



Unité d'Enseignement FONCTIONNEMENT DES ÉCOSYSTÈMES COTIERS

MATIERE I L'HOMME ET L'ÉCOSYSTÈME

Dispensé aux étudiants en MI Ecosystèmes marins/Environnement littoral

Conçu et préparé par:
Pr OUNISSI Makhlouf
Département des sciences de la mer
Faculté des sciences
Université Badji Mokhtar-Annaba



Iconographie ou commentaires propres à L'enseignant

Cours + Travaux dirigés : 20 heures



Travaux pratiques (15 heures)

Fonctionnement hydrologique et écologique de l'estuaire du Mafragh

- Sortie de terrain (prévue mi-avril 2020) et au Lac Mellah, prévue pour la 3^e semaine d'avril 2020,
- Traitement et exploitation des données de terrain sur la gestion des espaces aquatiques, du cycle hydrologique et du capital en eau de la région d'Annaba-El-Taref

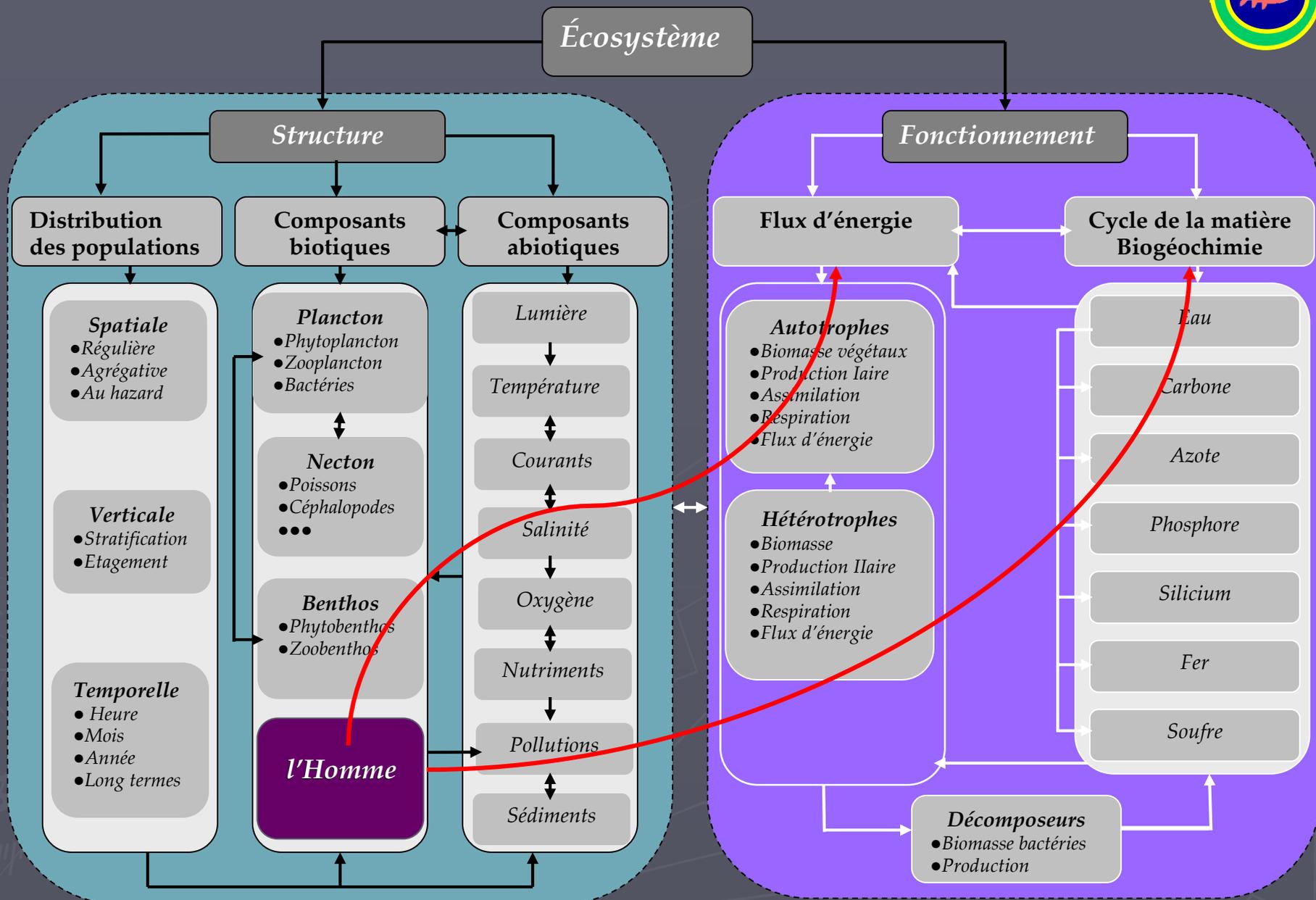
Évaluation

- Examen 50% : fin de l'année InchAllah!!!
- Participation aux sorties de terrain et rapport sur les sorties pédagogiques
- Assiduité au cours-TD : 25% (pour le strict respect du confinement!!!)

Principales références

- **Frontier S. & Pichod-Vialae. 1998.** Écosystèmes. Structure, Fonctionnement, Évolution.
- **Ramade F., 2004.** Éléments d'écologie. Tome 2: Écologie appliquée.
- **Divers documents de sites internet** téléchargeables à partir de google. Composer des mots clés tels que : global changes, nutrient cycling, Ecosystem Energy flow, biogeochemistry, Millennium Ecosystem Assessment, etc.

Schéma simplifié de la structure et du fonctionnement des écosystèmes

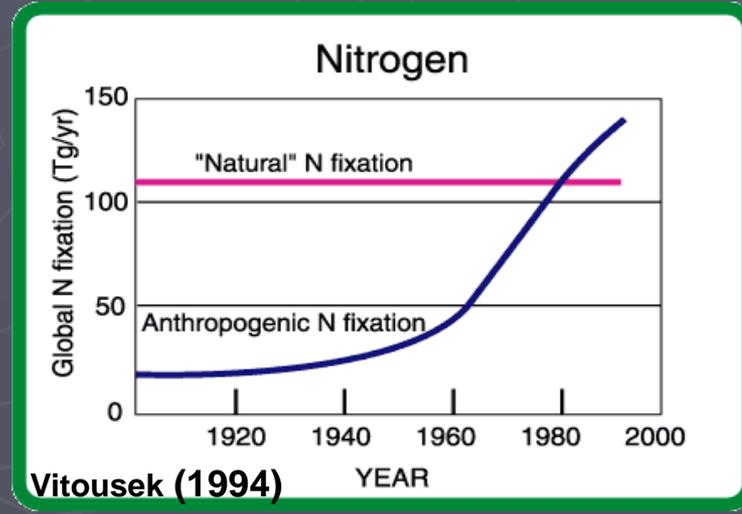
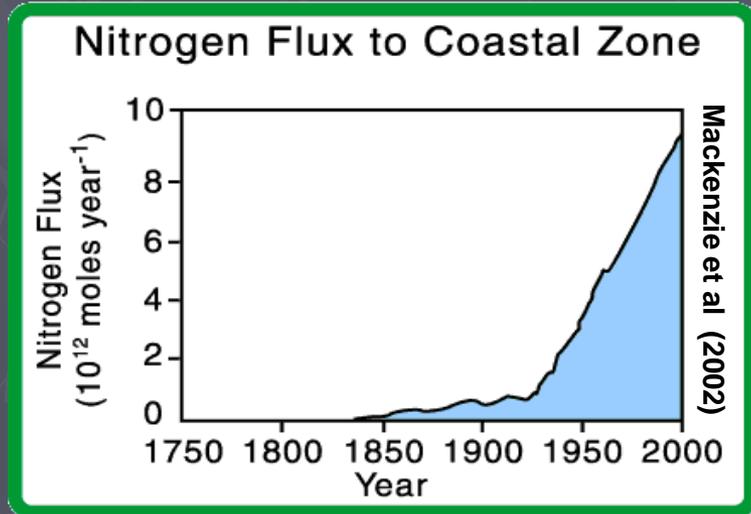
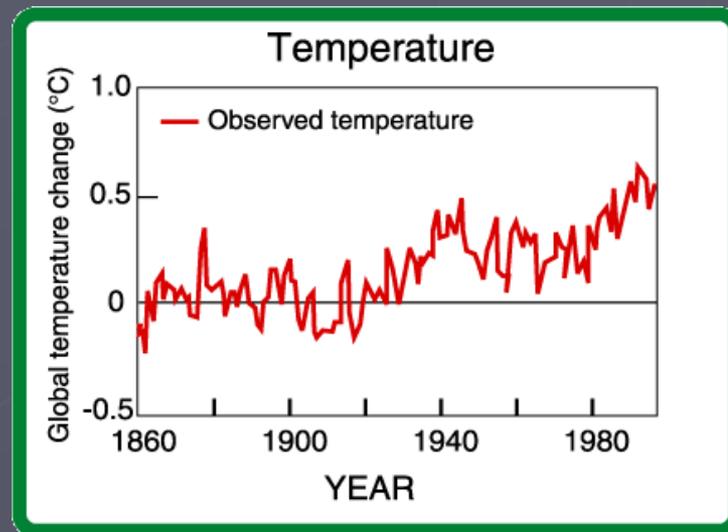
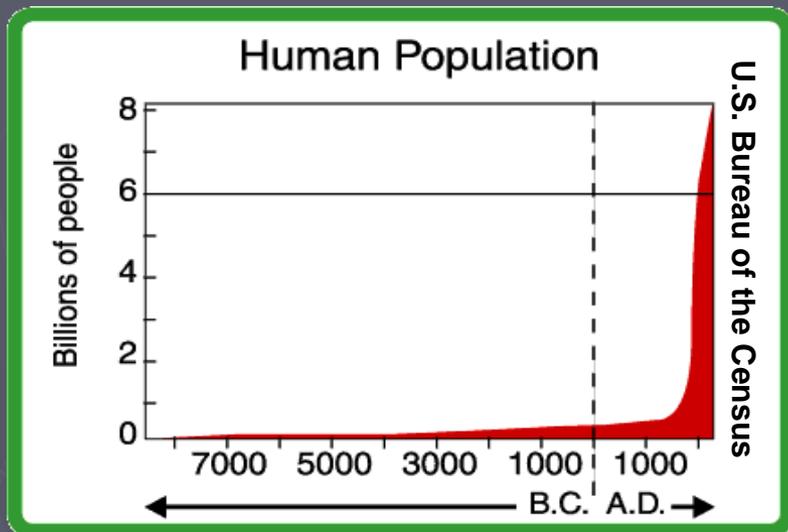


L'HOMME ET L'ÉCOSYSTÈME

Le Changement Global est plus qu'un changement climatique

• Il englobe le naturel et l'effet de l'Homme

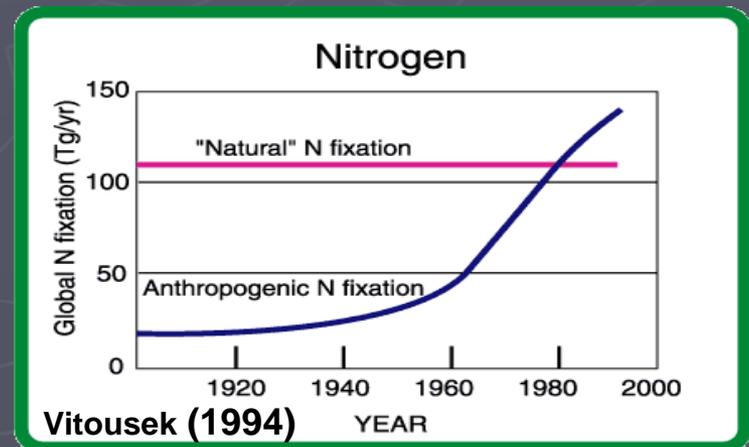
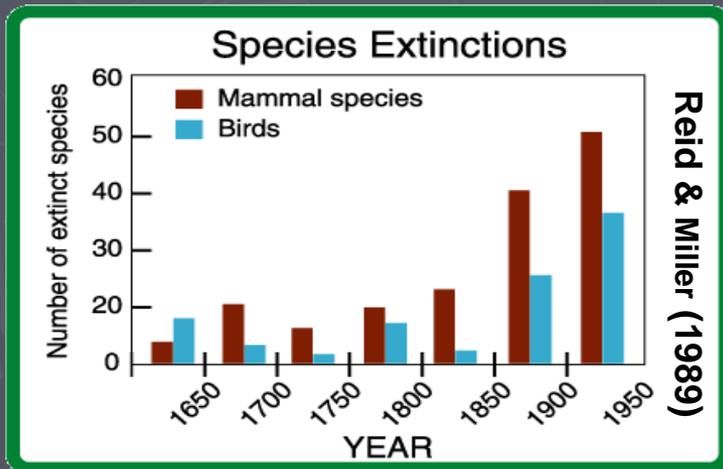
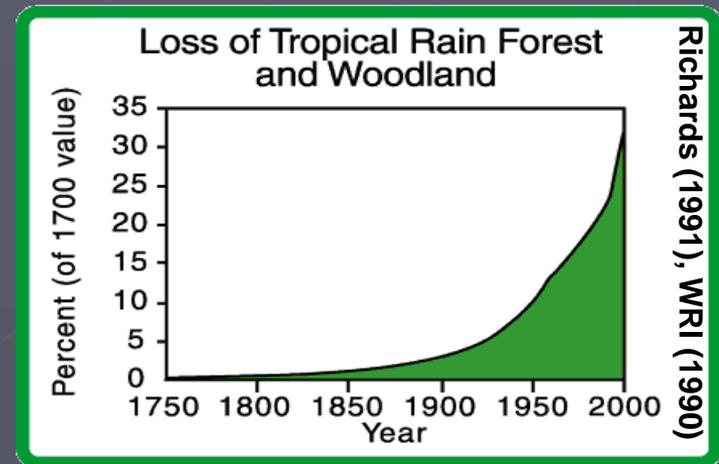
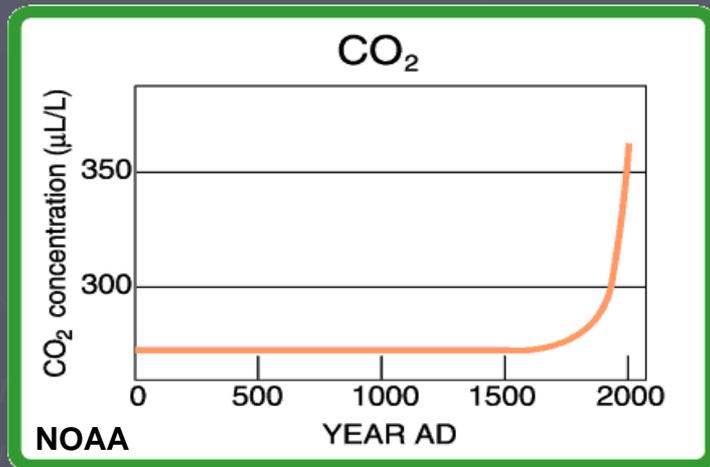
• On peut voir par exemple, d'importants changements globaux :



L'HOMME ET L'ÉCOSYSTÈME

Le Changement Global est plus qu'un changement climatique

- Il englobe le naturel et l'effet de l'Homme
- On peut voir par exemple, d'importants changements globaux :



Constat mondial sur les modifications des écosystèmes (d'après millenium ecosystem assessment)

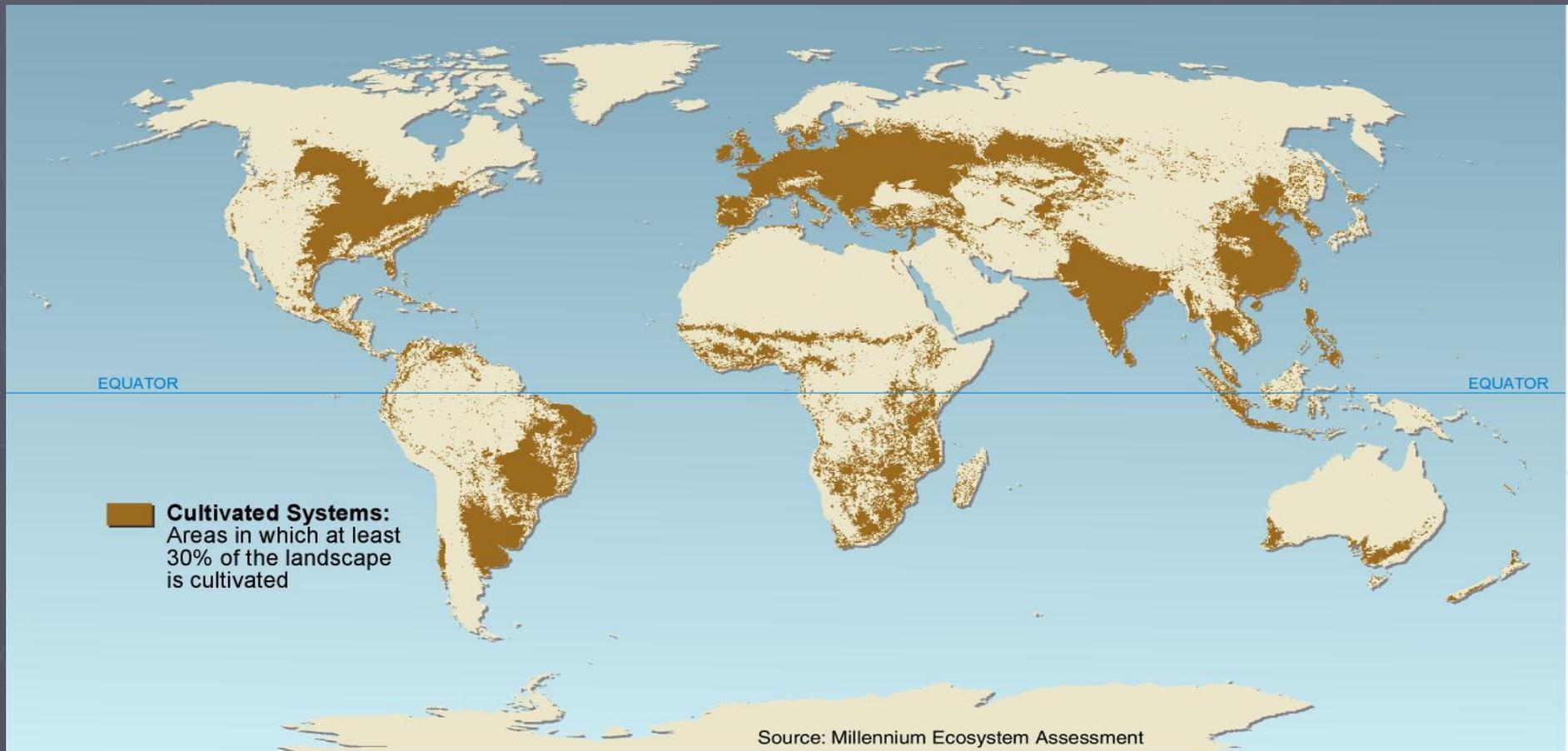
- Durant les 50 dernières années, l'Homme a changé les écosystèmes plus rapidement et extensivement sans précédent dans son histoire, pour satisfaire son développement rapide et sa demande en eau, aliment, carburant, bois.
- Ces changements occasionnés sur les écosystèmes ont contribué substantiellement au bien-être et au développement économique de l'homme, mais ces gains ont été achevés à des coûts élevés sous forme de dégradation des services de beaucoup d'écosystèmes, augmentant les risques de changements irréversibles et de pauvreté pour certains peuples.
- La dégradation des services de l'écosystème devrait significativement augmenter durant la première moitié de ce siècle et constitue une barrière aux objectifs du développement attendus pour ce millénaire.

- Le déficit d'inversement de la dégradation des écosystèmes avec l'exploitation et la demande croissantes de ses services, peut être partiellement réalisée sous certains scénarios considérés par l'Évaluation des Écosystèmes pour le Millénaire (MEA).
- Or cela implique des changements significatifs au niveau des politiques, des institutions et des pratiques qui ne sont pas actuellement suivies.
- Approximativement 60% des services des écosystèmes sont devenues dégradés ou sont utilisées de façon intenable.
- La dégradation des écosystèmes s'accompagne souvent de la dégradation de son bien être à travers la perte des richesses naturelles des pays.

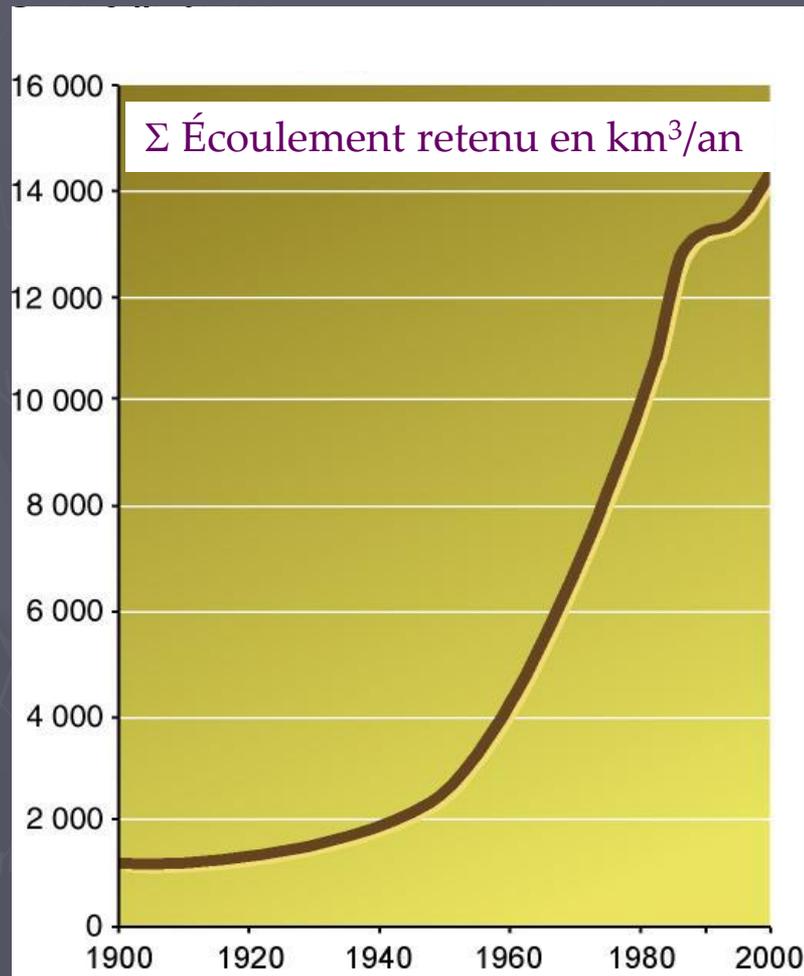
Changements de la structure et du fonctionnement des écosystèmes

En 2000, les systèmes de cultures couvrent 25% de la surface terrestre

En couleur marron, les territoires où 30% des espaces sont cultivés : cultures et aquaculture terrestres



- 20% des récifs coralliens sont perdus ou dégradés durant les dernières décennies
- 35% des mangroves ont été perdus durant les dernières décennies



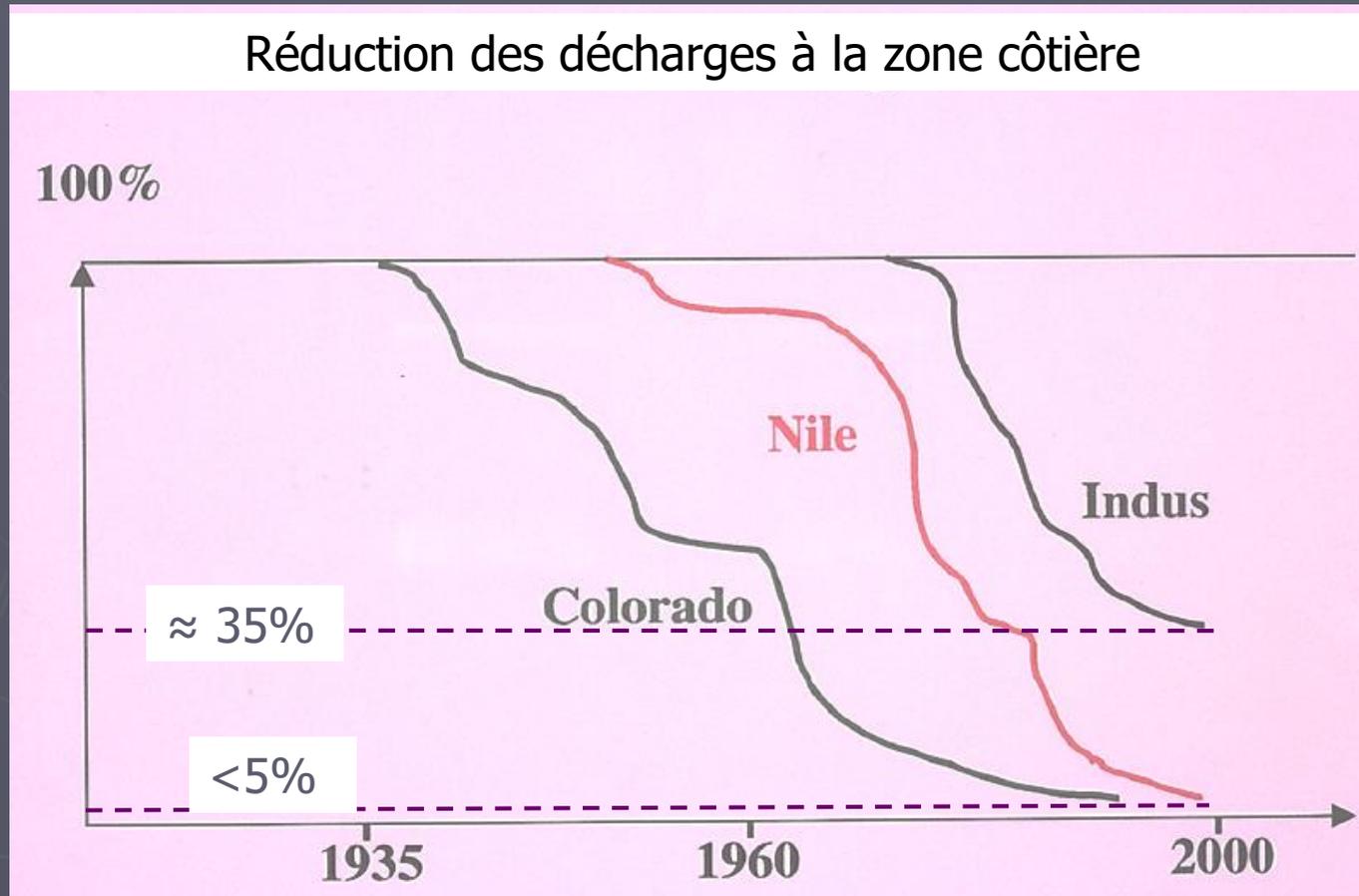
La quantité d'eau des barrages à quadruplé depuis 1960

Le retrait d'eau des rivières et des lacs a doublé depuis 1960

L'écoulement continental retenu dans les réservoirs est 3-6 fois plus important que celui des rivières naturelles

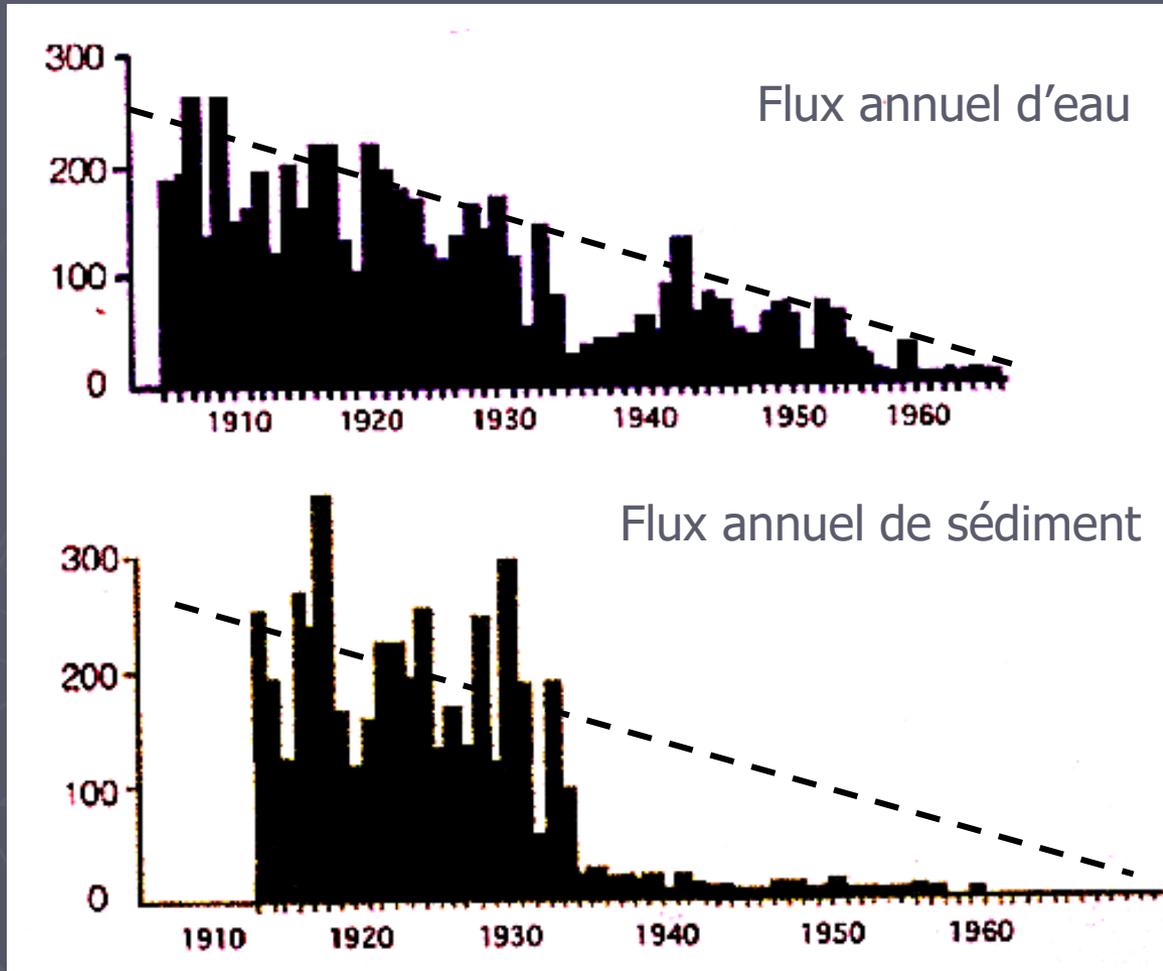
Les grands réservoirs totalisent ~65% du volume global

Tendance schématique des débits de rivières à l'embouchure



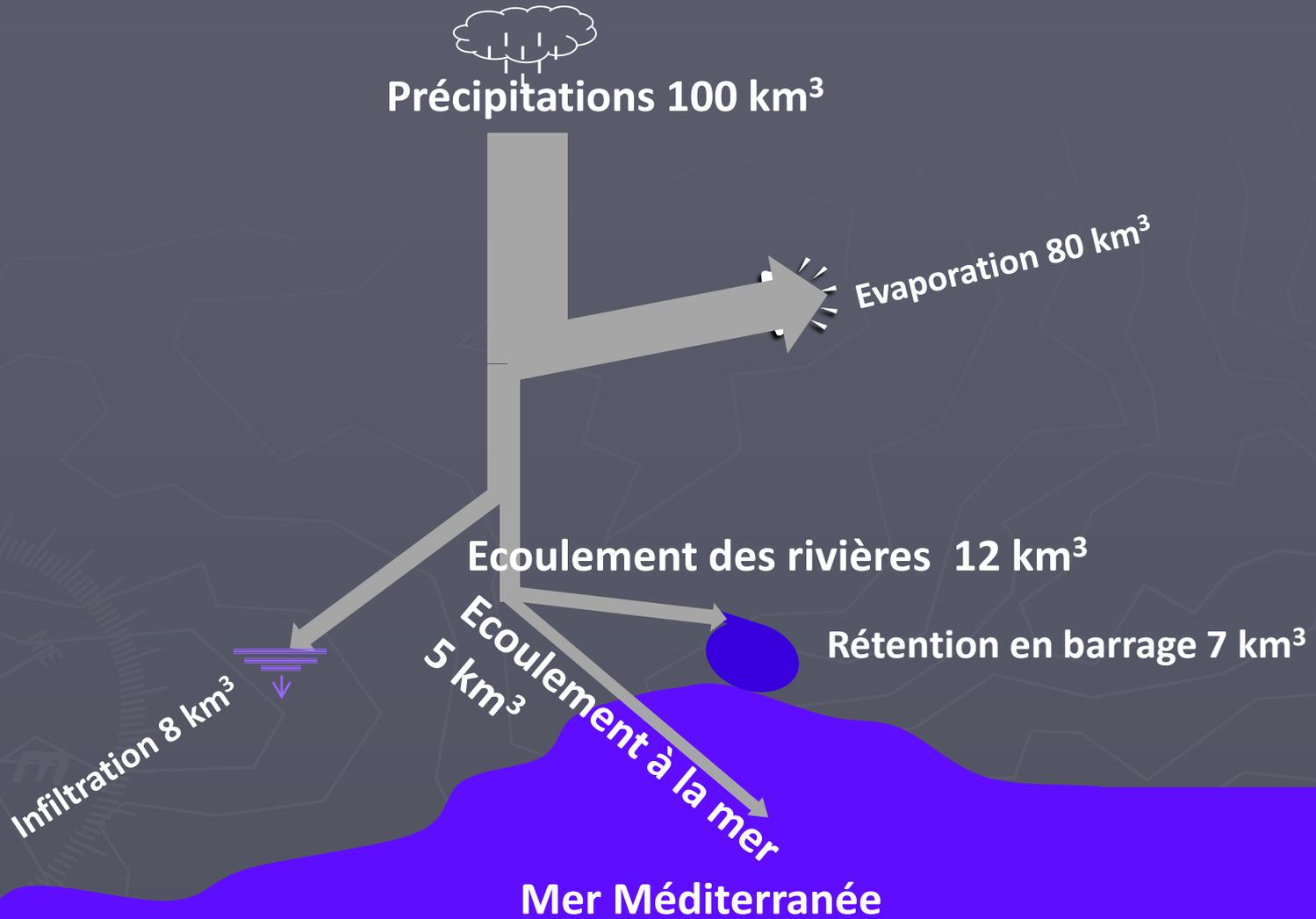
La diminution des débits de rivières diminue le flux de nutriments et de sédiments, ce qui entraîne d'énormes impacts non seulement sur la zone côtière locale (delta du Nil) mais s'étend sur l'hydrodynamique et la pêche en Méditerranée et même en Atlantique

Tendance des flux d'eau (m³/s) et de sédiment dans le fleuve Colorado (1910-1960) après la construction du barrage Hoover en 1936



Le changement du Colorado après la rétention des eaux dans le barrage du Hoover est l'une des plus dramatiques modifications des systèmes de rivières

Capital d'eau en Algérie

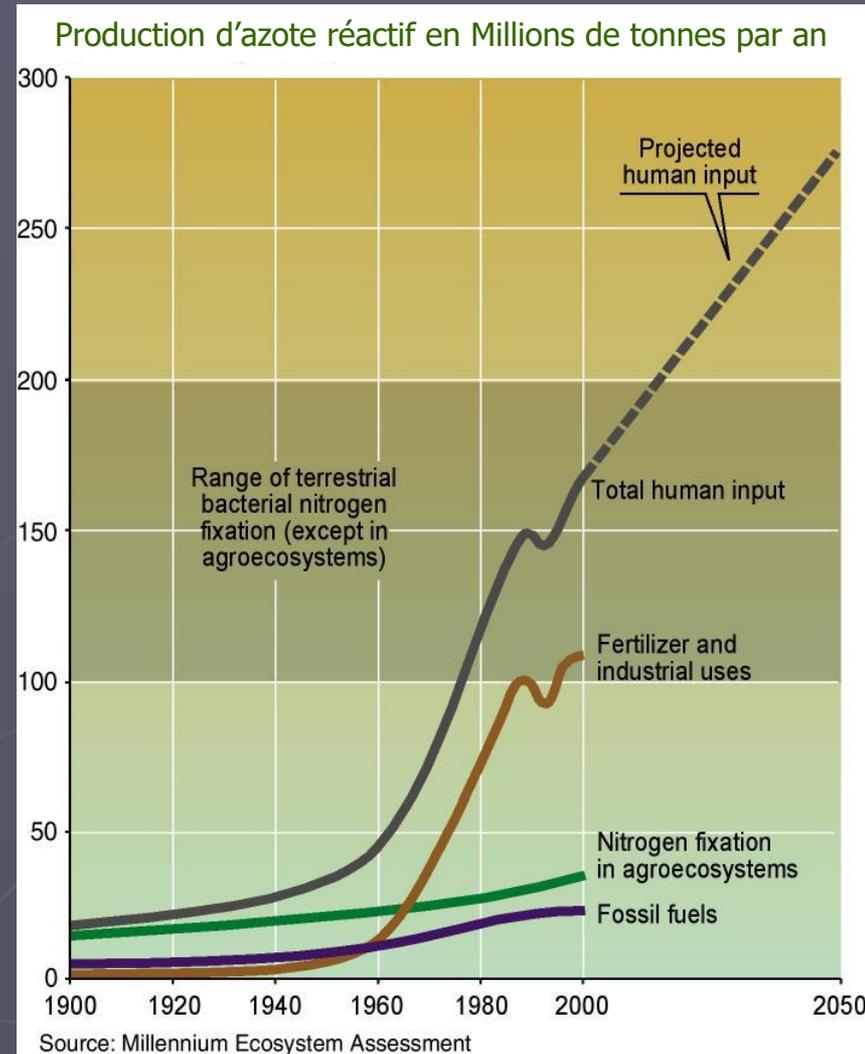


(d'après Benblidia, 2011)

Changements des cycles biogéochimiques

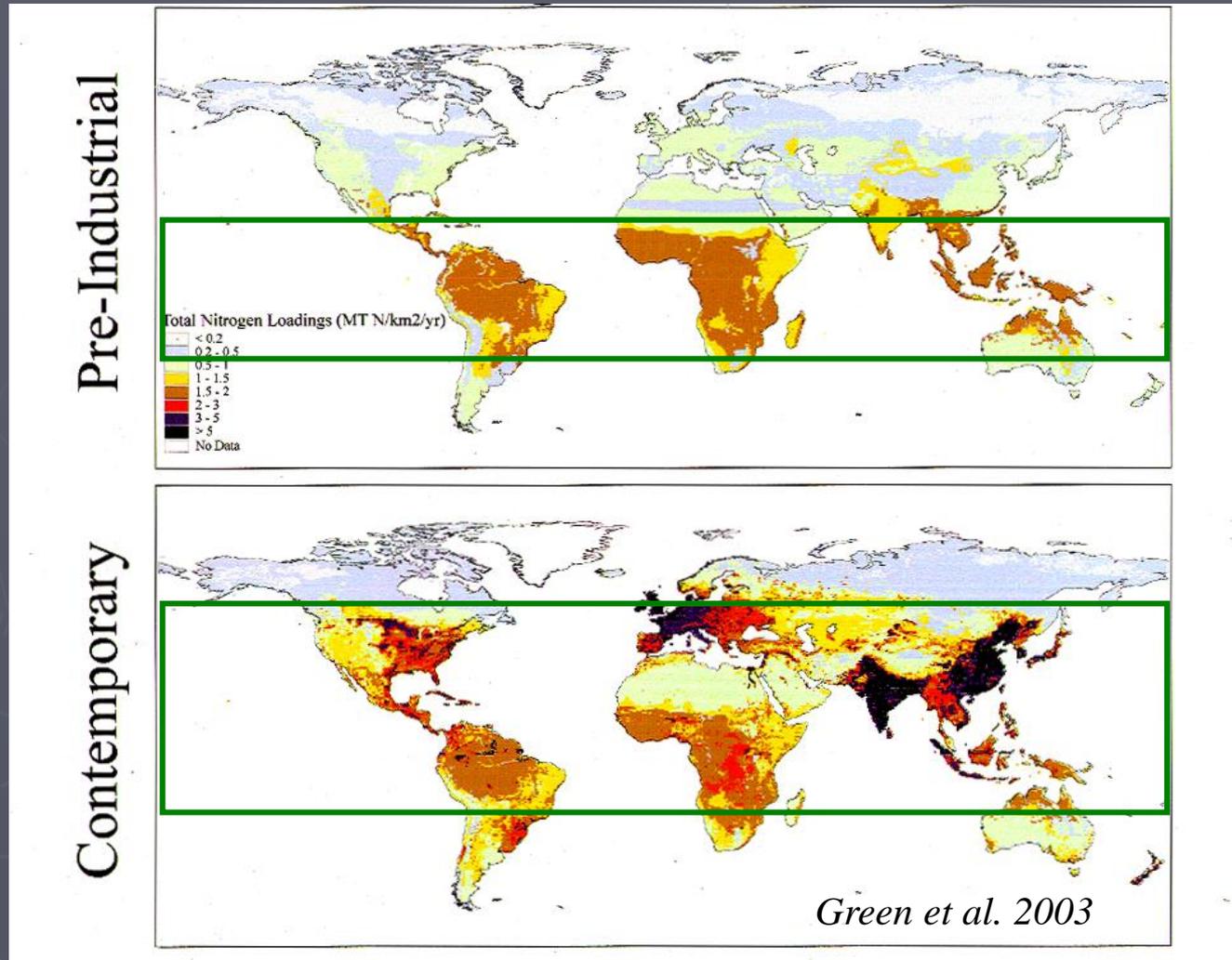
Depuis 1960 :

- Le flux d'azote biodisponible d'écosystèmes terrestres a doublé
- Le flux du phosphore a triplé
- Plus de 50% de l'azote synthétique fertilisant a été utilisé depuis 1985
- 60% de l'augmentation de $[CO_2]$ atmosphérique depuis 1750 s'est fait à partir de 1960



L'Homme produit des quantités d'azote biodisponible autant que toute source naturelle, ce qui conduit à une augmentation de 65% à l'horizon 2050

Flux global de l'azote des rivières



- Le flux global de l'azote a plus que triplé (3 fois)
- Sur le plan régional, le flux a augmenté de 10 fois
- L'Agriculture & l'urbanisation sont les sources majeures d'azote



- Le transfert des matières de rivières à la mer joue un rôle crucial dans les équilibres hydrologiques, du carbone, des nutriments (Azote N, Phosphore P et Silicium Si), des sédiments et de la biodiversité des eaux de surface ([Meybeck, 2003](#)).
- Les rivières jouent un rôle particulier dans le soutien de la production de la Méditerranée où les zones productives sont limitées à la côte adjacente ([Boch et al., 2004](#)).
- La préservation de la productivité et de l'état de l'écosystème côtier devient donc une priorité pour la stabilité du développement socio-économique de la région méditerranéenne ([Turley, 1999](#)).
- La productivité des écosystèmes continentaux aquatiques est contrôlée par la disponibilité du P alors que les écosystèmes marins sont plutôt contrôlés par la disponibilité de N ([Howarth and Marino, 2006](#)).



- La construction des barrages sur les rivières méditerranéennes et les prélèvements d'eau pour l'irrigation ont évolué depuis les années 1960 et ont largement réduit le débit des rivières d'au moins 20% ce qui a profondément modifié leur fonctionnement naturel ([Humborg et al., 2008](#) ; [Ludwig et al., 2009](#)),
 - Parallèlement à la réduction des débits et du Si retenu dans en grandes proportions dans les barrages, les flux en N et en P ont 3 à 5 fois augmenté ([Meybeck, 2003, Ludwig et al., 2009](#)) et les rapports Si/N/P se sont modifiés.
 - La diminution du rapport Si/N occasionne de sévères modifications du réseau trophique côtier y compris les ressources halieutiques ([Turner et al., 2003](#)). Pourtant les ressources côtières représentent l'essentiel du revenu des populations riveraines.

Importance des sels nutritifs (Azote, phosphore et Silicium)

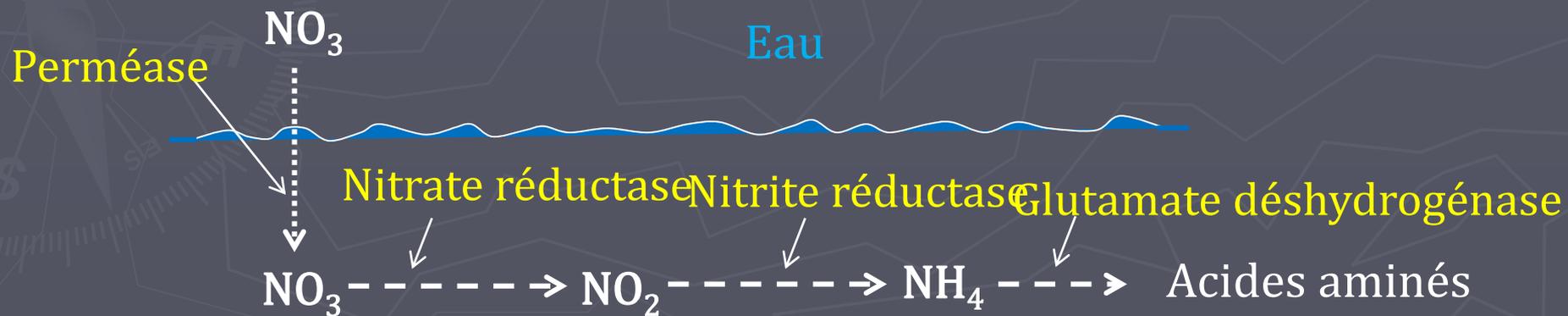


Azote (N)

Les formes assimilables pour les producteurs primaires comme le phytoplancton et les organismes photosynthétiques en général sont :

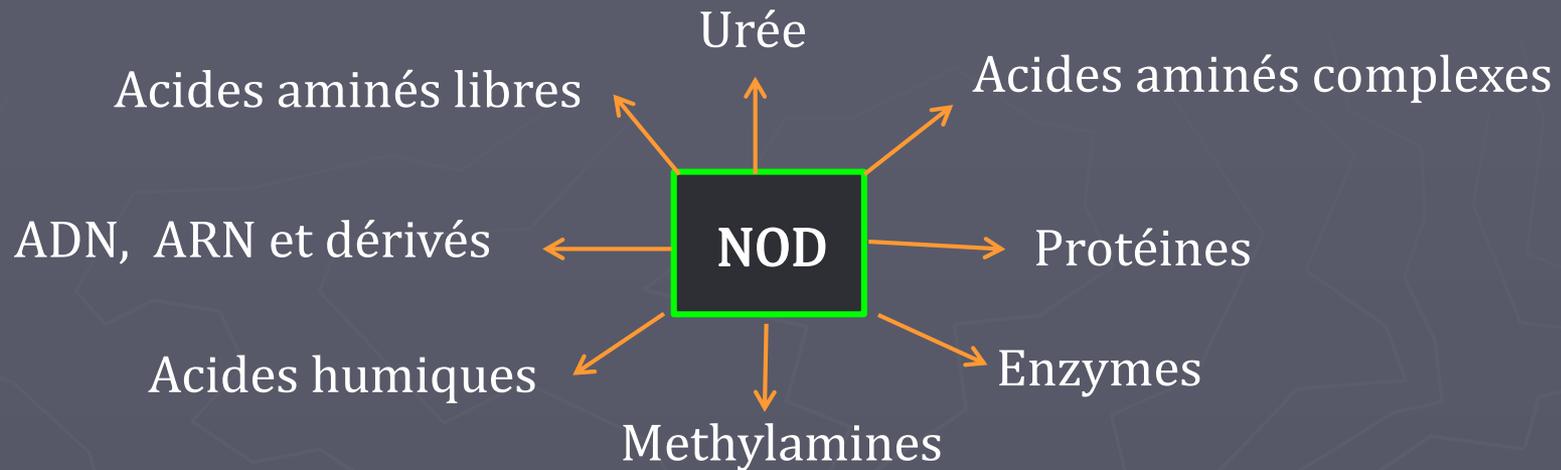
- Les ions d'ammonium (NH_4^+).
- Les nitrates (NO_3^-).
- L'azote organique dissous (NOD).

L'ammonium est la forme préférée pour le phytoplancton car énergétiquement avantageux, et directement convertit en acides aminés à l'aide de l'enzyme glutamate déshydrogénase ([Bougis, 1974](#))

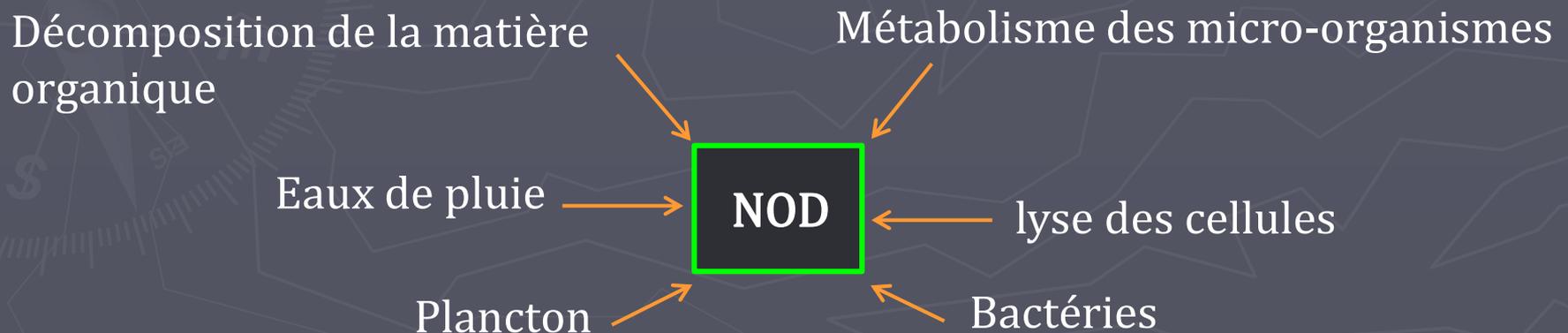




Composition de l'azote organique dissous (Hansell and Carlson, 2002)



Source de l'azote organique dissous (Hansell and Carlson, 2002)

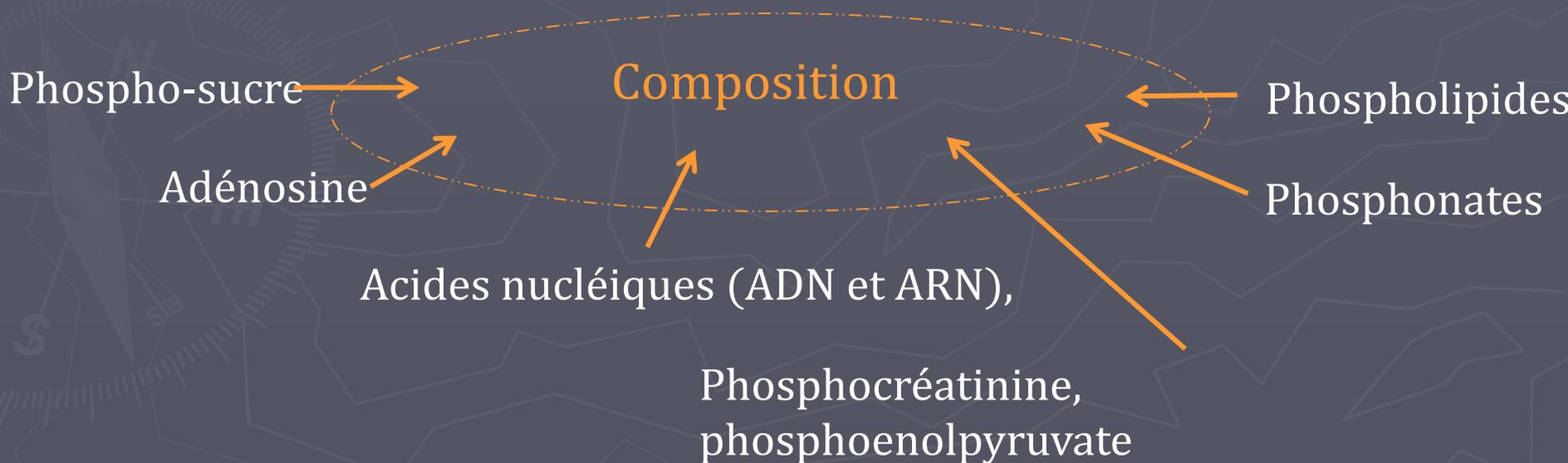




Phosphore (P)

Composition et rôle de phosphore (Monaghan and Ruttenberg, 1999)

- Le phosphore est essentiel à la croissance de tout organisme vivant.
- Indispensable à croissance des végétaux
- Joue donc un rôle clés dans la productivité aquatique





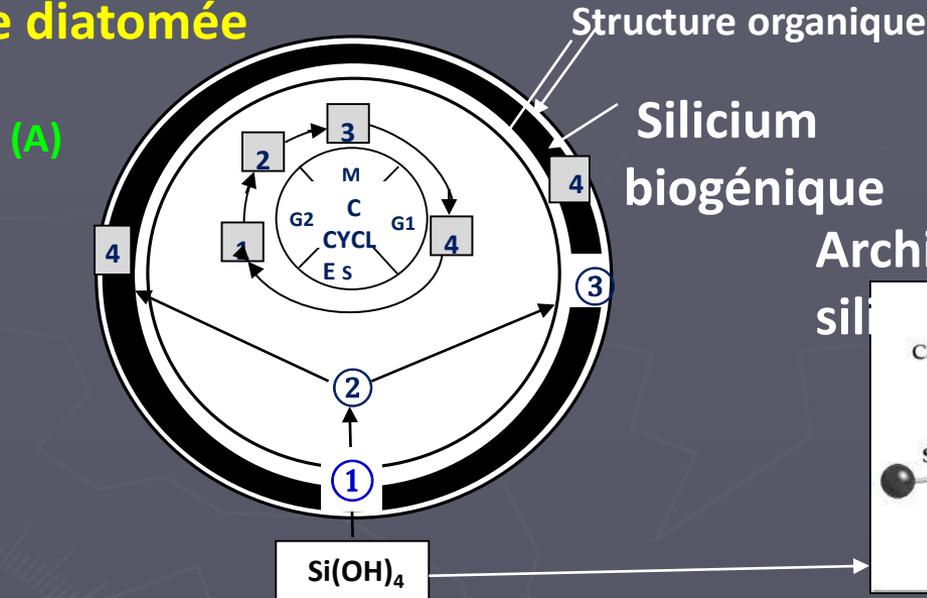
Silicium (SiO_4)

- Le Si est le 2^e élément abondant après l' O_2 dans la lithosphère, il représente 28%
- Il est présent dans plus de 370 minéraux et provient de l'altération des roches par les agents atmosphériques, ensuite transporté par les cours d'eaux
- Le silicium est un élément essentiel pour la croissance du phytoplancton siliceux (diatomées), des silicofalgellées, des radiolaires et des éponges ([Schlesinger, 1997](#)).
- Les taxons de diatomées exigeants vis-à-vis du silicium, forment en effet plus de 60 % de la production primaire aquatique ([Humborg et al., 2000](#); [Tréguer et al., 1995](#))



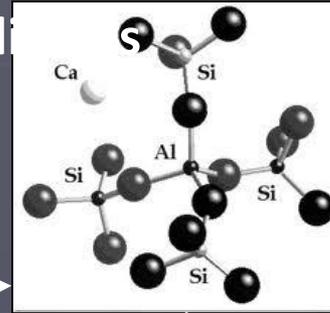
Absorption du Si par les diatomées

Cellule de diatomée

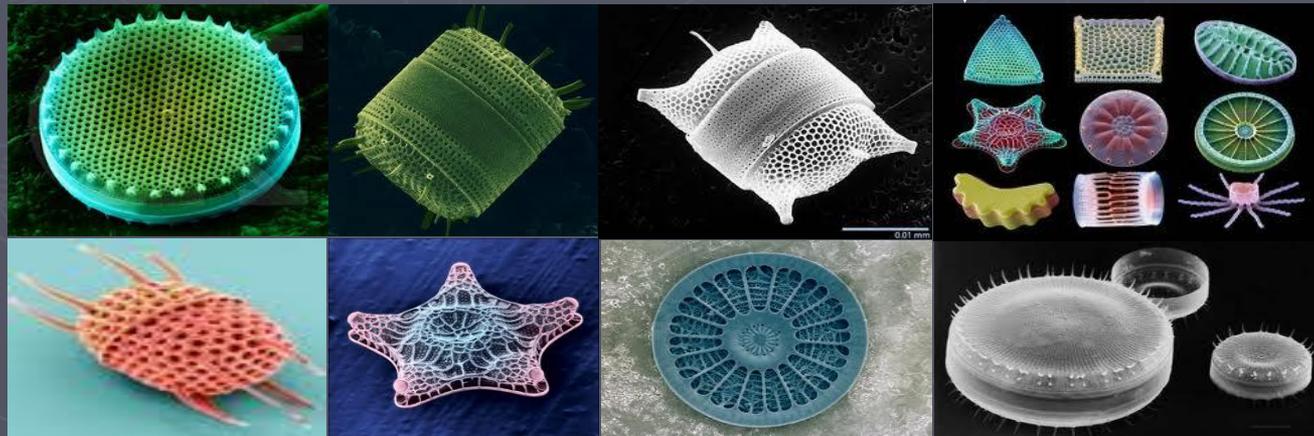


(B)

Architecture des sil



(C)





Le Si joue un rôle indispensable dans le cycle global de la matière en particulier dans le cycle du carbone.

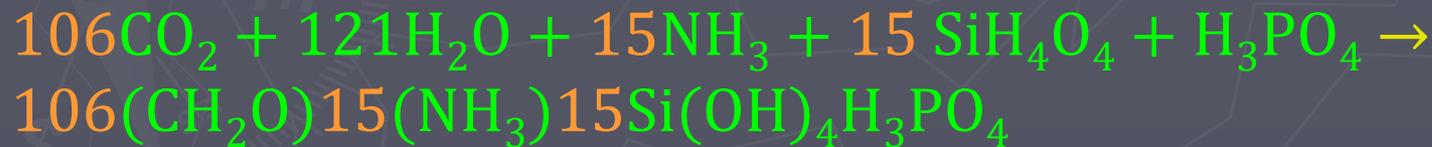
Il contribue doublement à l'élimination du carbone atmosphérique par :

(1) Lessivage selon la réaction :



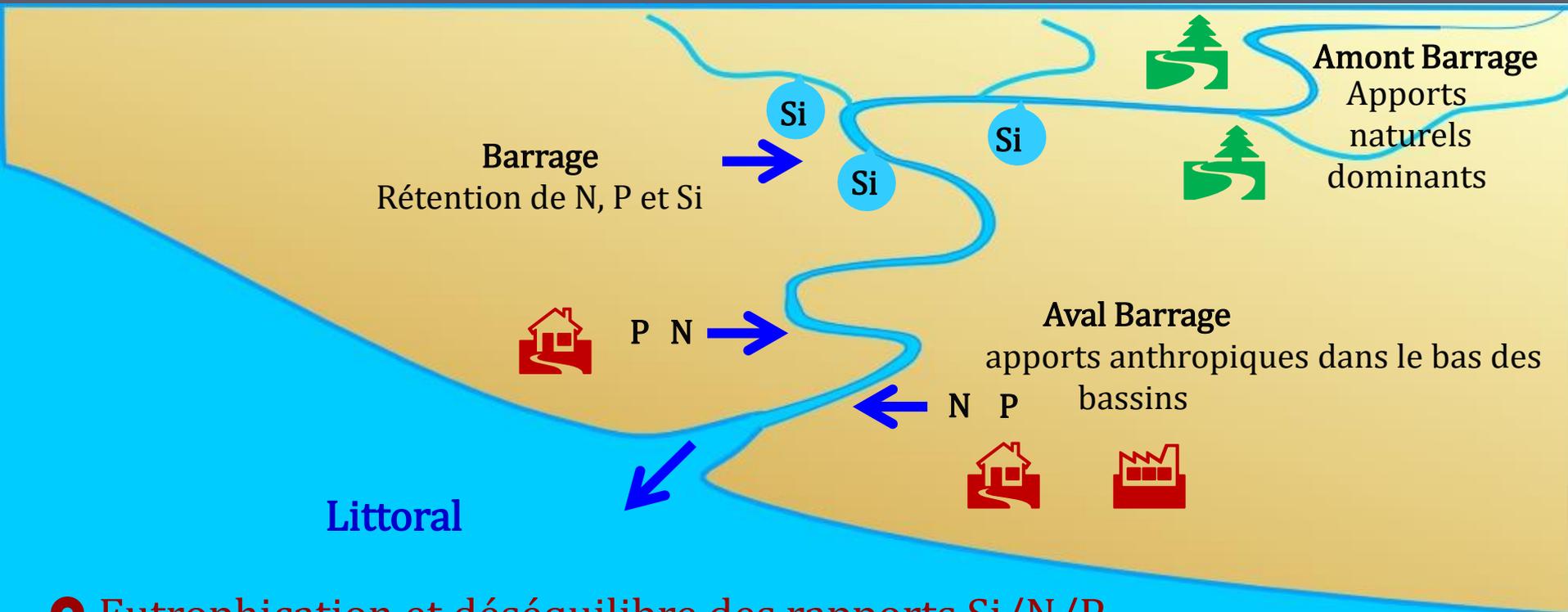
(2) élimination biologique :

Les diatomées absorbent le CO_2 atmosphérique dissous dans l'eau et les nutriments (N, P et Si) pour fabriquer leurs propres matières organiques et leur enveloppes formées essentiellement de Si selon la réaction :



D'où les Rapports ou coefficients de Redfield : C/N/Si/P = 106/15/15/1

Transfert et modification biogéochimiques de N, P et Si à l'interface continent-mer



- Eutrophication et déséquilibre des rapports Si/N/P
- Bloom à Dinophycées et ✓ de l'abondance des diatomées et des Copépodes
- Diminution des ressources halieutiques (sardines et anchois)
- Disfonctionnement des écosystèmes côtiers
- Diminution de stock de la crevette et de sardine en Egypte après la construction du grand barrage d'Aswan en 1968
- Effondrement du stock d'Anchois, patrimoine de la nation Turque à la suite de la réduction des apports du Danube



Flux en nutriments



Dans la zone tempérée : (Amérique du Nord, Europe, Chine)

Correspond à 27,5% en surface terrestre mais contribue à 52% au flux du P- PO_4^{3-} et 6% au flux de l'azote inorganique aux océans

Les régions arides+ les régions humides tropicales + le subarctique

correspondent à 51% en surface terrestre mais contribue seulement à 30% du flux du P- PO_4^{3-} et 21,3% au flux de l'azote inorganique aux océans

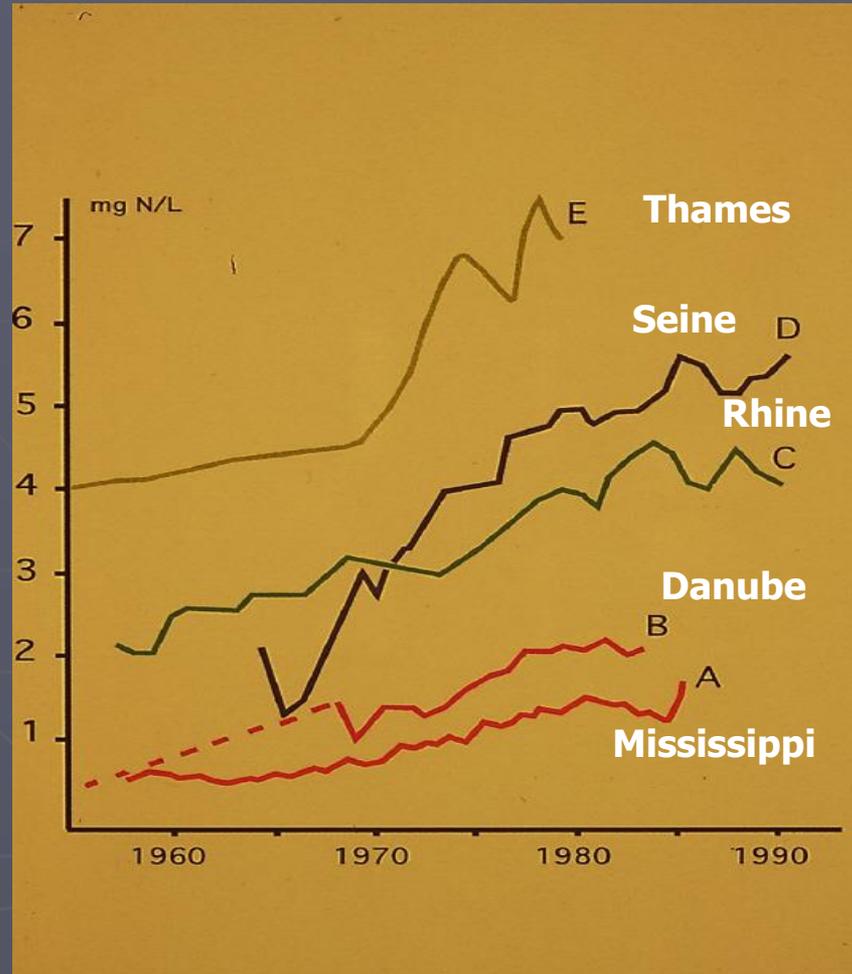
Ordre des valeurs de flux

Les rivières les plus polluées représentant seulement 5% de décharge hydrique, contribuent cependant à un flux de :

- 32% pour les NO_3^-
- 48% l' NH_4^+
- 54% de PO_4^{3-}

Tendance des nitrates dans les principales rivières mondiales

- De 1960 à 1990 les nitrates ont au moins doublé dans la plupart des grandes rivières



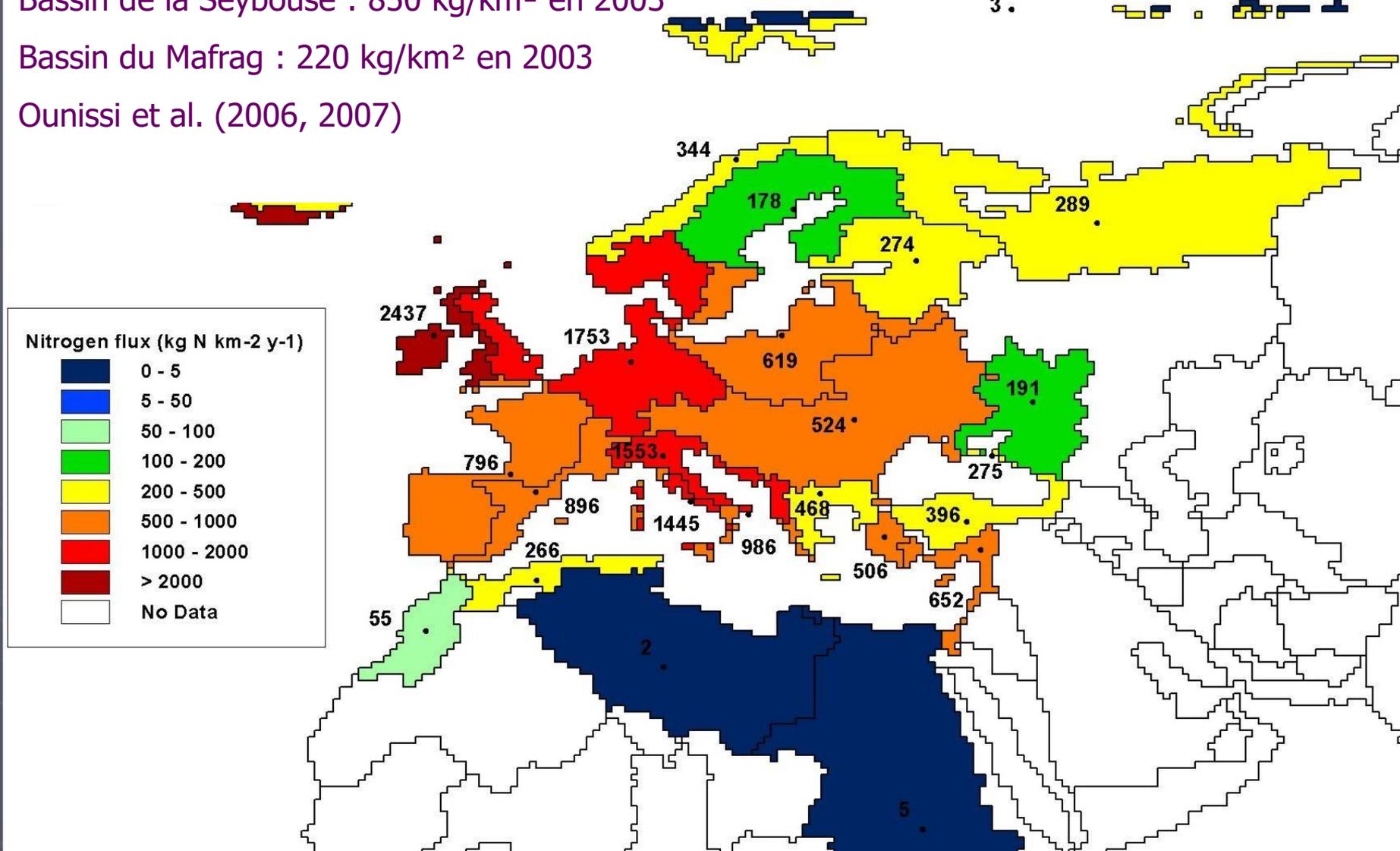
Seybouse \approx Seine
2002 : 4,5 mg N/l
2006: 6,5 mg N/l

- Les teneurs maximales sont aussi observées dans les petits bassins versants exposés à l'usage de fertilisants agricoles

Bassin de la Seybouse : 850 kg/km² en 2003

Bassin du Mafrag : 220 kg/km² en 2003

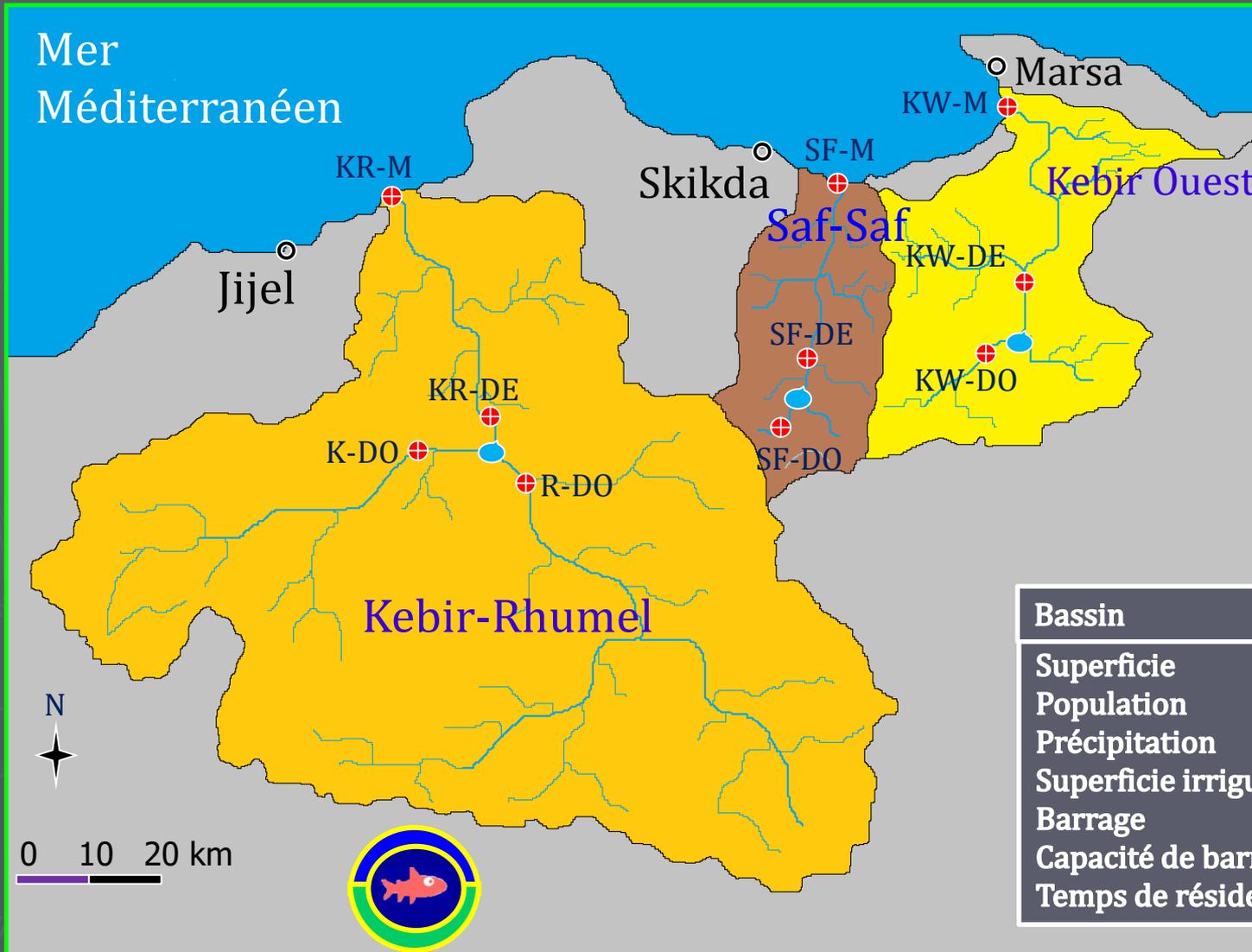
Ounissi et al. (2006, 2007)



Les bassins côtiers sont très explicit pour la comparaison du flux global (database : Green et al. 2004 Biogeochemistry)

Un exemple : Les bassins côtiers N-E Algérie

Caractéristiques géographiques des bassins



Saf-Saf
1 185 Km ²
500 Milles
819 mm
6000 ha
Zerdaza
30 Millions m ³
1 mois

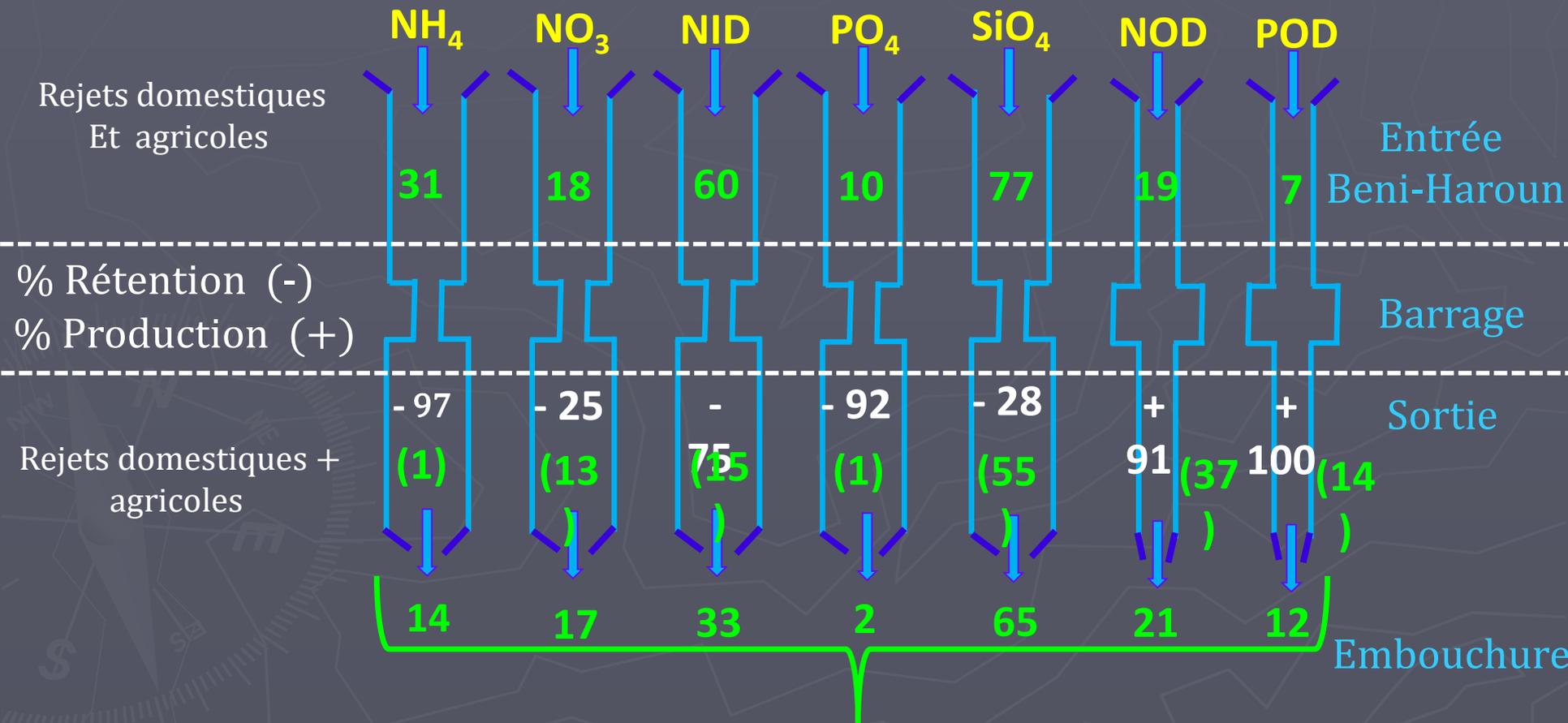
Kebir Ouest
1900 Km ²
57 Milles
595 mm
7000 ha
Zit-Amba
120 Millions m ³
29 mois

Bassin
Superficie
Population
Précipitation
Superficie irrigué
Barrage
Capacité de barrage
Temps de résidence

Kebir-Rhumel
8110 Km ²
2,5 Millions
866 mm
12 000 ha
Beni-Haroun
960 Millions m ³
48 mois



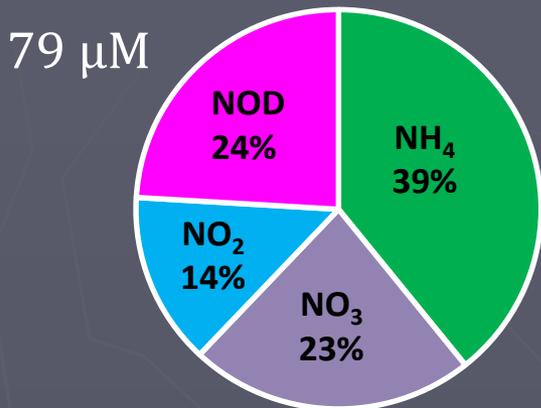
Evolution des teneurs des nutriments (μM) dans le bassin KEBIR-RHUMEL



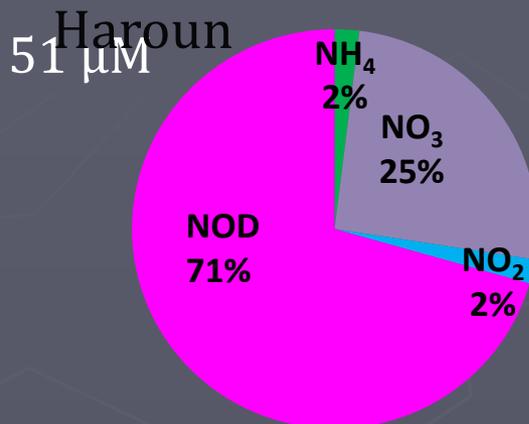
Composition de l'azote dissous dans le bassin KEBIR-RHUMEL



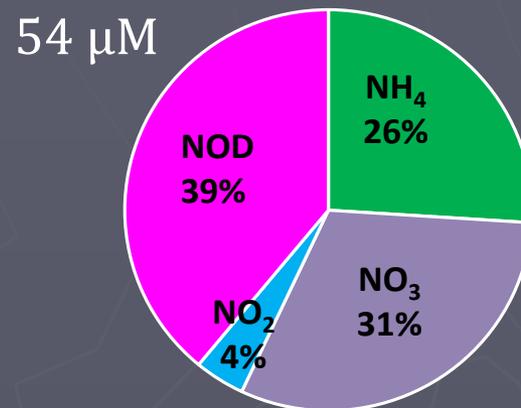
Entrée Beni-Haroun



Sortie Beni-

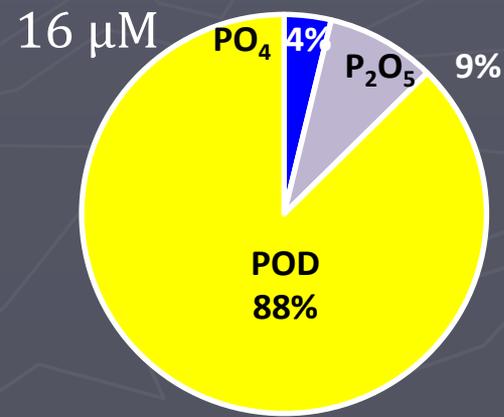
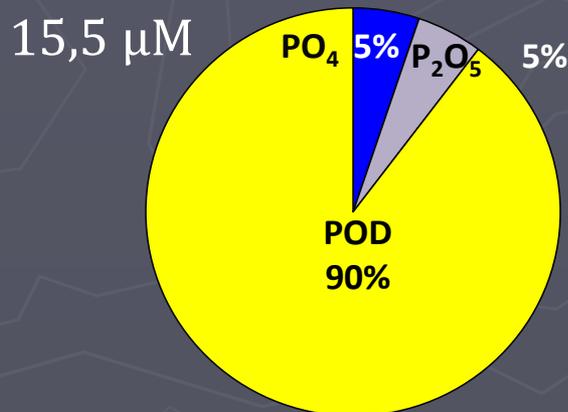
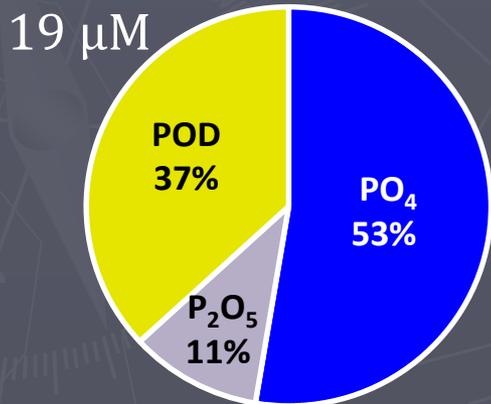


Embouchure Kebir-Rhumel



Transformation de l'azote inorganique en azote organique dissous

Composition du phosphore dissous dans le bassin KEBIR-RHUMEL



Transformation du phosphore inorganique en phosphore organique dissous

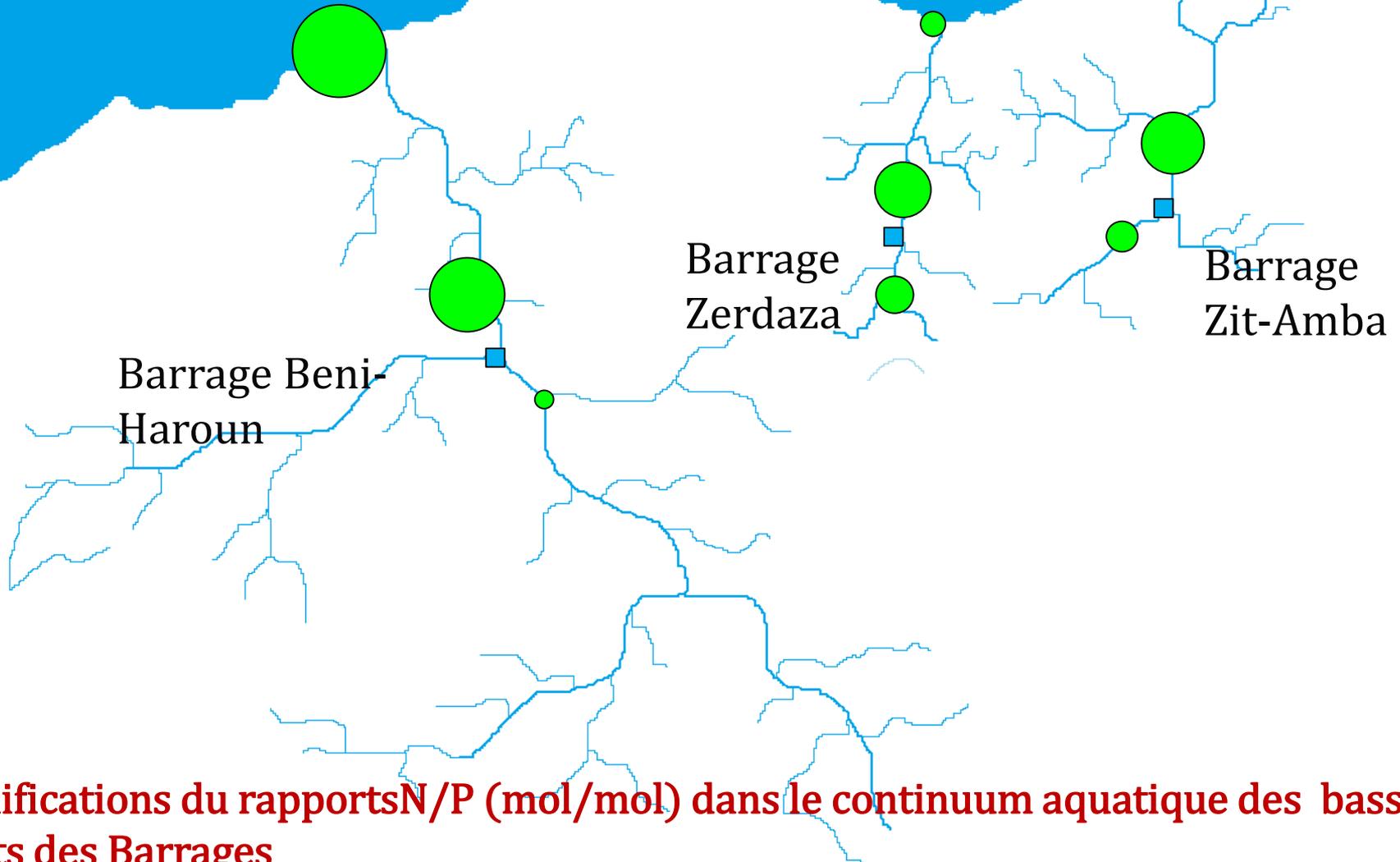
Irrigation, barrages & eutrophisation : *La rétention du silicium*

L'irrigation consomme actuellement près de 4 000 km³/an (= 5% de l'écoulement mondial, Shiklomanov, 1998)

La rétention des nutriments par les barrages tel que le silicium combinée avec l'augmentation des flux en N et en P durant les 50 dernières années a généré des changements majeures du rapport N:P:Si dans les eaux de rivières introduites au littoral.

Il s'ensuit des dystrophies comme pour les côtes adjacentes au Danube et au Mississippi (la Seybouse n'échappe pas à ce constat, comme on le verra plus ultérieurement au dernier chapitre)

	Mississippi		Seybouse
	1900	2000	2007
Si:N (g/g)	48	0.9	0,5



**Modifications du rapports N/P (mol/mol) dans le continuum aquatique des bassins.
Effets des Barrages**

● 10 (mol/mol)

● 20 (mol/mol)

● 40 (mol/mol)

Bénéfices de l'homme au détriment des écosystèmes

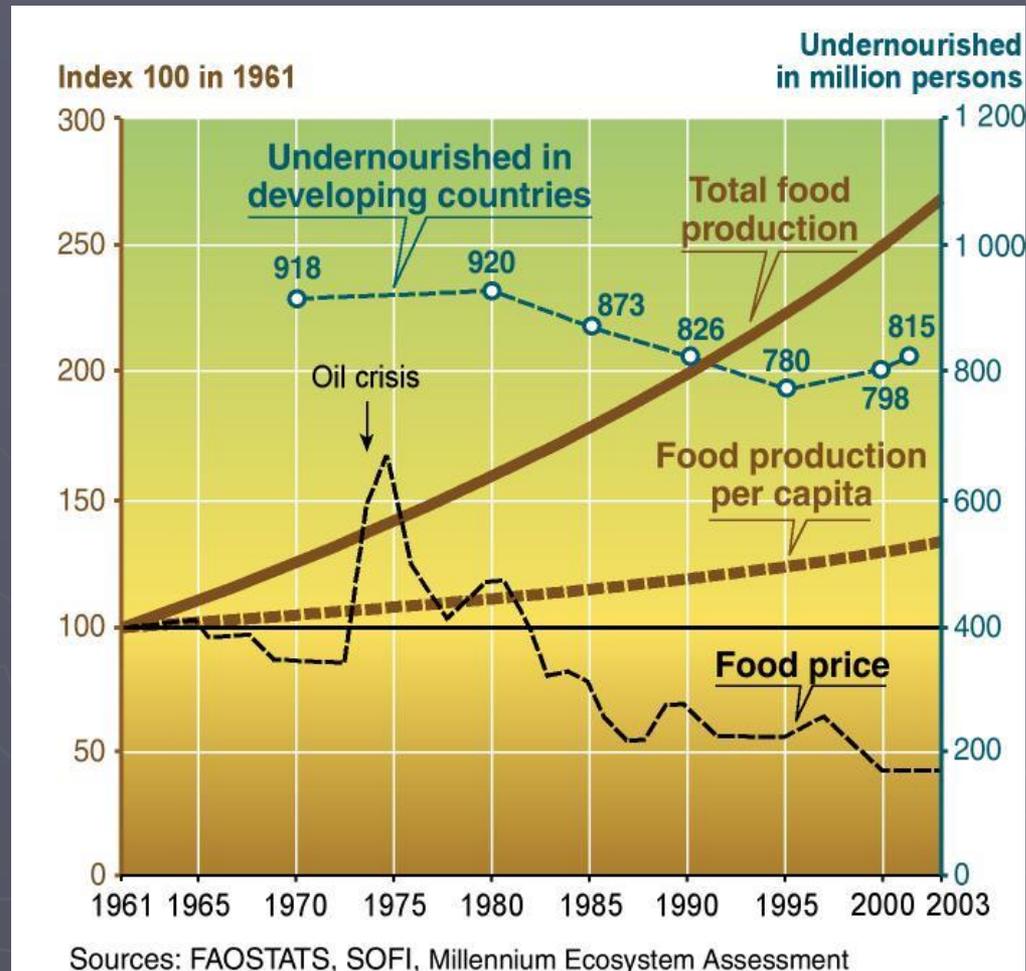
Croissance rapide de la demande des services de l'écosystème entre 1960 et 2000 :

- La population mondiale a doublé passant de 3 à 6 Milliards d'habitants
- L'économie global a augmenté plus que 6 fois

Pour satisfaire la demande :

- ▶ La production d'aliments a augmenté 2 ½
- ▶ La consommation de l'eau a doublé
- ▶ La production de bois (pour fabrication de tissus et de papiers) a triplé
- ▶ Les installations hydroélectrique ont doublé de capacité

Bénéfices de l'homme



- La production d'aliments a plus que doublé depuis 1960
- La production d'aliments par habitant s'est également accrue
- Le prix de l'aliment a diminué

L'économie humaine est basée sur les industries des services de l'écosystème

Contribution de l'agriculture

- L'Agriculture offre 50% des forces de travail de la population mondiale
- L'Agriculture représente 24% du Produit National Brut pour beaucoup de pays en voie de développement

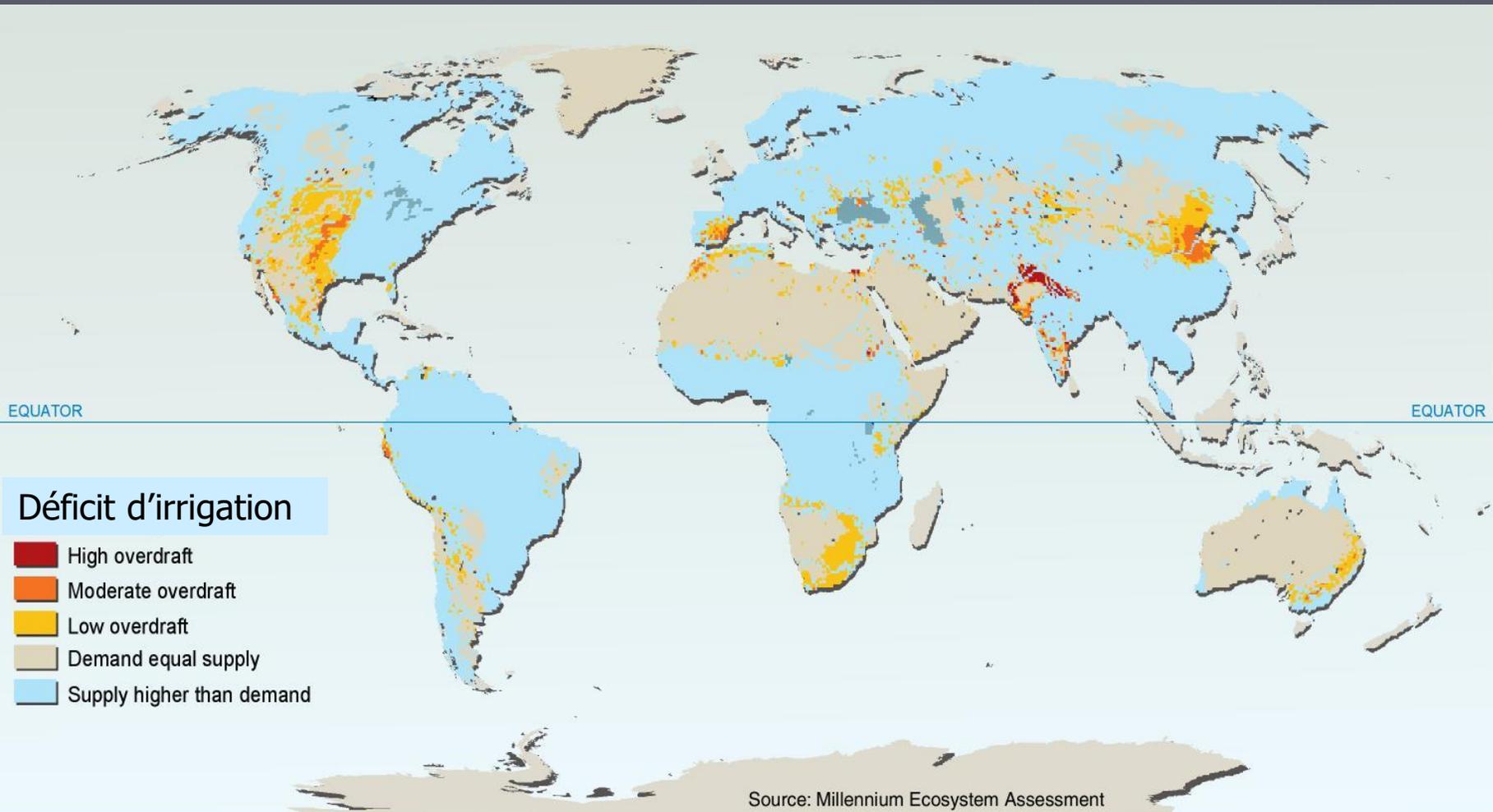
Valeur marchande de l'industrie des services de l'écosystème

- Production d'aliments : 980 Milliards \$ par an
- Industrie du bois : 400 Milliards \$ par an
- Pêche marine : 80 Milliards \$ par an
- Aquaculture marine: 57 Milliards \$ par an
- Tourisme (y compris chasse et pêche): >75 Milliards \$ par an au États Unis seulement

Déficiences des réserves en eau

La demande à long terme en eau ne subvient qu'à 5-25%

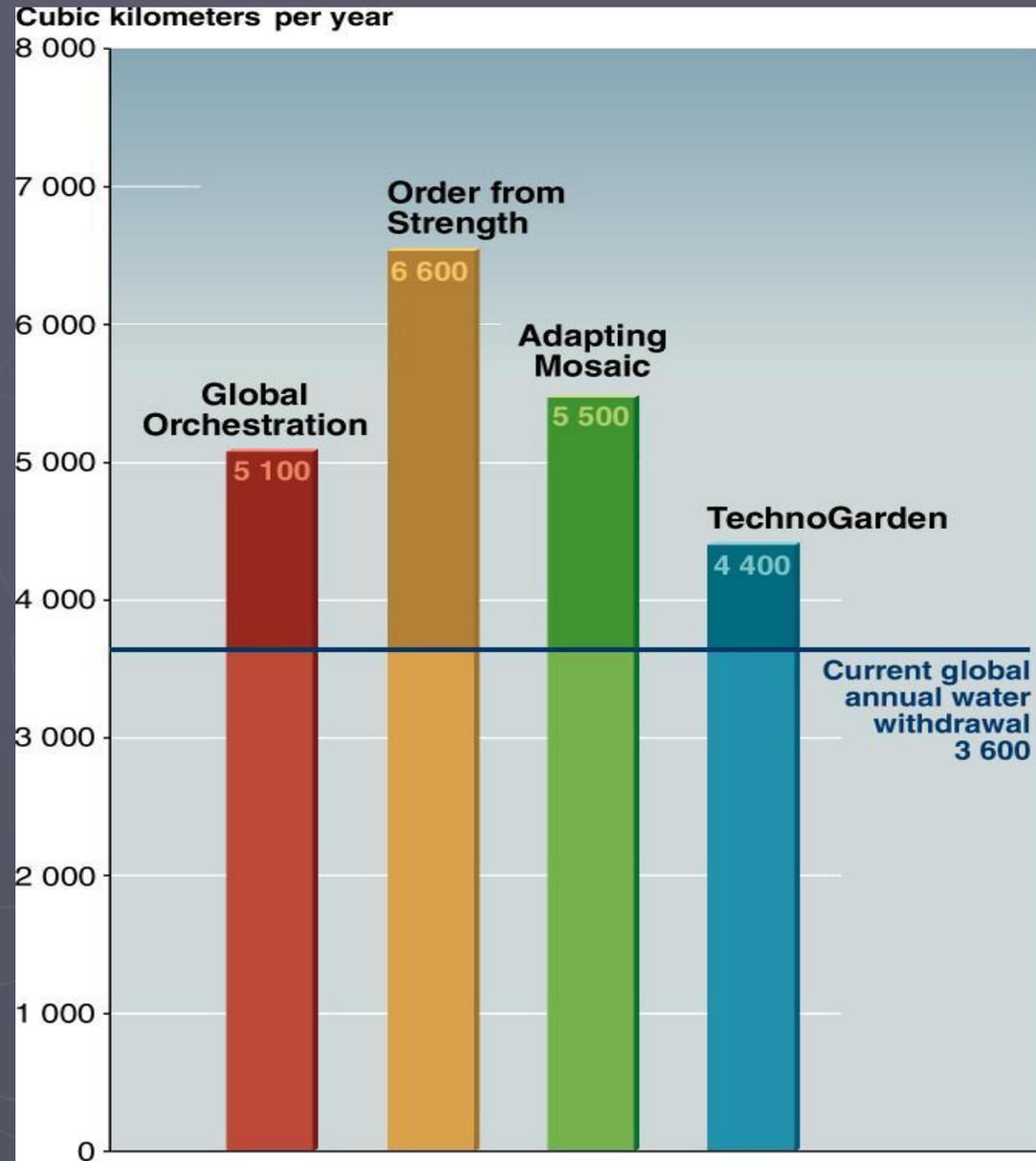
15 - 35% des prélèvements d'irrigations excèdent le taux des apports



Disponibilité de l'eau

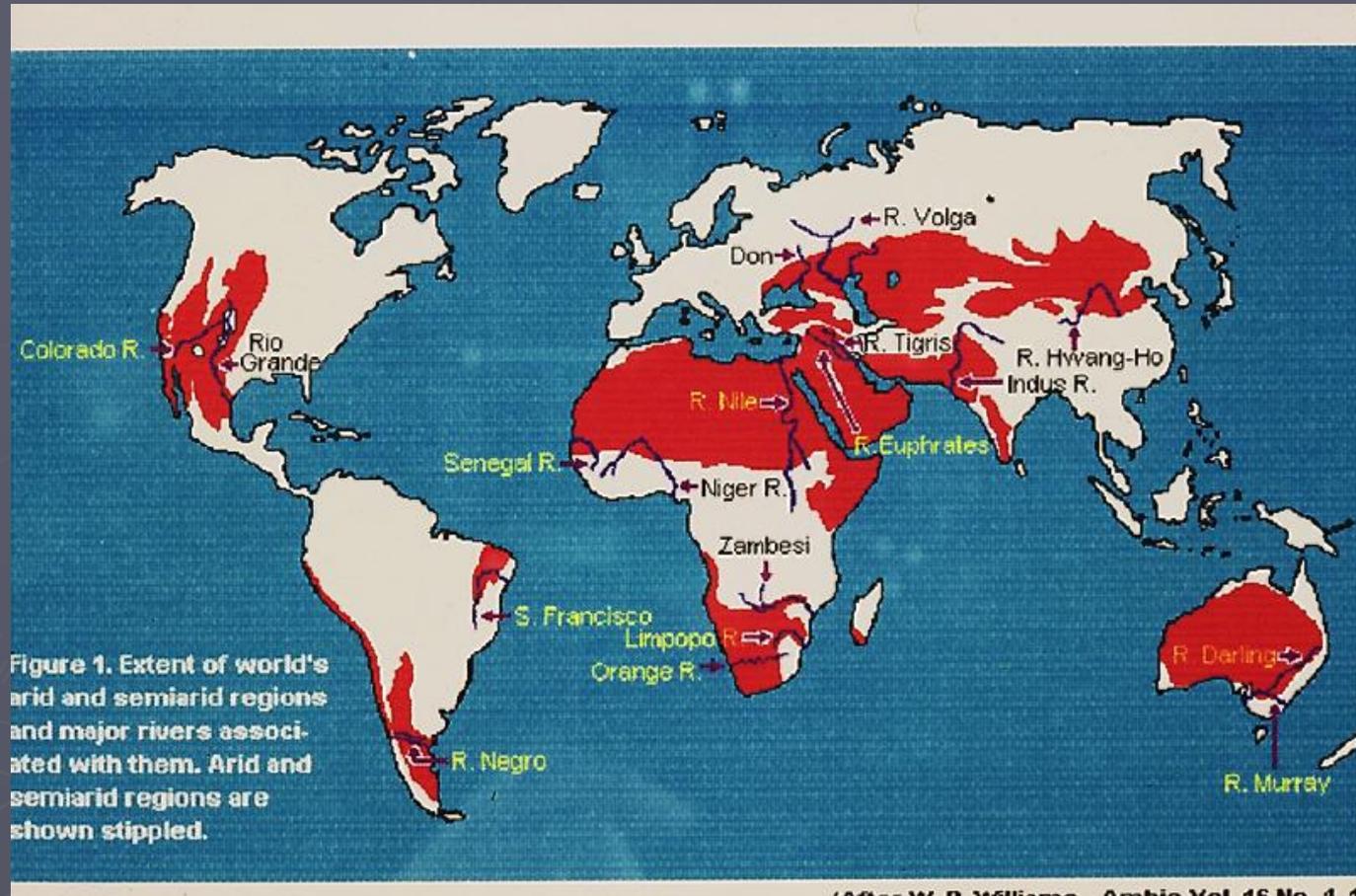
En 2050, la disponibilité globale de l'eau augmente de 5–7%, mais la demande s'accroît de 30% à 85%

La déficience sera de l'ordre de 23% à 80%



Source: Millennium Ecosystem Assessment

Risques de salinisation globale des eaux souterraines



Le risque de salinité des eaux souterraines, lié à l'équilibre des eaux (eaux marine/eau souterraine), s'étend sur l'ensemble des continents

L'irrigation inadéquate aboutirait à l'accumulation sels dans les sols, long terme salinisation des nappes, des rivières, limitant les usage en amont

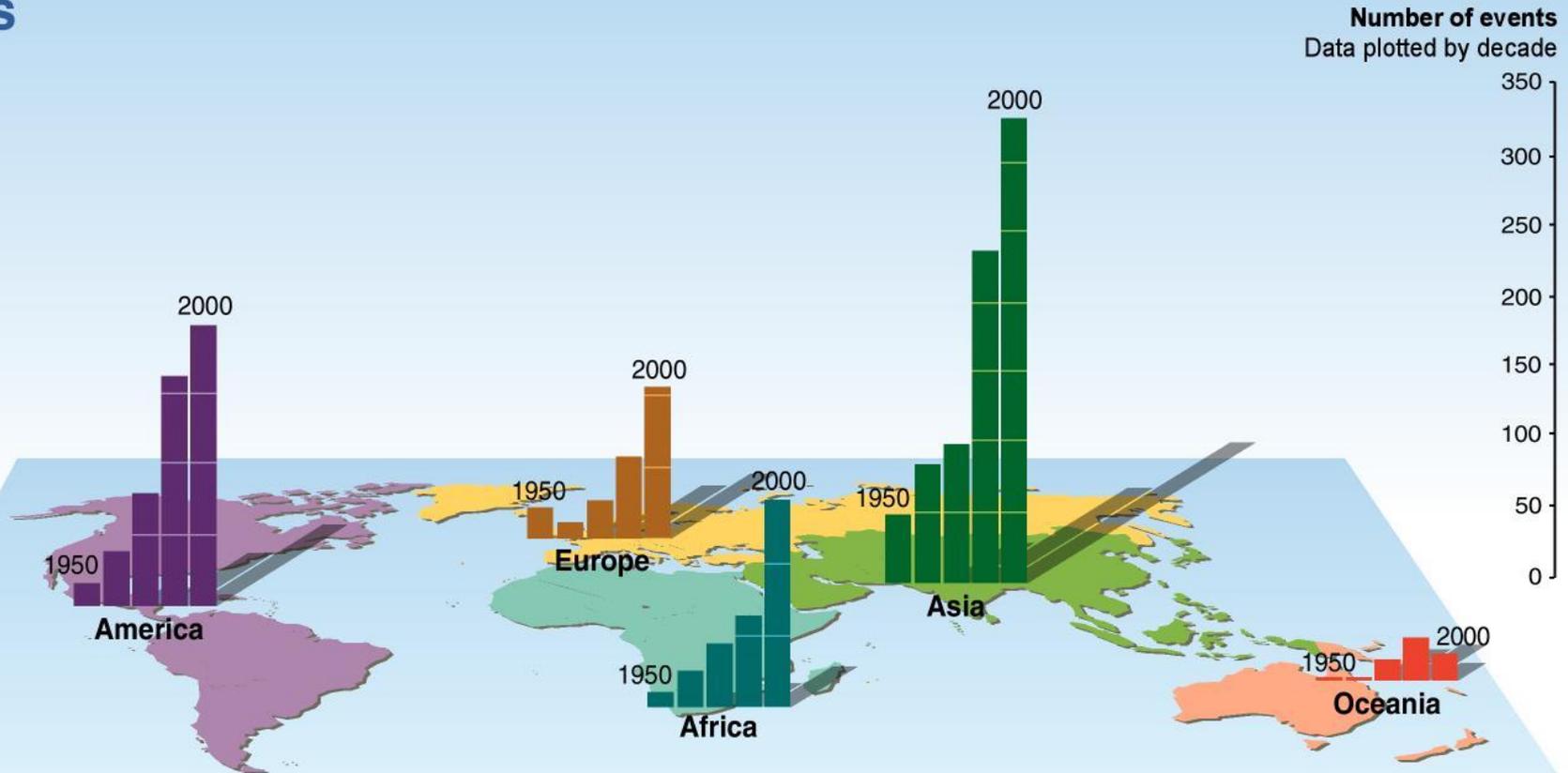
Zones humides et régulation des risques naturels

La capacité tampon des écosystèmes pour les événements extrêmes a été réduite par suite des pertes de zones humides, de mangroves et de forêts

Les populations occupent d'avantage les zones aux risques naturels extrêmes

Floods

Nombre d'évènements de crues entre 1950-2000



L'homme et l'écosystème, c'est aussi son quotidien à Annaba

Exemple de L'eau Usée à Annaba

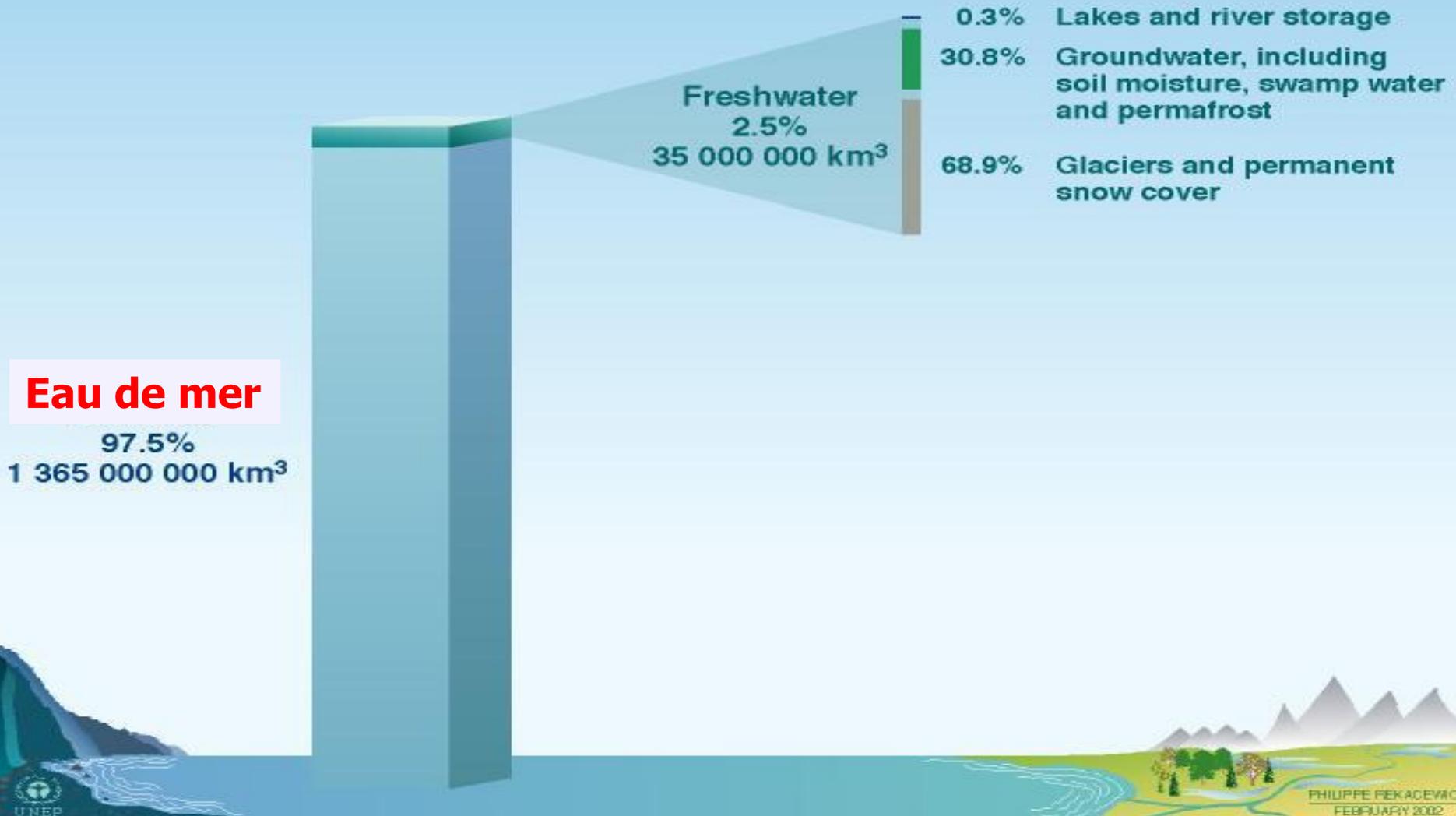
Possibilité d'améliorer l'environnement urbain et marin



Nous vivons dans un monde de sel

A World of Salt

Total Global Saltwater and Freshwater Estimates



Eau de mer

97.5%

1 365 000 000 km³

Freshwater
2.5%
35 000 000 km³

- 0.3% Lakes and river storage
- 30.8% Groundwater, including soil moisture, swamp water and permafrost
- 68.9% Glaciers and permanent snow cover

Un grand avantage pour le golfe d'annaba la seule côte d'Algérie qui reçoit les apports de 2 grandes rivières



La limite de la mer c'est plutôt la limite de son bassin versant : 10 000 km²
Ain Bieda-Annaba-Ain Drahm-Jendouba



Mais aussi de gros inconvénients :



La seule côte qui reçoit autant de rejets directs d'eaux usées :
420 million m³/an

Golfe d'Annaba



PLUIES

250

Apport total: 2,4 km³

Rejets = 420 (18%)

Oueds = 1700 (71%)

Pluie = 250 (11%)

60 EGOUTS

360 FERTIAL

700

Seybouse

1000

Mafragh



Volume des rejets polluants



FERTIAL

Phosphates: 160 tonnes/an

Ammonium : 800 tonnes/an

Bactéries pathogènes : ≈ 0

Sédiments (MES) : ≈ 0

EGOUTS Boujemâa

Phosphates: 150 tonnes/an

Ammonium : 200 tonnes/an

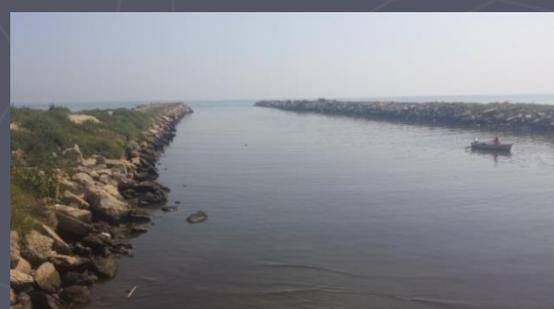
Bactéries: 100 mille milliard/Jour

Sédiments (MES): 5000 tonnes/an



En + la pollution du paysage

Du pont blanc à la cité Seybouse, puis la mer voisine



Y a-t-il une solution à ces pollutions de paysage et de la mer?



Rejets directs en mer des milliers de tonnes de polluants chimiques et de microbes



OUI, c'est possible

On peut épurer les rejets urbains coulant à ciel ouvert de OUED BOUJEMAA par le rejet de FERTIAL



**INJECTION DU REJET DE FERTIAL DANS L'EGOUT
depuis Oued Forcha (pont blanc)**

**et on aura un paysage et un environnement urbain et
marin propres (navigable)**

Test d'épuration des eaux usées domestiques par les eaux de FERTIAL



Eau usée de Boujemâa



Eau usée de FERTIAL



Agitation pendant 1 h à 0,25m/s

4/5 du rejet FERTIAL
1/5 de l'Eau usée boujemâa

Résultats impressionnants !!!

- 1- Epuration de 99,7% pour les bactéries coliformes et streptocoques fécaux
- 2- Réduction de 80% des phosphates et 75% de l'ammonium

L'effet épurateur du rejet de FERTIAL est démontré

Et a été proposé dans projet de recherche (ONEDD/12A)
Ministère de l'Environnement déjà en 2009



MINISTÈRE DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DU
TOURISME

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA



RAPPORT MI-PARCOURS DU PROJET DE RECHERCHE

Titre

*Récupération et usage de sous produits chimiques d'effluents
industriels dans le traitement des eaux usées domestiques d'Annaba*

Code ONEDD/125A

OBSERVATOIRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT
DURABLE

Chef de projet :

OUNISSI Makhlof, Professeur

Equipe de recherche

DELIMI	Professeur, Université d'Annaba
DJORFI Sâadane	Chargé de Cours, Université d'Annaba
Rachid SMARA AbdelAziz	Maitre de Conférences, Université d'Annaba
BRANES Zidane	Chargé de Cours, Université d'Annaba
KHELIFI-TOUHAMI Meriem	Chargé de Cours, Université d'Annaba
HARIDI Ahcène	Maître assistant, Université d'Annaba
KHAMMAR Hichem	Magister, Université d'Annaba
SAKER Imad-eddine	Magister, Université d'Annaba

Janvier 2009



Background on ecosystems functioning



How do the systems function?

The slide below

Is

an introductory to some main properties of natural systems functioning

To be simple against the great complexity of nature and its systems, it can be distinguished two main systems (ecosystems):

- The young (eco)system
- and
- The mature (eco)system

From OUNISSI's conceptual diagram that he has developed in 2007 as a background for MI students.

Let's GO to the systems!!!

How do the natural (eco)systems function?

This is an introductory to some main properties of natural systems functioning

From OUNISSI's conceptual diagram that has been developed in 2007 as a background for MI students

Young systems (coastal areas)	Mature systems (open marine waters)
1. High production of matter	1. Low production
2. Large fluctuation in environmental factors	2. Stable environment
3. Dominance of opportunistic species	3. Large co-existence of species
4. Low diversity	4. High diversity
5. Exportation of excessive matter	5. Importation of matter
6. Wasteful of energy	6. Economical system (recycled matter)
7. Unpredictable system	7. Predictable system
8. Species with high fecundity	8. Low fecundity
9. Low longevity	9. High longevity
10. High tolerance against the environment variability	10. Low tolerance
11. The instable system evolves necessary to stable phase (as a rule in natural system)	11. The system declines and evolves to instable phase





**Merci de se confiner chez soi pour
la lecture et pour préserver votre
santé et celle des autres**

