



UNIL | Université de Lausanne

# ***25 ans de Développement Durable : Quel bilan ?***

***Janvier 2011***

***Dominique Bourg, IPTEH, UNIL***

# Qu'est-ce que le développement durable ?

Le "développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion: le concept de besoin, et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale imposent sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir".

# Qu'est-ce que le développement durable ?

Le DD repose sur un constat : le double déséquilibre qui s'est creusé dans la seconde moitié du siècle dernier :

- un déséquilibre en termes de répartition planétaire de la richesse
- un déséquilibre environnemental global

# Une répartition très inégale de la richesse

PIB \$ / habitant :

- An 1000 : Europe 400 \$ / Asie 450 \$
- 1776 : inférieur à 1 à 2
- 1870 : Afrique 444 / Europe 1974
- 1998 : Afrique 1368 / USA 26146
- 2010 : 40'000 (Suisse)/ 362 (Burundi)
  
- 2 % : 50 % richesse mondiale
- 50 % : 1 % richesse mondiale
- 500 + riches = 416 millions + pauvres

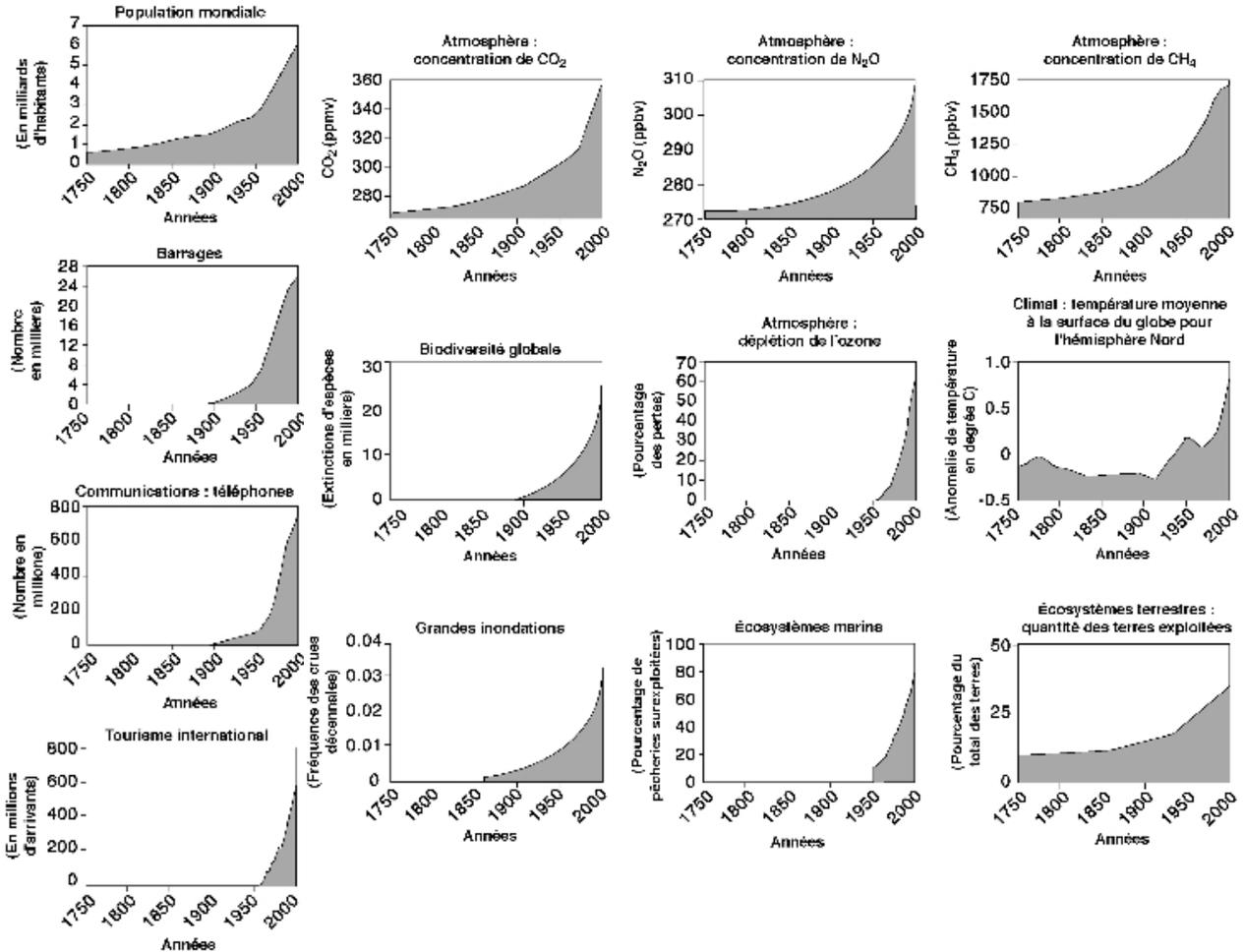
## Une répartition inégale de la richesse qui n'a cessé de croître

- depuis 2005, les pays émergents : un peu plus de la moitié du PIB mondial
- des centaines de millions de personnes qui ont eu accès au « progrès » et un milliard dans l'extrême pauvreté (*moins de 1,25 \$/jour : 46 % en 1990, 27 % en 2005 : 1,4 milliard*), mais 3 milliards avec moins de 2 \$/jour ; 1,5 milliards sans électricité
- des écarts qui s'accroissent tant au sein des anciens pays industriels que dans les pays émergents (enrichissement des plus riches)

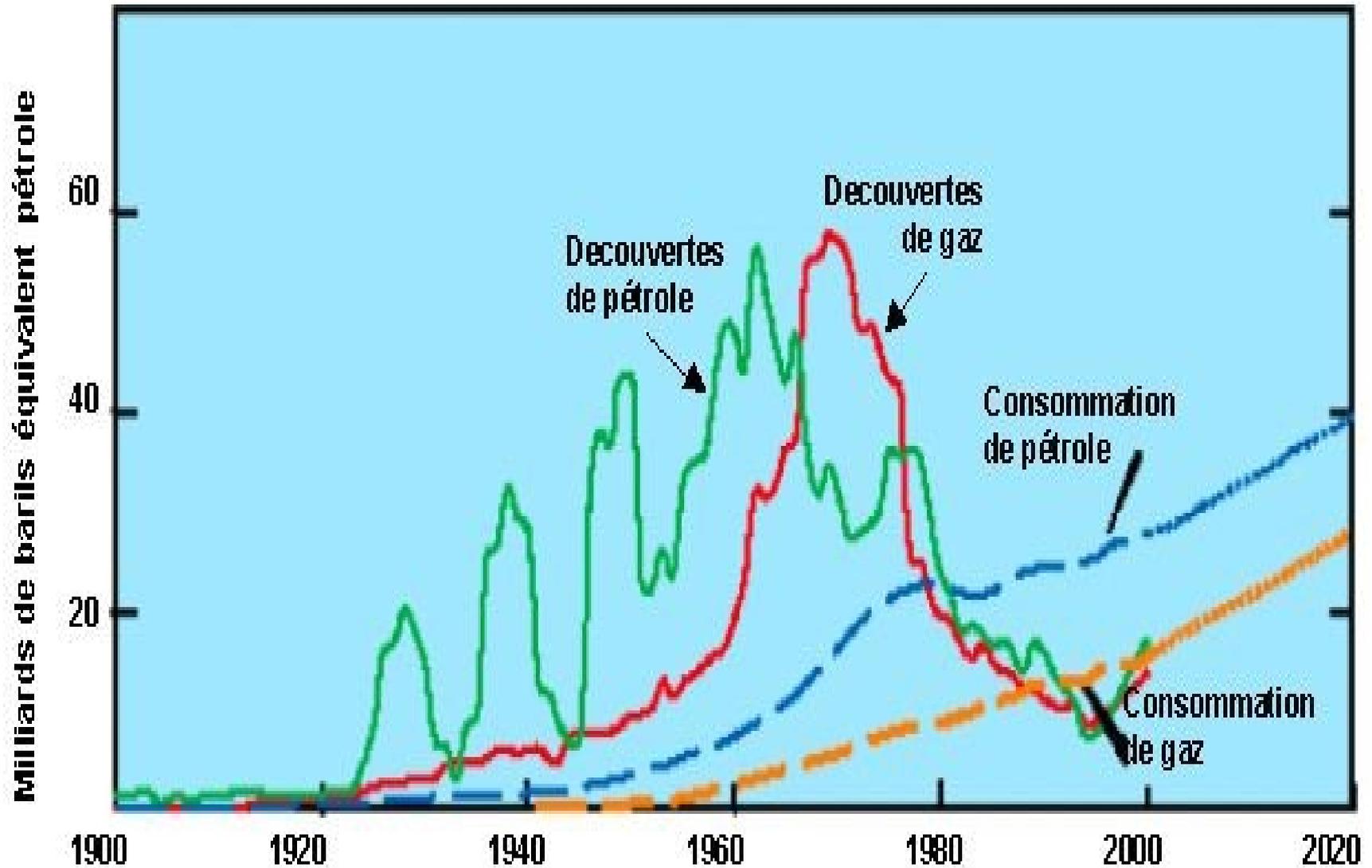
CCL : des écarts jamais connus, dans une transparence nouvelle

# Etat des lieux environnemental : la Biosphère à l'âge de l'Anthropocène

Le taux de croissance des activités humaines depuis le commencement de la révolution industrielle est impressionnant. Ce taux devient à proprement parler exponentiel à compter des années 1950 dans quasiment tous les domaines. Cet état de choses permet d'illustrer à quel point les cinquante dernières années constituent une période de changement dramatique et sans précédent dans l'histoire humaine.



# Source: Exxon Mobil, 2002



# **Etat des lieux: ressources fossiles conventionnelles**

teinte et dépassement du pic global : conséquence de la courbe retraçant les découvertes de gisements depuis 1964 et du taux annuel de croissance de 3,4 points juste avant la crise de 2008.

os consommations énergétiques : ressources fossiles pour 80 %,

e reste : biomasse forestière, hydroélectricité et nucléaire,

es énergies renouvelables récentes : moins de 2 %

# Etat des lieux: ressources fossiles conventionnelles

naissance du siècle dernier: grâce à un baril de pétrole qui s'est *grosso modo* stabilisé à 20 dollars (en dollars constants), hors des épisodes de 1973-1974 et 1979-1980

part de l'énergie dans le PIB mondial, quelques pourcents, sans commune mesure avec le rôle effectif de l'énergie : impossible, sans énergie, de transformer des matières, de produire de la nourriture, de transporter des biens et des personnes ou d'échanger des informations.

# Etat des lieux: ressources fossiles totales

- À consommation constante (2007 année de référence) :
  - pour le gaz 250 ans,
  - pour le pétrole 140 ans et
  - pour le charbon plus de 2 000 ans (300 ans si le charbon devenait notre principale source d'énergie primaire d'ici à 2050)
- Des chiffres qui fondent avec un taux de croissance de 2 %, et plus encore de 3,5 %

Nucléaire : entre 10 000 et 20 000 ans si l'on inclut l'uranium 238 et le thorium, toujours à l'aune de la consommation de 2007

# Sommes-nous sauvés par les non-conventionnels ?

Non :

- Coûts d'extraction et de transformation des fossiles non conventionnels
- D'autres limites et contraintes :

*nous avons déjà consommé le tiers de notre « budget cumulé d'émissions » pour la période 2000-2050 si nous voulons avoir une chance de maintenir l'élévation de la température, d'ici à la fin du siècle, en dessous de deux degrés*

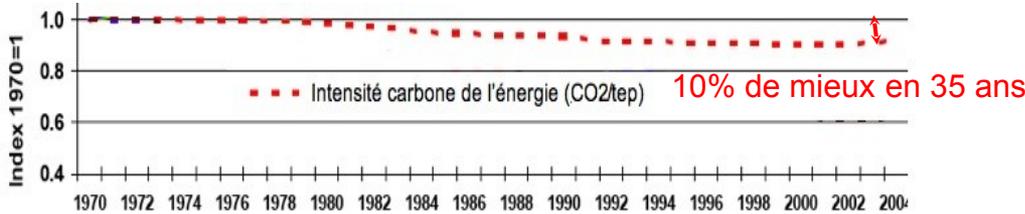
# L'équation de Kaya

$$CO_2 = \frac{CO_2}{TEP} * \frac{TEP}{PIB} * \frac{PIB}{POP} * POP$$

A diviser par 3

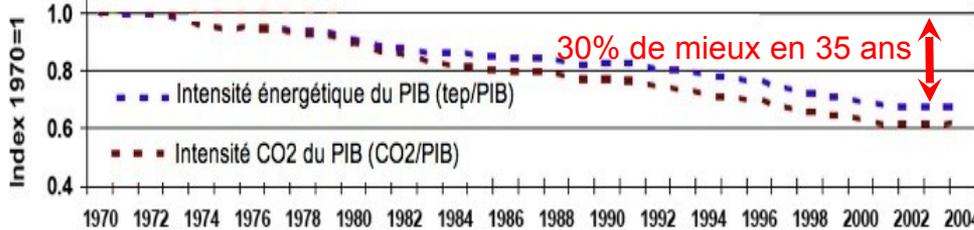
Emissions de gaz carbonique = Contenu en gaz carbonique de l'énergie \* Intensité énergétique de l'économie \* Production par personne \* Population

« Magic technique » N°2 : l'efficacité carbone de l'énergie

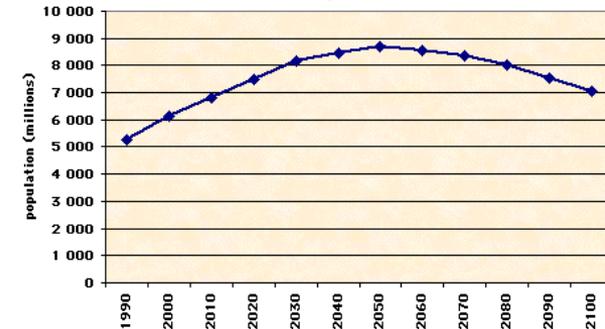


Gain de 60% en 41 ans, avec appro énergétique diminué de 10%

« Magic technique » N°1 : l'efficacité énergétique



Gain de 34% en 40 ans



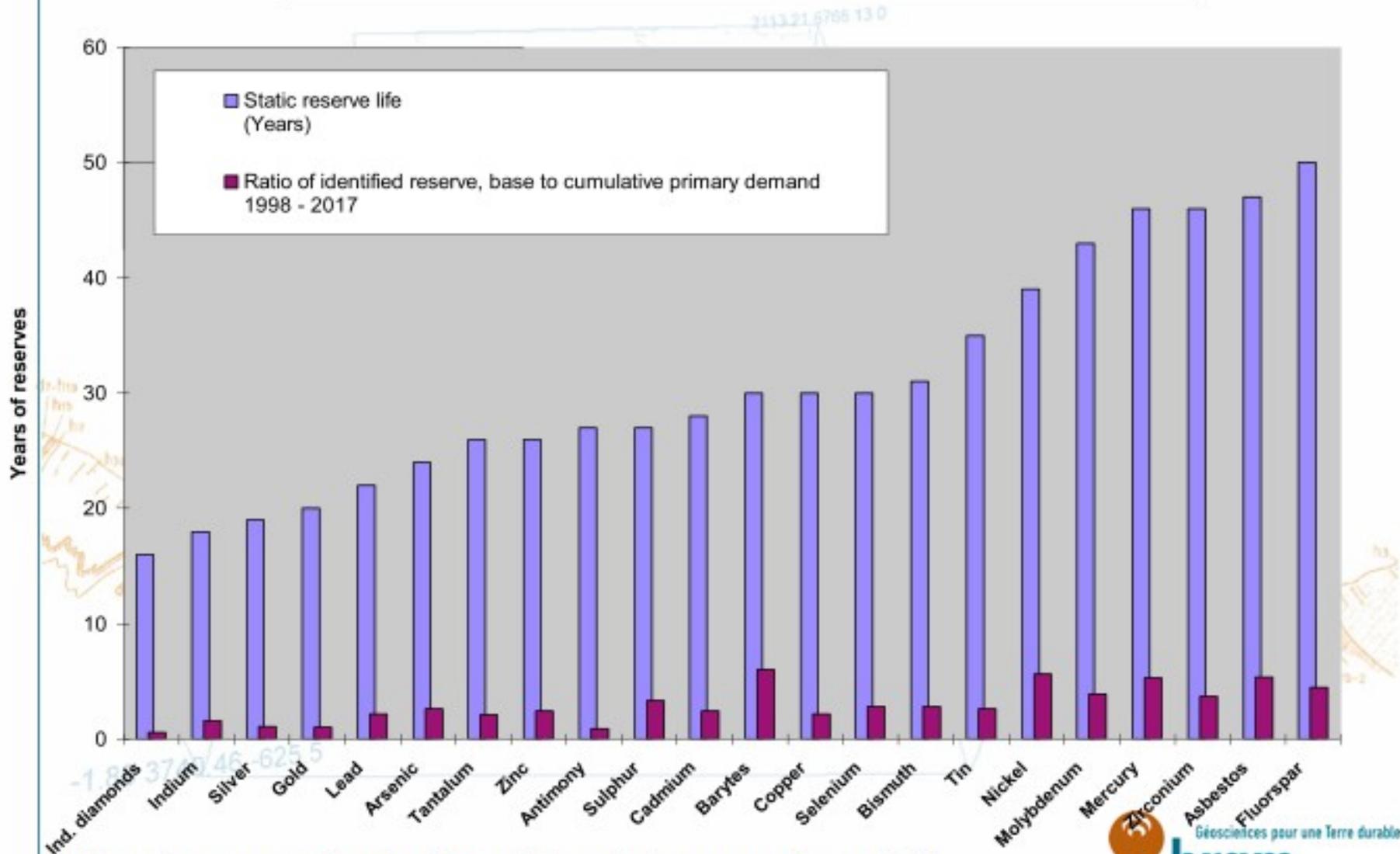
+ 35% d'ici 2050

Le PIB par personne est stable (<=> ÷ par 3 à 4 en Occident)

# Etat des ressources minérales

- L'état des stocks des métaux les plus sous tension :
  - Or : 17 ans
  - Argent : 13 ans
  - Cuivre : 31 ans
  - Zinc : 17 ans
  - Plomb : 22 ans
  - Palladium : 15 ans
  - Fer : 50 ans
- D'autres gisements mais plus profonds, à un coût d'extraction croissant

## Réserves minières exprimées en nombre d'années

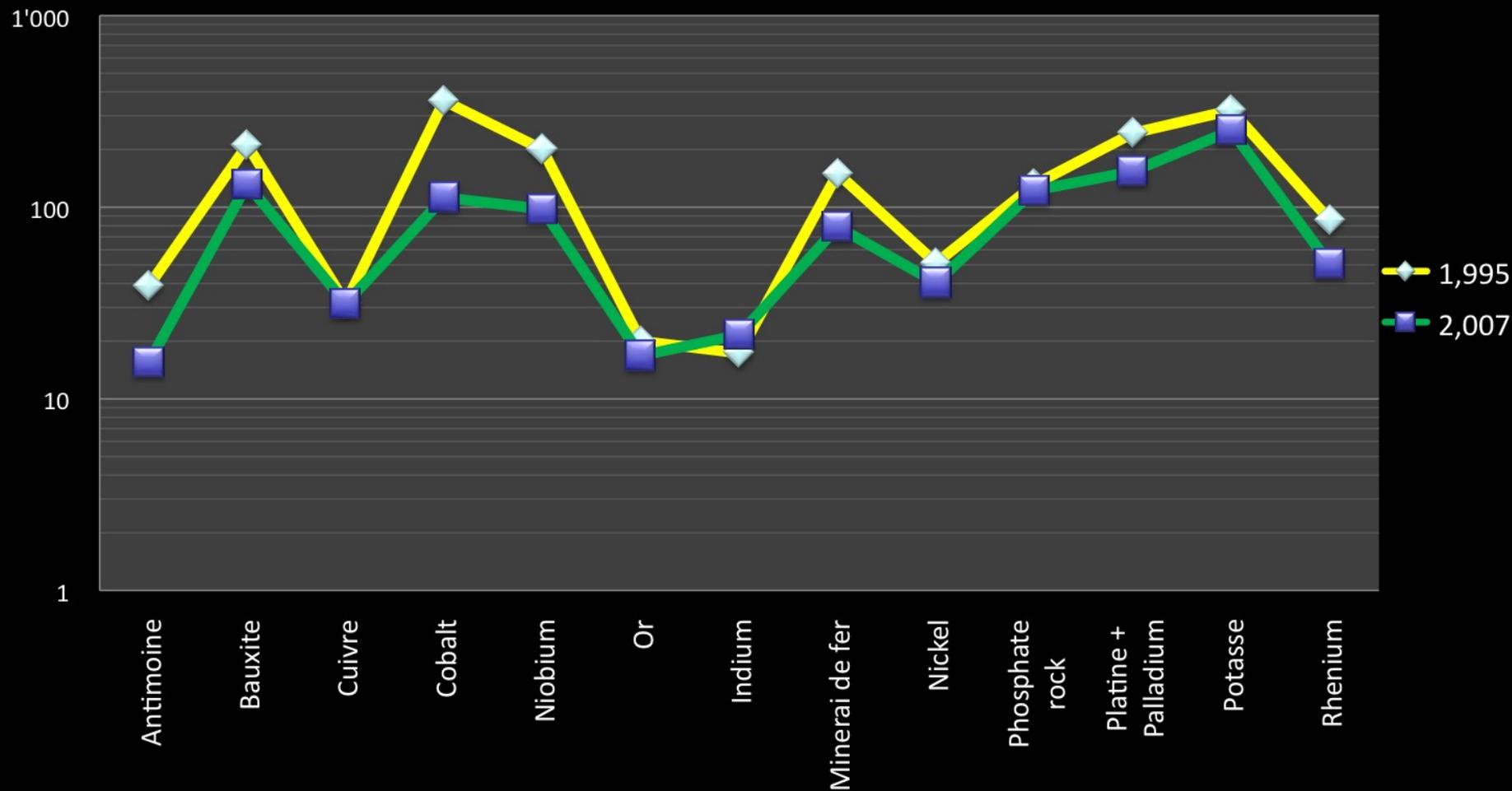


En bleu; réserves en nombre d'années sur la base de la consommation en 1998

En violet; réserves en nombre d'années, mais avec la consommation cumulée affectée de la croissance 1998-2008

# Variation entre 1995 et 2008 du nombre d'années de réserves connues de 13 ressources minérales d'intérêt économique majeur

Source des données: USGS



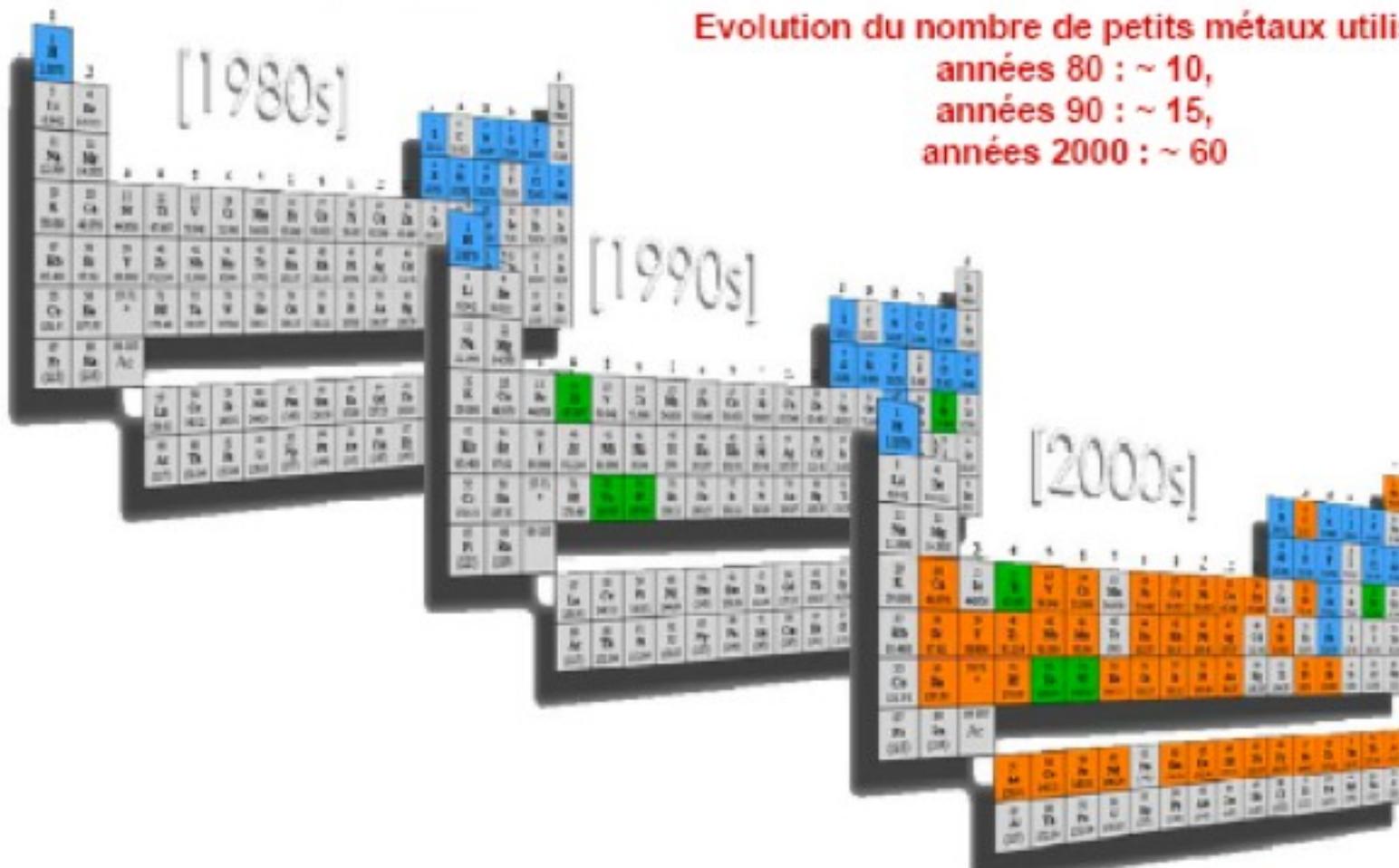
# Etat des ressources minérales

D'autres limites :

- Nous exploitons, depuis les années 2000, à peu près les deux tiers des métaux de la table de Mendeleïev, soit une soixantaine de petits métaux (le tantale, l'indium, le lithium, le niobium, le titane, les terres rare, etc.), et ce pour les technologies de l'information et de la communication, l'aéronautique, les technologies vertes notamment dans le domaine de l'automobile
- Ces métaux présentent des propriétés spécifiques qui les rendent difficilement substituables

# Une table de Mendeleïev de plus en plus sollicitée diversification de l'économie vers les « petits métaux »

Evolution du nombre de petits métaux utilisés  
années 80 : ~ 10,  
années 90 : ~ 15,  
années 2000 : ~ 60



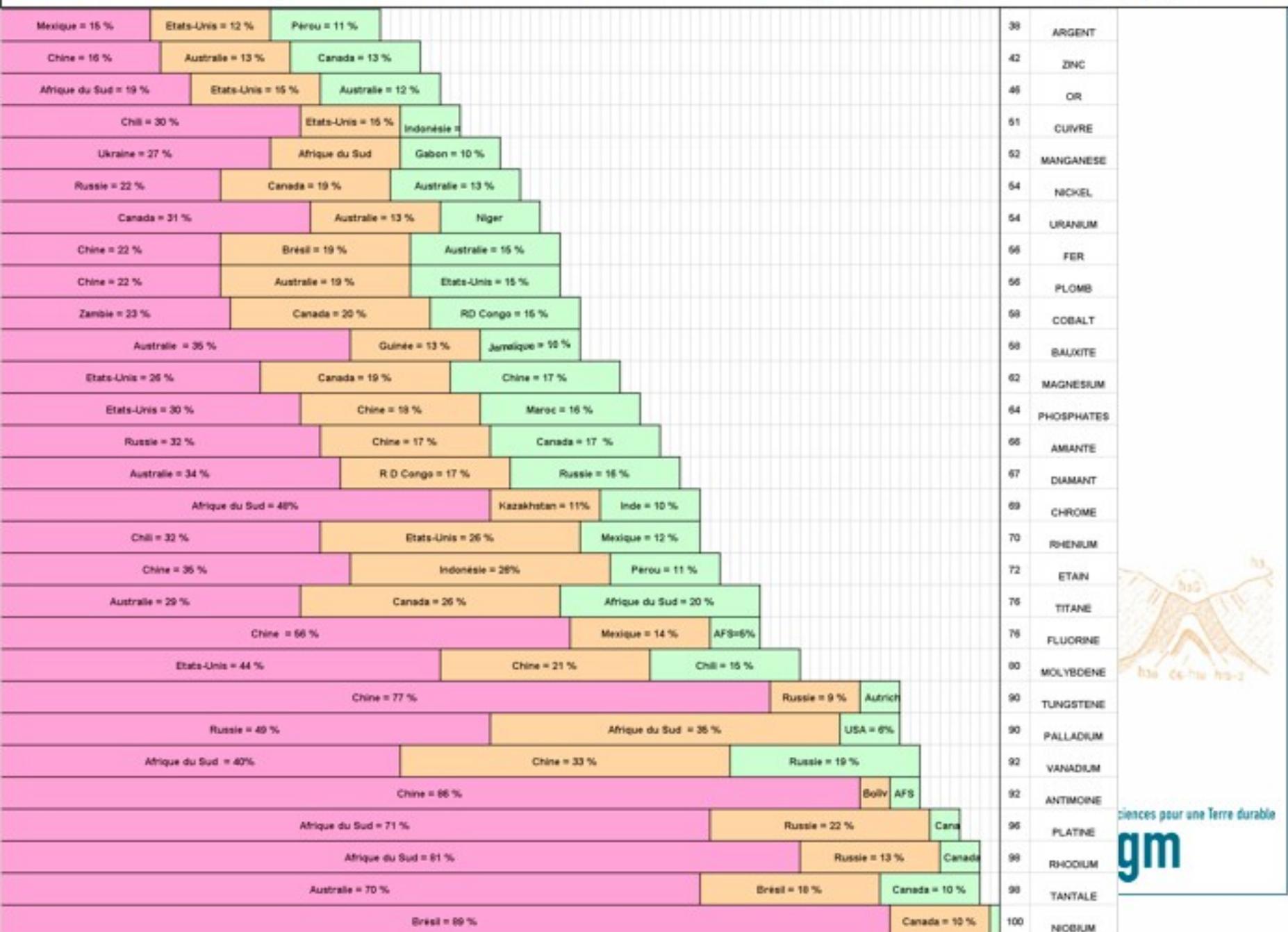
Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

# Etat des ressources minérales

- Les réserves se trouvent dans un petit nombre de pays producteurs :
- Chine. par exemple, les trois quarts des réserves exploitées de tungstène et 95 % des terres rares
- Chili et Argentine : 90 % du lithium
- BRIC : 85 % du fer

# Concentration des productions minières dans le monde: part des 3 premiers pays producteurs

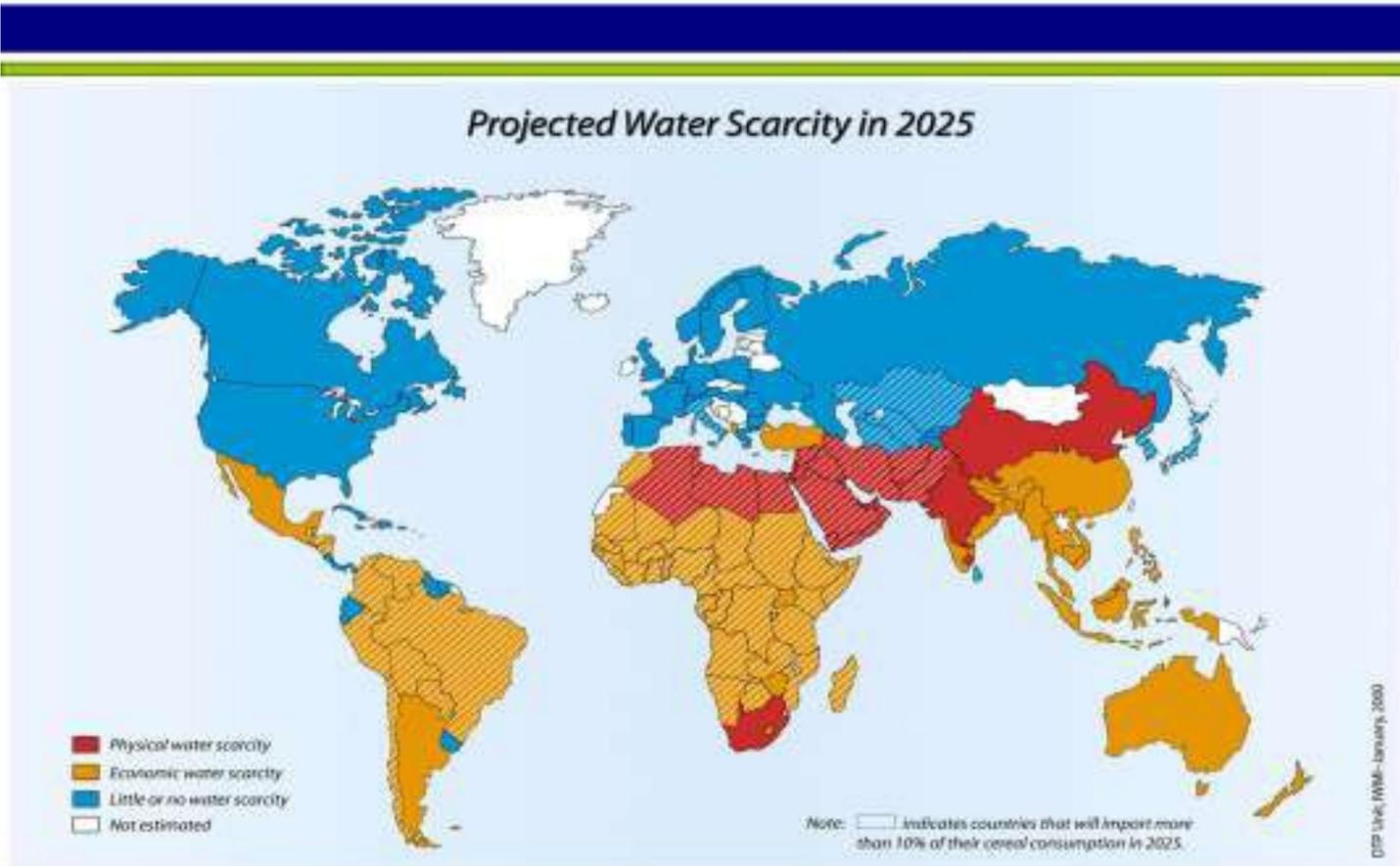


## Etat des ressources: l'eau

- Echelle locale : exemple de l'Ogallala (USA)
- Echelle globale : nous consommons *grosso modo* la moitié de la ressource annuellement disponible, soit entre 12'500 et 15'000 km<sup>3</sup>. Mais le changement en cours de la composition chimique de l'atmosphère, due notamment à notre consommation d'énergies fossiles, pourrait absorber toutes nos marges : la photosynthèse exige en effet deux molécules d'eau pour métaboliser une molécule de dioxyde de carbone.

# Eau douce

## Do we also have a water crisis?



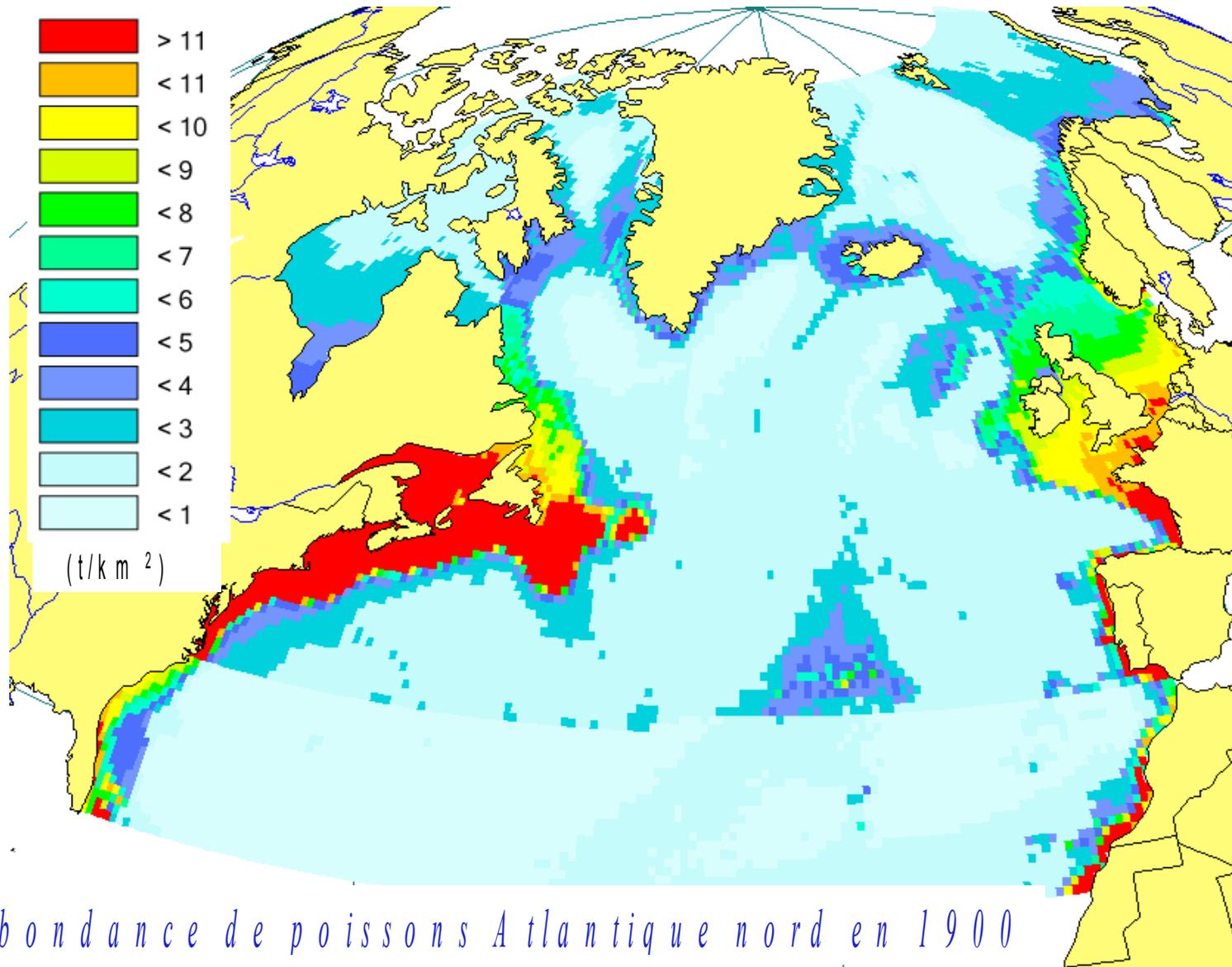
# Etat des ressources: le cas des ressources halieutiques

ous avons en réalité vidé les mers :

n trente ans, le poids moyen des poissons pêchés dans l'Atlantique Nord Ouest est passé de 800 à moins de 200 grammes en 25 ans

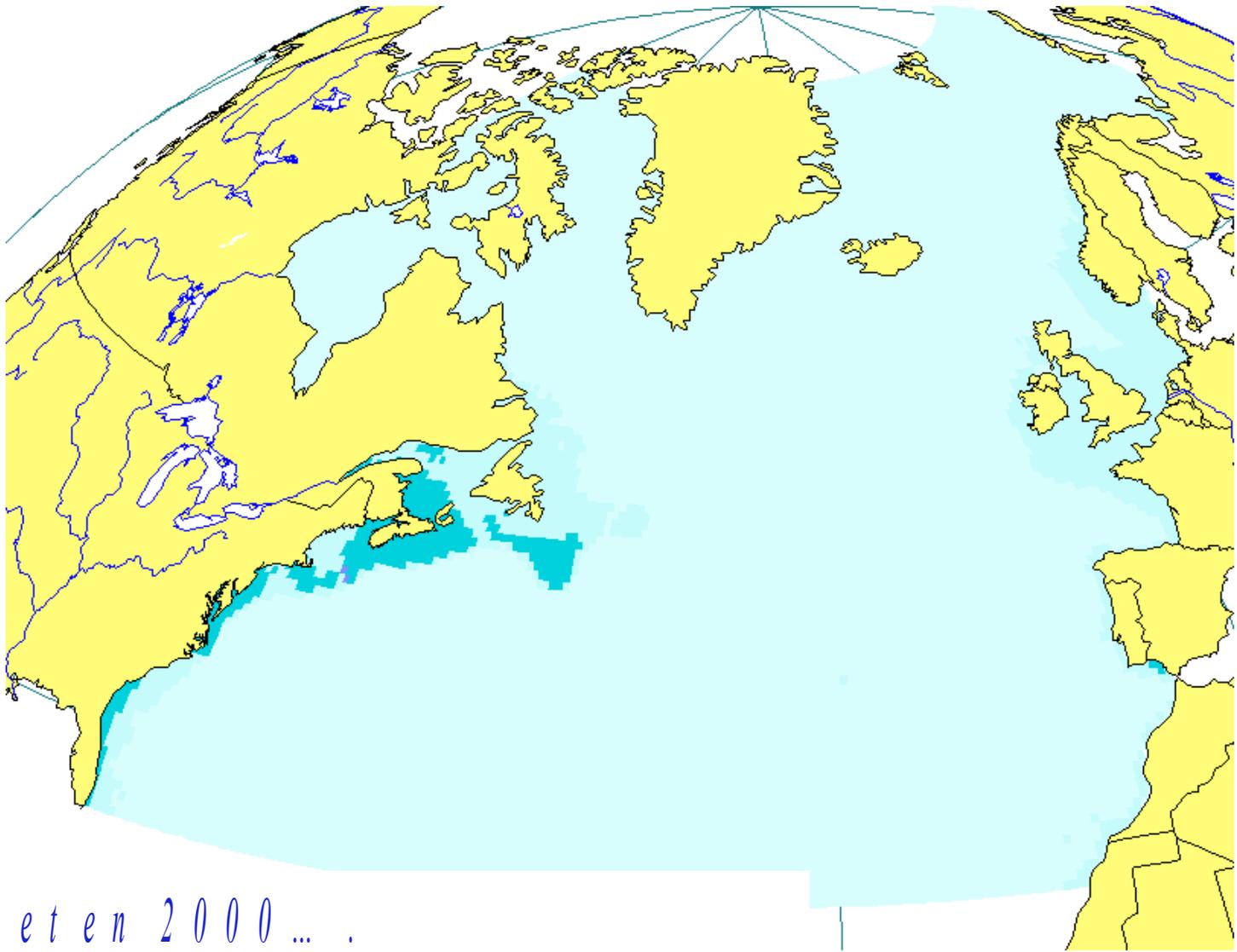
a biomasse des poissons prédateurs (dont les requins) a été réduite de 80 %, celle des espèces pêchées de 90 %

a morue de l'Atlantique Nord qui a été pêchée durant des siècles a quasiment disparu depuis 1992



*Abondance de poissons Atlantique nord en 1900*

*Christensen et al. (Fish & Fisheries, 2003)*



*et en 2000 ...*

Christensen *et al.* (*Fish & Fisheries*, 2003).

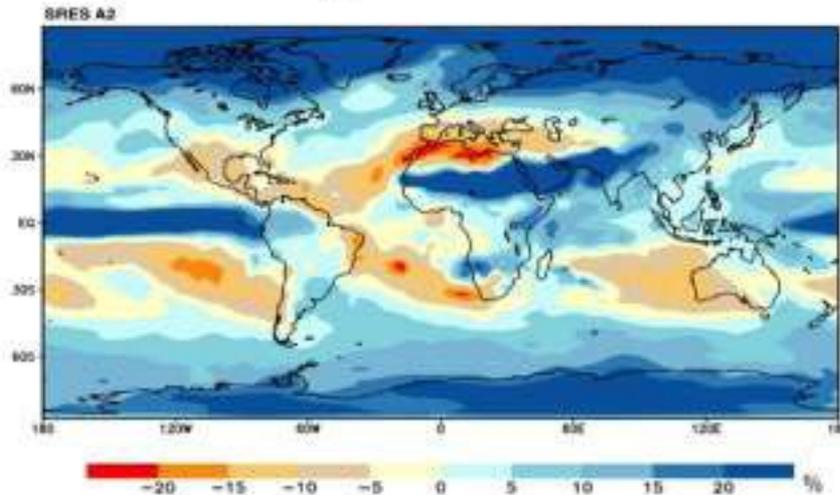
# Ressources alimentaires

- Caractéristiques contemporaines : une production mondiale qui plafonne voire diminue ; des pays émergents qui changent leurs modes alimentaires (si Inde de 4Kg/viande/an/ha à 40 Kg (USA 80) : doublement des besoins en céréales)
- Artificialisation des sols : cas français, de 1995 à 2005 17 % de terres urbanisées en plus avec une croissance population de 4 %
- Manque d'eau
- Destruction et fragilisation des sols de plus en plus déficients en oligoéléments, compaction, salinisation, métaux lourds
- 1,5 milliards ha de terres cultivées ; 2,8 milliards ha de terres cultivables en plus

# Ressources alimentaires

## Long-term effect of climate change

Eg rainfall change from 1990 to 2070-2100



Decrease of main crops production by 2050 !

- Maize 16%
- Rice 21%
- Wheat 42%

# Etat des écosystèmes et des services écologiques

*elon le Millennium Ecosystem Assessment, ce sont 60 % des services fournis par les écosystèmes, à défaut desquels la vie ne serait pas possible, qui sont dégradés ou surexploités ;*  
15/24

1) les services de régulation : la régulation du climat local et régional, celle des flux hydriques, la purification de l'eau et de l'air, le contrôle de l'érosion, le traitement des déchets, la régulation des populations pathogènes et des maladies, celle des insectes ravageurs ou pollinisateurs et, enfin, des risques naturels avec les zones tampon que constituent les mangroves et autres zones humides.

# Etat des écosystèmes et des services écologiques

2) Les services de fourniture : la nourriture (récoltes, cheptel, pêche, aquaculture, animaux sauvages), les fibres (bois de construction et de chauffage, coton, soie, chanvre, lin), les ressources génétiques, les molécules végétales (pour la pharmacie, les cosmétiques et, de plus en plus à l'avenir, les biomatériaux, la chimie verte et les biocarburants), et enfin l'eau douce.

3) Les services culturels : les services spirituels et religieux (bois et animaux sacrés par exemple), les services esthétiques rendus par les paysages ou les animaux sauvages et, en dernier lieu, les services récréatifs et touristiques procurés par les sites naturels.

# Les 9 limites globales à nos activités

- le changement climatique,
- le taux d'érosion de la biodiversité
- l'interférence de nos activités avec les cycles de l'azote et du phosphore
- la déplétion de l'ozone stratosphérique
- l'acidification des océans
- l'usage de l'eau douce et celui des sols
- la quantité et la qualité de la pollution chimique
- l'impact des aérosols atmosphériques

# Les 9 limites

- Le cas de l'acidité des océans : elle a crû de 30 % en raison de l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère. Les chercheurs fixent à 430 ppm la barre à ne pas dépasser en matière de concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, afin de ne pas mettre en danger, avec des eaux trop acides, toute la chaîne trophique marine
- En matière de climat (350 ppm), de biodiversité et d'interférence avec le cycle de l'azote, nous avons d'ores et déjà franchi le seuil de dangerosité

# La réponse du développement durable à cette accumulation des finitudes

- Le découplage : produire (et consommer) plus avec moins de ressources
- Les moyens :
  - L'économie circulaire (les 3 R : *Reduce, reuse and recycle*)
  - L'économie de fonctionnalité (substituer la vente de l'usage d'un bien à la vente du bien lui-même)

# L'échec du DD

- L'inexistence du découplage à l'échelle globale
- Les limites du recyclage :
  - le recyclage ne devrait rien changer à nos problèmes. Avec par exemple l'actuelle croissance de la production annuelle d'acier, soit 3,5 %, un taux de recyclage de 62 % ne fait que reculer de 12 ans l'épuisement des ressources estimées de fer
  - seul un taux de croissance de la consommation inférieur à 1 % assure une efficacité au recyclage



# Caractéristiques des problèmes environnementaux

- Globalité
- Invisibilité
- Imprévisibilité
- Inertie/irréversibilité
- Flux versus pollution : pas de solutions purement technologiques

## Deux types de problèmes

- Les limites opposables à nos activités : le changement climatique, le taux d'érosion de la biodiversité, l'interférence des activités humaines avec les cycles de l'azote et du phosphore, la déplétion de l'ozone stratosphérique, l'acidification des océans, l'usage de l'eau douce et celui des sols, la quantité et la qualité de la pollution chimique et enfin l'impact des aérosols atmosphériques
- Finitude des ressources

# Limites de nos technologies

- Question de la substituabilité:
  - possibilité (stock, systématique, services écologiques, etc.)
  - Légitimité
- Tragédie des communs
- Effet rebond
- Surprises technologiques