Persistants (POP)*; (entrée en vigueur le 17 May 2004).

**Question:** Existe-t'il une contamination mondiale par le DDT et les PCB's et quel en est le risque?

**Réponse:** Il existe en effet une contamination mondiale par ces substances à un très bas niveau, mais les réserves de PCB encore existantes devraient être mises sous contrôle et détruites.

#### **Faits:**

- Bien que la fabrication et l'utilisation du pesticide DDT sont interdites depuis plusieurs décennies, le DDT et ses dérivés n'ont pas encore entièrement disparu.<sup>42</sup>
- En raison de sa persistance dans l'environnement, un équilibre mondial du DDT s'est établi entre l'atmosphère (190 tonnes), l'Océan (530 tonnes) et tous les organismes vivants, homme compris.
- Nous contenons tous une dose constante de DDT d'approximativement 1 mg par kg de lipides, mesurée dans les graisses corporelles et le lait maternel aux Pays-Bas, Kenya, Brésil et

---

<sup>38</sup> L'opinion officielle des États Baltes à propos des armes chimiques immergées, se trouvent dans les conclusions du Groupe Actif « ad hoc » sur les Munitions Chimiques Déchargées (HELCOM CHEMU) de la Commission sur l'Environnement de la Mer Baltique (Commission d'Helsinki). Voir: Duursma, E.K. (Ed./co-author), 1999. *Dumped Chemical Weapons in the Sea - Options*. Dr.A.H.Heineken Foundation for the Environment. 60 pp.

<sup>39</sup> Paris Match, 15 avril 1999.

<sup>40</sup> Duursma, J.C. (1999) Legal Responsibilities of States. Chapter 6, pp. 39-44 in: *Dumped Chemical Weapons in the Sea - Options*. Dr. A.H.Heineken Foundation for the Environment, Amsterdam.

<sup>41</sup> OSPAR Commission, Ministerial Meeting, Sintra, 1998, pp. 110.

<sup>42</sup> Duursma E.K. and Carroll, J., 1996, *Environmental Compartments; equilibria and assessment of processes between air, water, sediments and biota*. Springer Verlag, Heidelberg, 277 pp.

Allemagne. Cette même teneur a été trouvée dans les lipides des moules tout autour de l'Amérique du Sud.

- Donc après l'accumulation du DDT dans les divers compartiments et dans la chaîne alimentaire, sa distribution est équilibrée et contrôlée par les échanges entre l'atmosphère, l'eau des océans et les graisses des organismes vivants.
- PCB (poly-chloro-bi-phényle), est une huile non-inflammable,<sup>43</sup> elle a été interdite avec l'obligation de détruire toutes les réserves mondiales de ce produit très stable et toxique.
- En 1996 la quantité de PCB dans l'environnement était de 430 tonnes dans l'atmosphère, 2500 tonnes dans les océans et ses teneurs dans les moules et le lait maternel autour de 2 mg par kg de lipides.

#### **Conséquences:**

- **DDT**, ce n'est plus un danger pour l'environnement, la dose mortelle étant de 200 mg/kg poids du corps. Cependant, il a été remplacé par des pesticides modernes qui persistent beaucoup moins longtemps dans l'environnement mais ont une **plus forte** toxicité à 1 mg/kg poids du corps.<sup>44</sup>
- **PCB**, il y avait encore une réserve mondiale de 1.2 million tonnes de PCB en 1996. Le Programme des Nations Unies pour l'Environnement suit de très près l'obligation des Etats de détruire leurs réserves par les méthodes recommandées. La destruction par ces méthodes est indispensable, car l'utilisation de températures trop basses produit de la Dioxine très toxique.

---

<sup>43</sup> Utilisé parmi d'autres dans transformateurs.

<sup>44</sup> Insecticides organophosphorés.

## CONVENTIONS AUXQUELLES LA PRINCIPAUTE DE MONACO EST PARTIE

Avec la date d'inscription dans le Journal de Monaco (Bulletin Officiel de la Principauté).

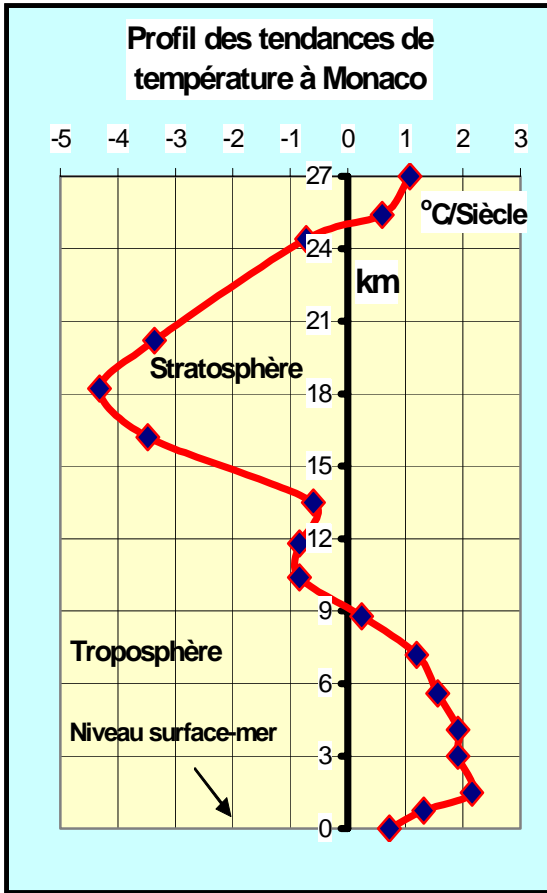
<b>Date</b>	<b>Accords et Conventions</b>
12-06-1970	Convention internationale de 1959 pour la prévention de la pollution des eaux de la mer par les hydrocarbures, modifiée en 1962.
07-09-1970	Convention sur l'Organisation Hydrographique internationale.
20-05-1975	Convention internationale sur l'intervention en haute mer en cas d'accidents entraînant ou pouvant entraîner une pollution par les hydrocarbures (Bruxelles).
18-07-1975	Amendements 24 et 25 de la constitution de l'OMS signée à New York le 22 juillet 1946.
19-12-1975	Convention internationale sur la responsabilité civile pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures (Bruxelles 29 novembre 1969) et ses amendements.
13-06-1977	Convention sur la prévention de la pollution des mers, résultants de l'immersion de déchets et autres matières (Londres 29 décembre 1972).
23-06-1978	Convention sur le commerce international des espèces de faune et flore sauvage menacés d'extinction (Washington 3 mars 1973) et ses amendements.
31-01-1979	Convention pour la protection du Patrimoine Mondial culturel et naturel (Paris 23 novembre 1972).
15-11-1979	Convention portant création d'un fonds international d'indemnisation pour les dommages dus à la pollution par les hydrocarbures (Bruxelles 18 décembre 1971) dénoncée à compter du 16 mai 1998 par le protocole de Londres du 27 novembre 1992 rendu exécutoire à Monaco le 3 avril 1977..
30-09-1980	Convention pour la protection de la mer Méditerranée contre la pollution ainsi que deux protocoles (Barcelone 16 février 1976).
10-12-1980	Accord relatif à la protection des eaux du littoral Méditerranéen (Monaco 10 mai 1976) entre les Gouvernements de la République française, de la République italienne et de S. A. S. le Prince de Monaco (RAMOGE)..
18-05-1982	Convention internationale pour la réglementation de la chasse à la baleine (Washington 19 novembre 1956).
07-11-1992	Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (MARPOL Londres 2 novembre 1973 modifiée par le protocole du 17 février 1978, rendu exécutoire à Monaco le 20 août 1992).
12-05-1993	Convention internationale du 23 juin 1979 sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage.
23-05-1993	Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone et le protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone tel qu'amendé par le protocole de Londres rendu exécutoire à Monaco le 10 juin 1993.
09-05-1994	Convention sur la diversité biologique (Rio de Janeiro 10 juin 1992).
25-04-1995	Traité de non prolifération des armes nucléaires fait à Londres, Moscou et Washington 1 <sup>er</sup> juillet 1968.
30-05-1996	Convention de l'Organisation Météorologique Mondiale (Washington 11 octobre 1947).
20-05-1997	Convention sur la non prolifération des armes chimiques (Paris 13 janvier 1993).
23-01-1998	Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des oiseaux; d'eau (RAMSAR le 2 février 1971).
17-06-1999	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification en particulier en Afrique.
21-07-1999	21 juillet 1999 Convention sur la protection des Alpes.
14-08-1999	Convention sur l'interdiction de la mise au point et du stockage des armes bactériologiques (biologiques) ou à toxines et sur leur destruction.
13-10-1999	Accord sur la conservation des chauves-souris en Europe et son amendement signé à Bristol les 24 et 26 juillet 2000 rendu exécutoire à Monaco le 23 avril 2001.

16-03-2000	Convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et son proto-
------------	--

	cole relatif au financement à long terme du programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques en Europe.
01-08-2000	Convention internationale de 1990 sur la. préparation, la lutte, la coopération en matière de pollution par les hydrocarbures.
23-04-2001	Convention sur les aires spécialement protégées et la diversité biologique en Méditerranée (ASPIM) et ses annexes relatives à la Convention de Barcelone.
26-09-2001	Accord de 1986 sur l'huile d'olive et les olives de table tel qu'amendé et reconduit en 1993 et prorogé en dernier lieu en 2000.
12-10-2001	Convention des Nations Unies sur les effets transfrontaliers des accidents industriels (Helsinki 17 mars 1992).
17-01-2002	Convention des Nations Unies sur le droit de la mer 10 décembre 1982 relatif à la conservation et à la gestion des stocks de poissons dont les déplacements s'effectuent tant à l'intérieur qu'au delà des zones économiques exclusives (stocks de chevauchement) et stocks de poissons migrateurs (New York 4 août 1995).
18-02-2002	Accord relatif à la création en Méditerranée d'un sanctuaire pour les mammifères marins (Rome 25 novembre 1999).
04-03-2002	Convention pour la conservation des cétacés de la Mer Noire, de la Méditerranée et de la zone atlantique adjacente (ACCOBAMS) Monaco 24 novembre 1996.
17-06-2002	Convention sur la réduction du soufre.
17-06-2002	Accord sur la conservation des oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique et d'Eurasie (La Haye 15 août 1996).
03-04-2003	Accord sur l'interdiction de la mise au point, de la fabrication, du stockage et de l'emploi des armes chimiques et sur leur destruction (Genève 3 septembre 1992).
05-06-2003	Convention sur la protection des Alpes de 1991 relatif à l'aménagement de territoire et développement durable (Chambéry 20 décembre 1994).

## ESTIMATIONS DE L'ENVELOPPE BUDGETAIRE QUE MONACO CONSACRE A L'ENVIRONNEMENT

Organisations de l'Environnement	Budget de 2005 en €	Type
BHI (Bureau hydrographique International)	56 200	Subvention
AIEA (Agence International de l'Energie Atomique)	1 067 500	Subvention
Institut de Droit Economique de la Mer	90 000	Subvention
Organisations Internationales	1 350 200	Cotisation
UNESCO	65 000	Représentation
Coopération internationale	2 070 000	Dépenses
Musée Océanographique	60 300	Subvention
Institut de Paléontologie	18 300	Subvention
Congrès Médical	68 000	Subvention
Reboisement autour de Monaco	230 000	Subvention
Services des Jardins	4 250 600	Dépenses
Musée d' Anthropologie	406 500	Dépenses
DEUC Environnement	788 300	Dépenses
Centre Scientifique de Monaco (CSM)	1 275 400	Subvention
Thérapies nouvelles	700 000	Subvention
<b>Total</b>	<b>€12 496 300</b>	



**Figure à gauche**

Profil des tendances de température de l'atmosphère à Monaco. Entre 1948 et 2001 l'effet de serre se traduit surtout par un réchauffement à 1500 mètres d'altitude et un refroidissement de la stratosphère.

**Figure ci-dessous**

Les précipitations en Principauté de Monaco ont tendance à diminuer de 12 % par siècle. Les irrégularités sont un phénomène normal, observé partout dans le monde.

