

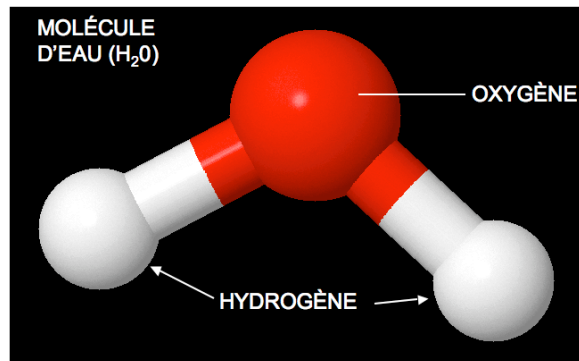
CHAPITRE 7 - L'EAU SUR LA PLANETE

La planète bleue, troisième planète du système solaire est recouverte à 71 % par une molécule de vie : l'eau. Mais que savons-nous de cette molécule, de cette ressource indispensable aux êtres vivants et aux activités humaines.

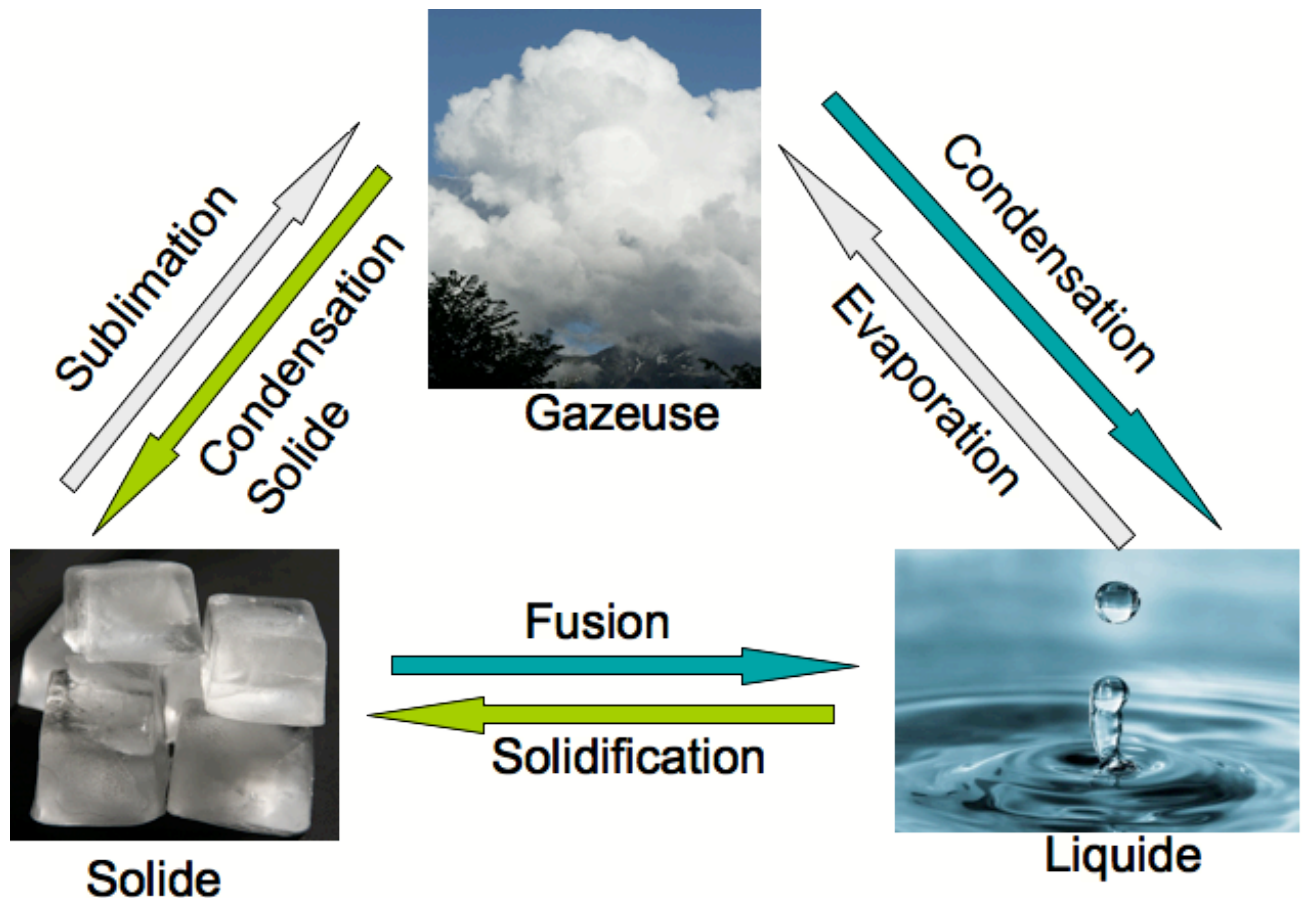
Commençons notre voyage dans le monde de l'eau sur la planète Terre.

1- Les propriétés de l'eau

L'eau est une molécule composée d'un atome d'oxygène et de deux atomes d'hydrogène, sa formule chimique est H_2O . Une goutte d'eau de la taille d'une pointe d'épingle contient environ un milliard de milliards de molécules d'eau.



Sur Terre, l'eau est présente sous la forme de 3 états, qui dépendent de la température et de la pression atmosphérique.



LES 3 ETATS DE L'EAU SUR TERRE

2- L'eau et la Vie

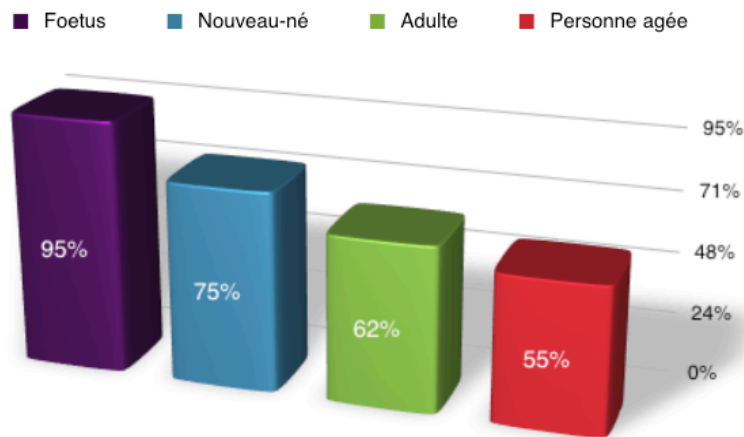
- L'eau est le premier composant de la matière vivante :

Organisme	% Teneur en eau
Humain	62 %
Méduses	98 %
Escargots	95 %
Grenouilles	78 %
Oiseaux	70-75 %
Insectes	50-80 %
Pommes de Terre	78 %
Tomates	91 %
Œuf	75 %

- Notre alimentation (lait, viande, poisson, légumes, fruits,...) assure un apport quotidien en eau d'environ 1 litre ; or notre organisme élimine en moyenne 2,5 litres d'eau par jour (sueur, salive, sucs digestifs, selles,..) : il faut donc absorber environ 1,5 litres d'eau en plus chaque jour pour compenser les pertes hydriques.

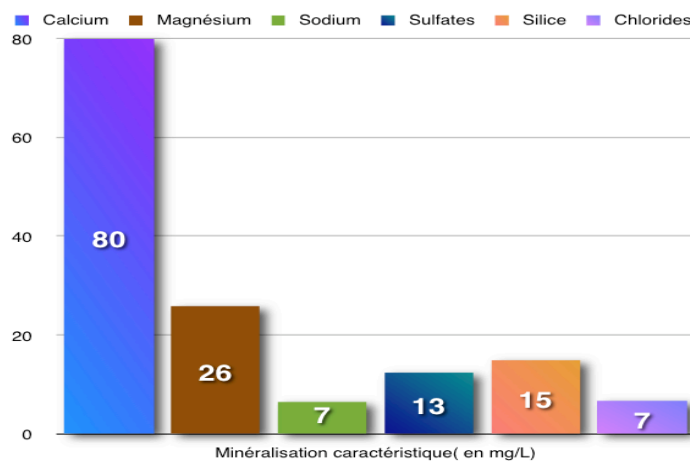
Une perte de 15 % d'eau est mortelle pour notre organisme

- Les besoins en eau varient en fonction de l'âge, de l'activité physique de la température. La teneur en eau d'un être humain diminue avec l'âge :



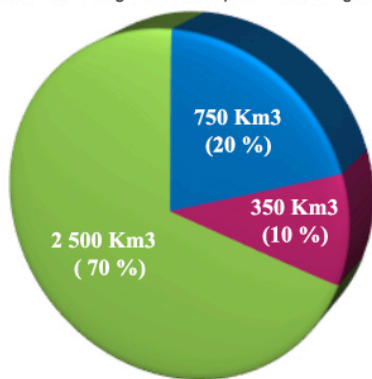
Teneur en eau du corps humain en fonction de l'âge

- L'eau représente également une source de minéraux (calcium, fluor,...) indispensable à la vie. Par exemple une eau minérale de type Évian se compose de :



3-L'eau et les activités humaines

● Usages industriels ● Usages domestiques ● Usages agricoles (irrigation)



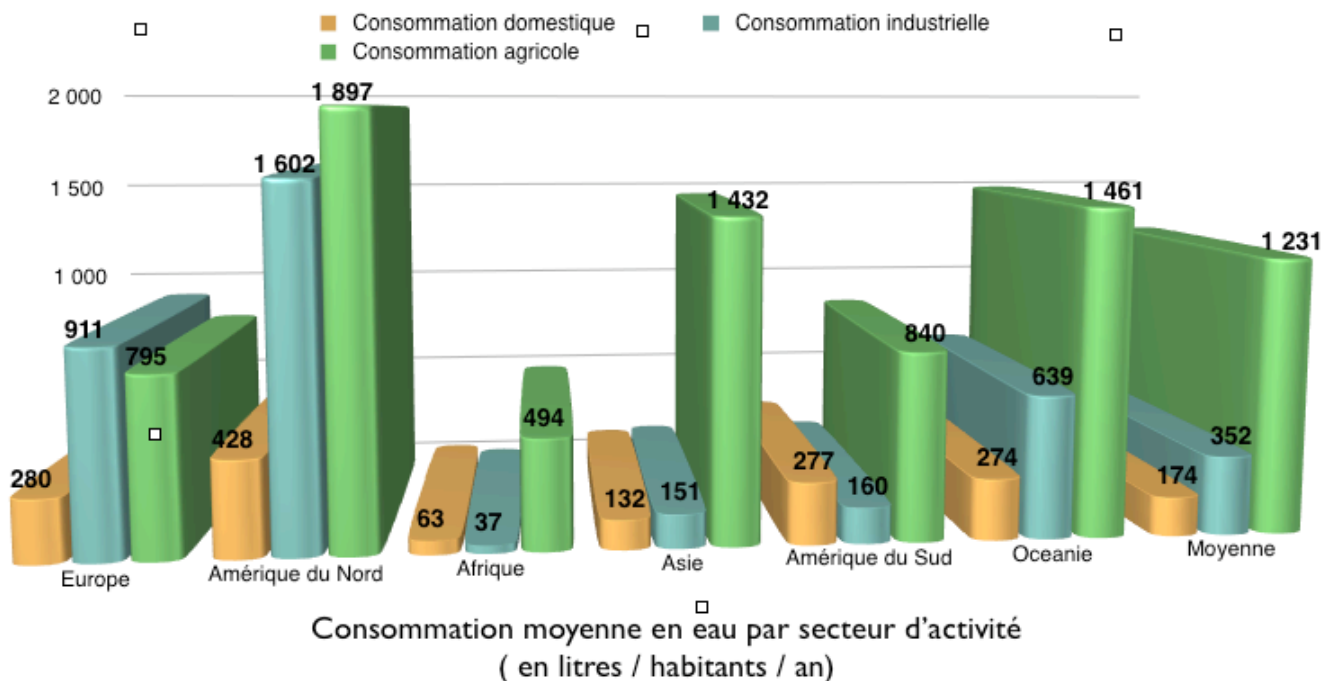
Les usages agricoles consomment presque les 2/3 des ressources en eau douces de la planète.

Le dernier tiers se répartit entre le secteur de l'industrie (20 %) et la consommation domestique (10 %).

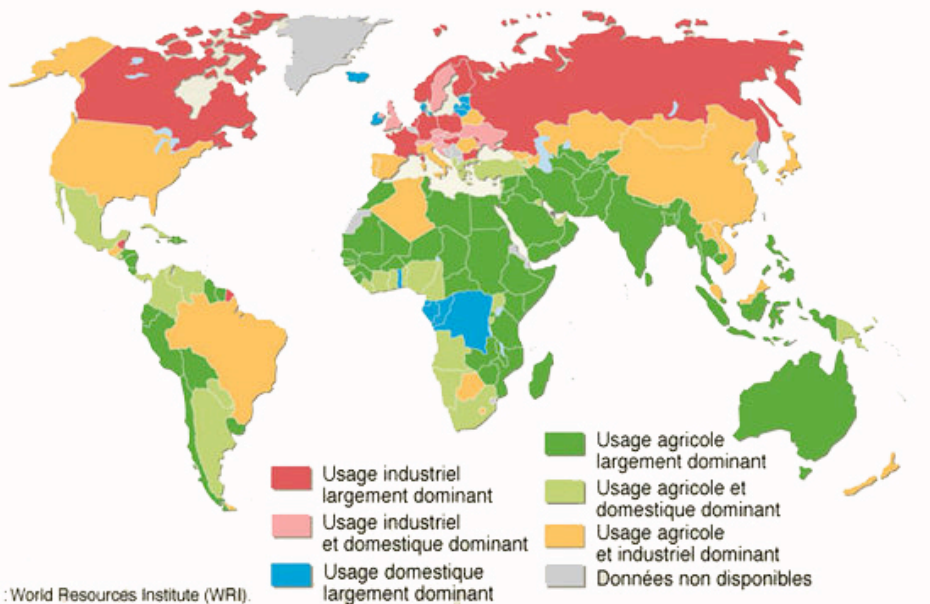
Répartition de la consommation mondiale en eau

(les volumes indiqués tiennent compte de la soustraction du volume d'eau perdu par évaporation soit 200 Kilomètres cubes par an)

Mondialement la répartition de la consommation de l'eau par secteur d'activité est la suivante :



La répartition de la consommation d'un pays se fait généralement au détriment des autres secteurs d'activités, sauf lorsque la ressource en eau est abondante



3-1-Les usages agricoles de l'eau

L'agriculture consomme environ 2/3 des ressources en eau douce disponible. L'irrigation des cultures, les élevages sont grand consommateurs d'eau.



Irrigation dans le désert à Wadi-rum (Jordanie)
(la photo de droite a été prise à 40 Km d'altitude)



Dans l'exemple ci-dessous, l'irrigation des cultures par aspersion, l'utilisation de l'eau pour les élevages, l'ensemble de l'eau utilisée provient de la rivière Bow, dont le cours a été détourné par un barrage de dérivation et un canal de dérivation. Après utilisation, l'eau retourne à la rivière.

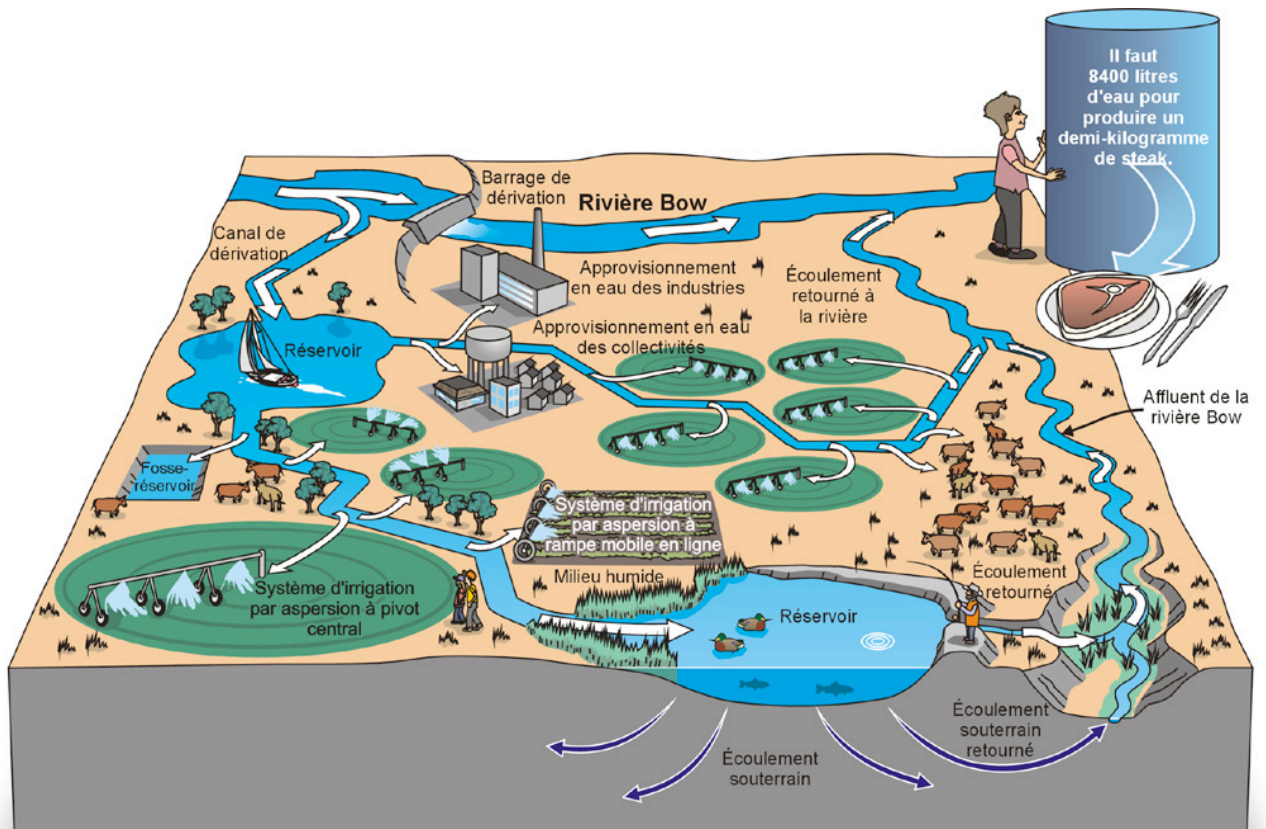
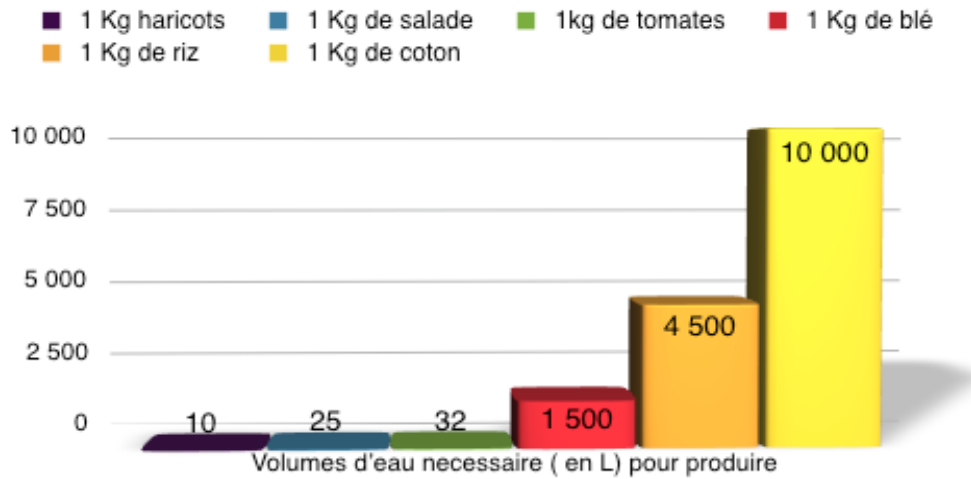


Schéma fonctionnel d'un système d'irrigation global au Etats-Unis.

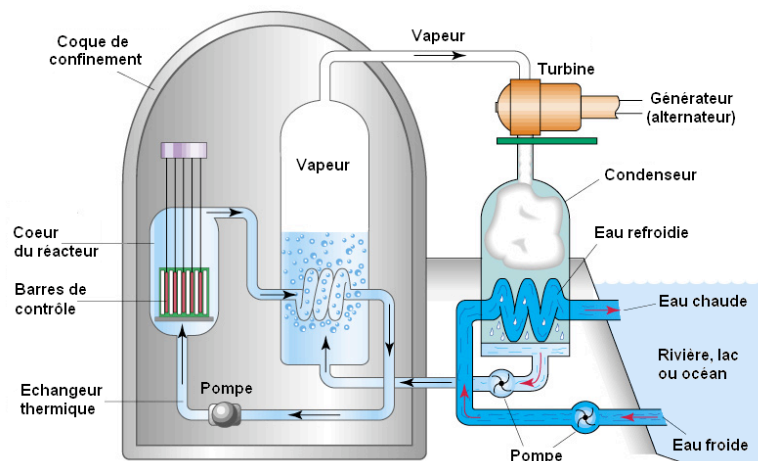
La consommation du volume d'eau nécessaire pour produire divers légumes et céréales, nous indiquent les cultures fortes consommatrices d'eau.



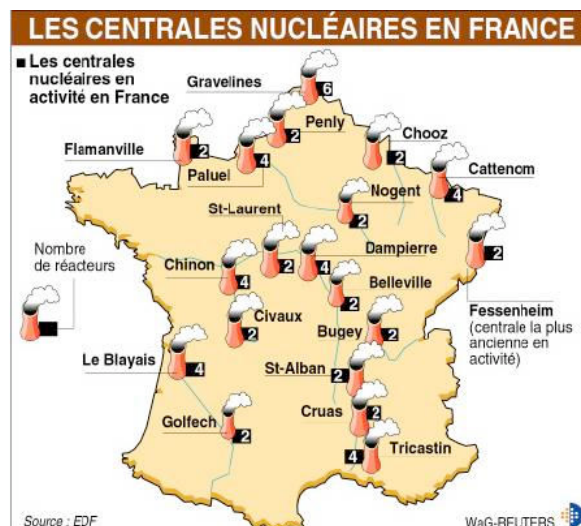
3-2-Les usages industriels de l'eau

L'industrie consomme environ 1/5 des réserves d'eau douce. L'eau prélevée est utilisée à des fins diverses :

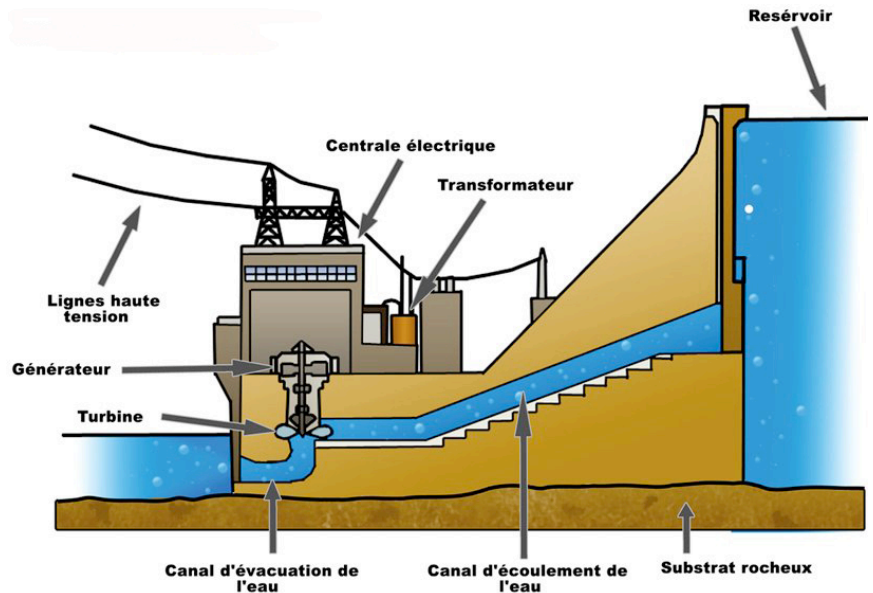
a) Refroidissement des centrales nucléaires



La carte de localisation des centrales nucléaires françaises met en évidence la dépendance de ce type d'énergie vis-à-vis du réseau fluvial.



b) Production d'énergie par les centrales hydroélectriques



Certaines centrales utilisent la hauteur de chute pour activer une turbine, qui produira par l'intermédiaire d'un générateur de l'électricité. D'autres utilisent la force marémotrice (usine de la Rance en Normandie) ou encore la force du courant.

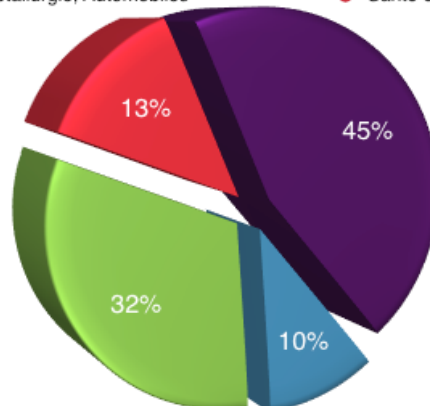
c) Industrie agroalimentaire

L'eau est utilisée dans de nombreuses opérations : nettoyage des matières premières, transport hydraulique, blanchiment, opérations de chauffe et de refroidissement, nettoyage des équipements et de l'usine.



d) Industrie chimique (solubilisation, hydratations, hydrolyses, oxydo-réduction)

● Consommations des ménages ● Secteur agricole
● Métallurgie, Automobiles ● Santé et sociale



Secteurs bénéficiaires des productions de l'industrie chimique

e) Transport fluvial et maritime

L'eau assure le transport fluvial et maritime des marchandises mais aussi du tourisme.

Le transport par voie d'eau représente 2 % du transport de marchandises en France contre 7,6 % en Europe.

Les politiques actuelles tendent à favoriser ce type de transport.

Ce réseau nécessite l'aménagement des cours d'eau avec la mise en place d'écluses, d'ouvrages aménagés entre deux plans d'eau de niveau différent et permettant de passer de l'un à l'autre grâce à la manœuvre d'éléments mobiles, de canaux.

Ce transport ne consomme pas d'eau, mais nécessite un entretien et un aménagement des cours d'eau.

Carte des voies fluviales européennes

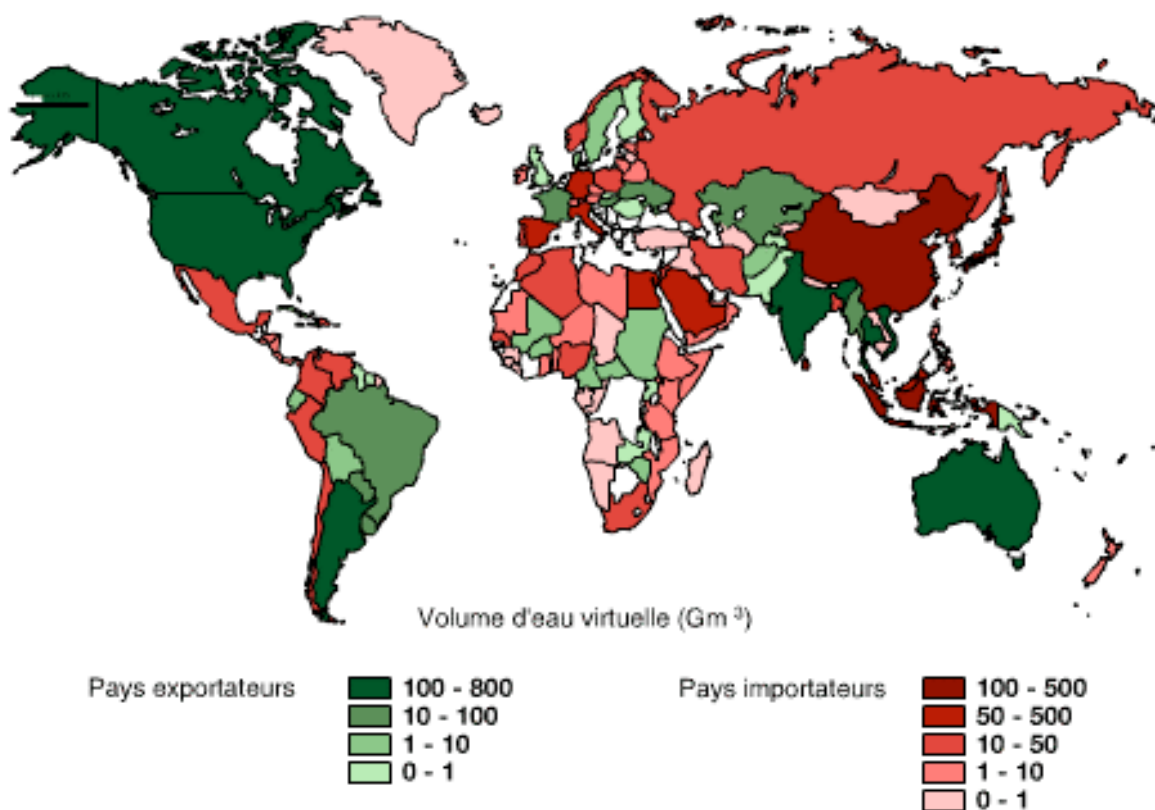


f) L'eau virtuelle

L'ensemble de ces secteurs de l'industrie consomme de l'eau douce. L'eau virtuelle désigne la quantité d'eau nécessaire à la production de certains biens de consommation.

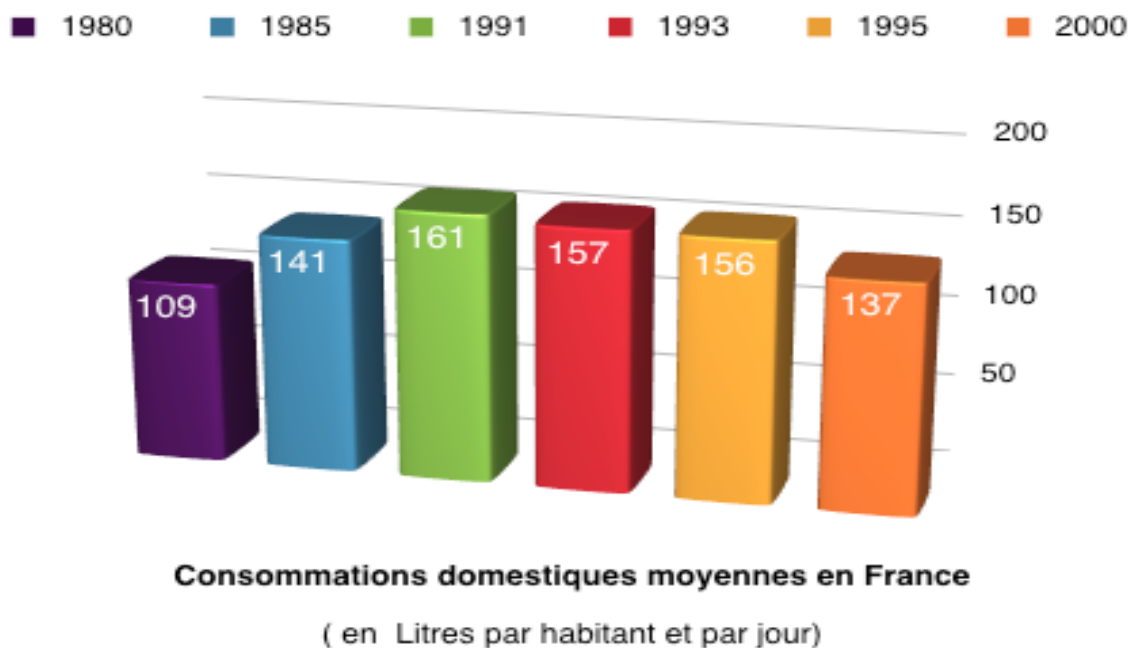
Produits	Quantité	Eau nécessaire (en litres)
Paire de chaussures	1	8000
T-shirt en coton	1	4100
Hamburger	150g	2400
Verre de lait	200ml	200
Verre de jus de pomme	200ml	190
Paquet de chips	200g	185
Verre de jus d'orange	200ml	170
Tasse de café	125ml	140
Oeuf	40g	135
Verre de vin	125ml	120
Pomme	100g	70
Orange	100g	50
Tranche de pain	30g	40
Tasse de thé	250ml	35
Puce électronique	2g	32
Pomme de terre	100g	25
Tomate	70g	13
Feuille de papier A4	1	10

La mise en place d'un marché de l'eau virtuelle permet de dresser une carte des pays exportateur d'eau virtuelle (c'est à dire consommant leur ressources en eau pour produire des biens destinés à l'exportation) et les pays importateurs d'eau virtuel (ne puisant pas dans leur réserve ou par absence de réserve)

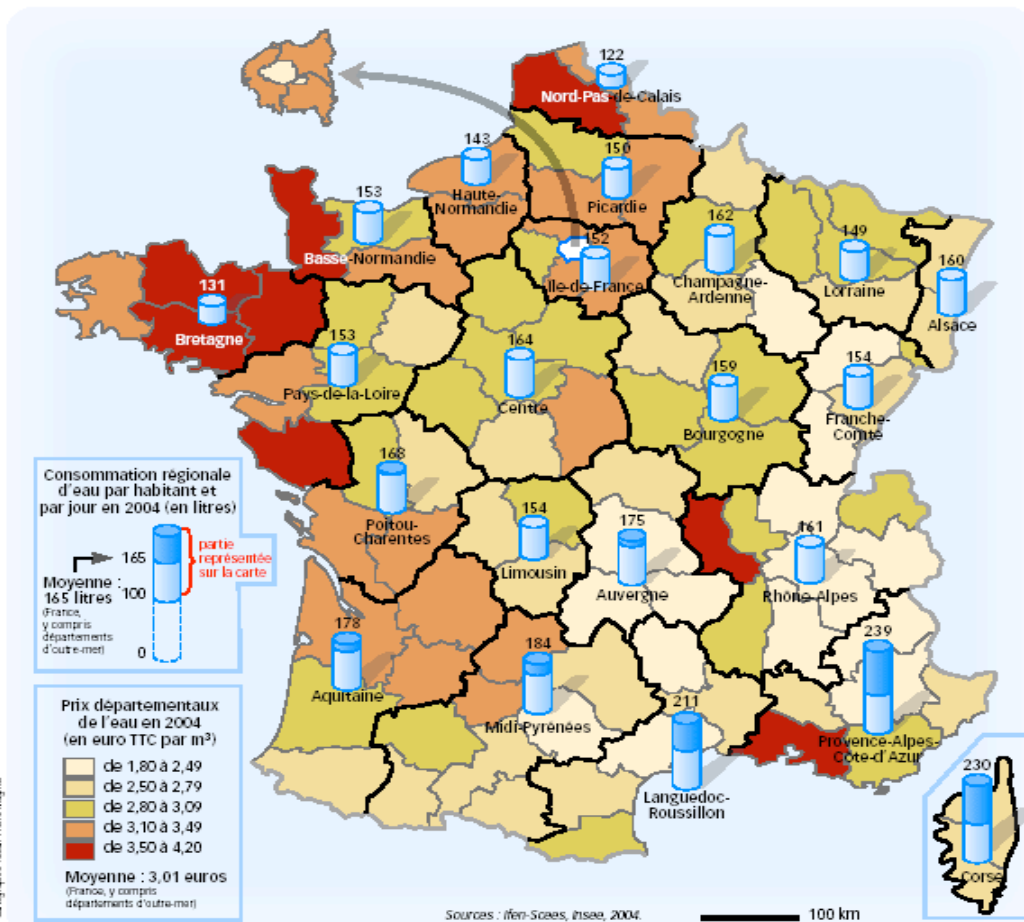


3-3- Les usages domestiques de l'eau

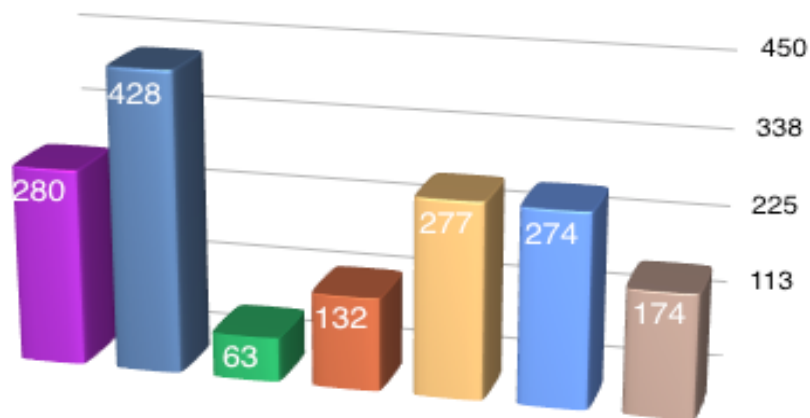
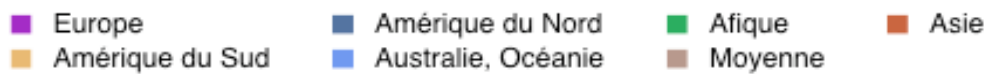
97 % de l'eau consommée à la maison sert à un usage domestique (se laver, laver le linge, la vaisselle, la maison,...). Les boissons et la préparation des aliments ne représentent que 7 % de notre consommation.



Les valeurs de la consommation pour 2004 sont en augmentation :



La France se situe en dessous de la moyenne européenne et mondiale :



Consommations domestiques moyenne dans le monde

(en Litres par habitant et par jour)

Quotidiennement l'utilisation d'eau potable pour les travaux ménagers représente une consommation de :

	Quantité d'eau consommée en litres
Boisson	1-2
Chasse d'eau	10-12
Douche	30-80
Bain	150-200
Lessive	80-120
Vaisselle à la main	8-20
Lave-vaisselle (un cycle)	13-20

Bilan :

L'eau est une ressource indispensable à l'Homme et à tous les êtres vivants. C'est le constituant le plus abondant dans l'organisme humain (62 % d'eau) et les « fuites » quotidiennes d'eau (2 à 2,5 L) doivent impérativement être compensées par des apports équivalents (alimentations, boissons).

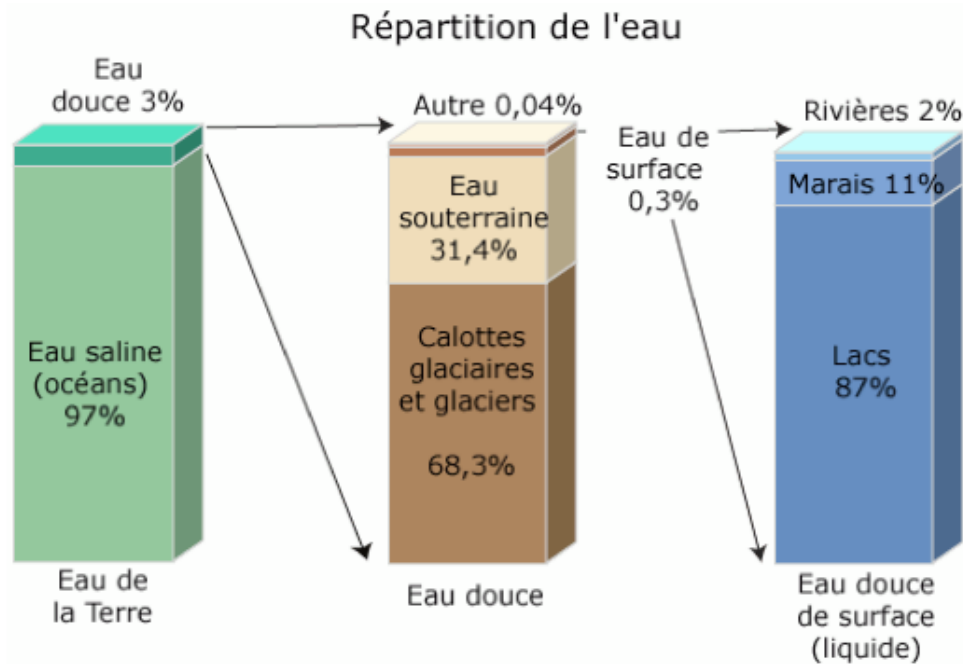
L'eau est également indispensable aux activités humaines : la consommation domestique, les besoins en eau de l'agriculture et de l'industrie sont en constante augmentation.

4- Les réservoirs naturels d'eau

Comme nous l'avons évoqué plus haut, sur Terre, l'eau existe sous 3 états : liquide, solide et gazeux.

Le volume total d'eau sur notre planète (hydrosphère) est estimé à 1,4 milliards de Km³.

L'eau est présente dans de nombreux réservoirs sur notre planète que nous allons identifier et détailler.



4-1-Les différents réservoirs d'eau

Ils sont au nombre de 5 :

- **Les océans**
- **Les réservoirs d'eau continentale**
- **L'eau atmosphérique**
- **L'eau de la croûte océanique et du manteau**
- **L'eau contenue dans les êtres vivants**

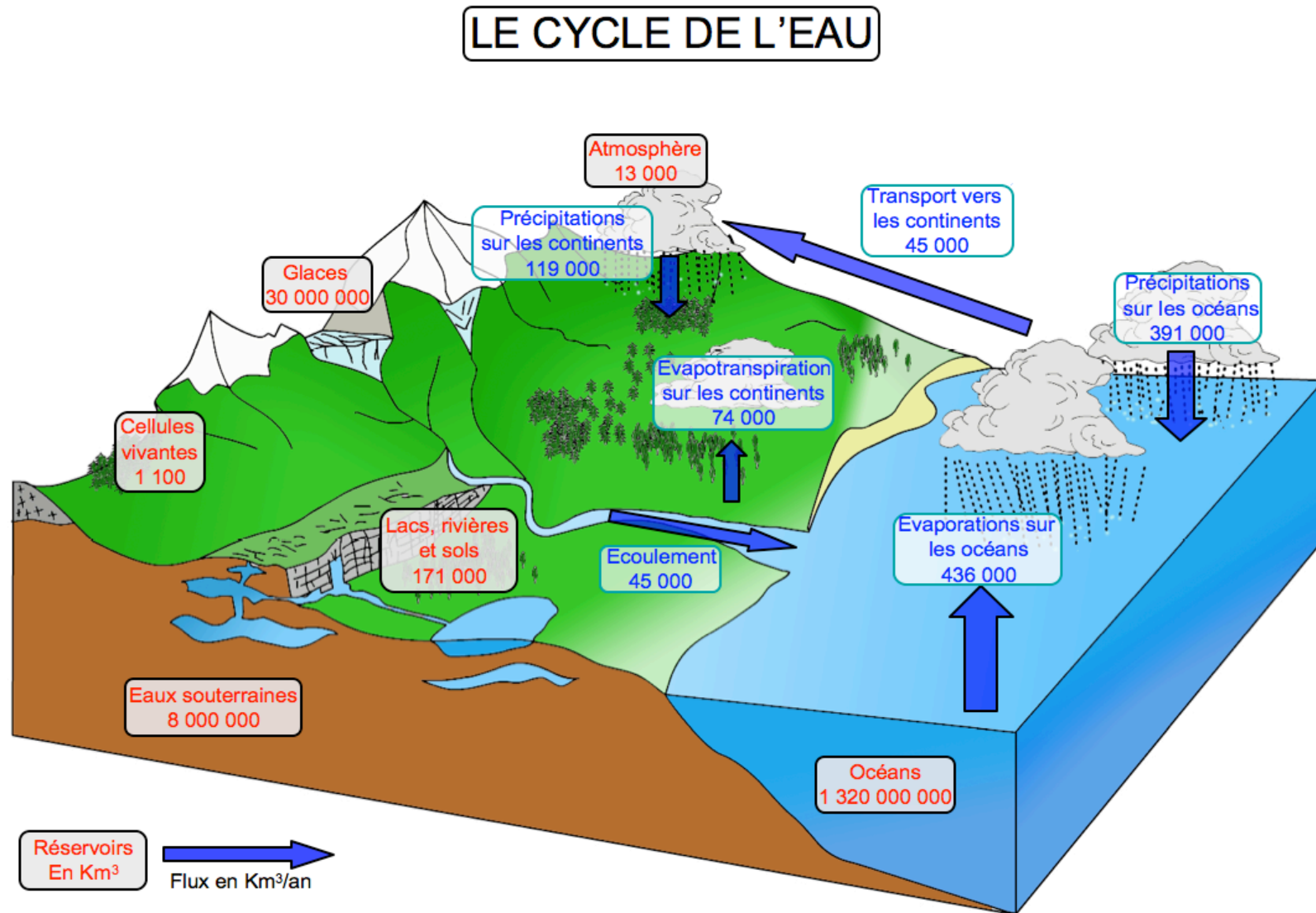
La quantité des réserves en eau de ces principaux réservoirs est très inégale :

Estimation de la distribution globale de l'eau :

Source d'eau	Volume d'eau (km ³)	Volume d'eau (milles ³)	% d'eau douce	% d'eau totale
Océans, mers & baies	1,338,000,000	321,000,000	--	96.5 %
Calottes glaciaires, glaciers et neiges éternelles	24,064,000	5,773,000	68.7 %	1.74 %
Eau souterraine	23,400,000	5,614,000	--	1.7 %
douce	10,530,000	2,526,000	30.1 %	0.76 %
saline	12,870,000	3,088,000	--	0.94 %
Humidité du sol	16,500	3,959	0.05 %	0.001 %
Hydroliaccolithe & pergélisol	300,000	71,970	0.86 %	0.022 %
Lacs	176,400	42,320	--	0.013 %
d'eau douce	91,000	21,830	0.26 %	0.007 %
d'eau saline	85,400	20,490	--	0.006 %
Atmosphère	12,900	3,095	0.04 %	0.001 %
Eau marécageuse	11,470	2,752	0.03 %	0.0008 %
Rivières	2,120	509	0.006 %	0.0002 %
Eau biologique	1,120	269	0.003 %	0.0001 %
Total	1,386,000,000	332,500,000	-	100 %

4-2-Les flux entre les réservoirs : le cycle de l'eau

L'eau circule en permanence entre ces réservoirs. Ces échanges sont à l'origine d'un cycle continu, le cycle de l'eau. L'eau changera d'état au cours de ce cycle : elle passera de l'état liquide à l'état gazeux au cours de l'évapotranspiration ou l'évaporation. Elle redevient liquide ou solide au cours de la condensation.



Le temps de résidences de l'eau dans ces différents réservoirs est variable :

Réservoirs	Temps de résidence
Glaciers et calottes glaciaires	De 1600 à 9700 ans environ
Ensemble des eaux souterraines	Environ 1000 ans
Océans	Environ 2500 ans
Lacs d'eau douce	Environ 17 ans
Cours d'eau	16 jours
Atmosphère	8 jours

Bilan :

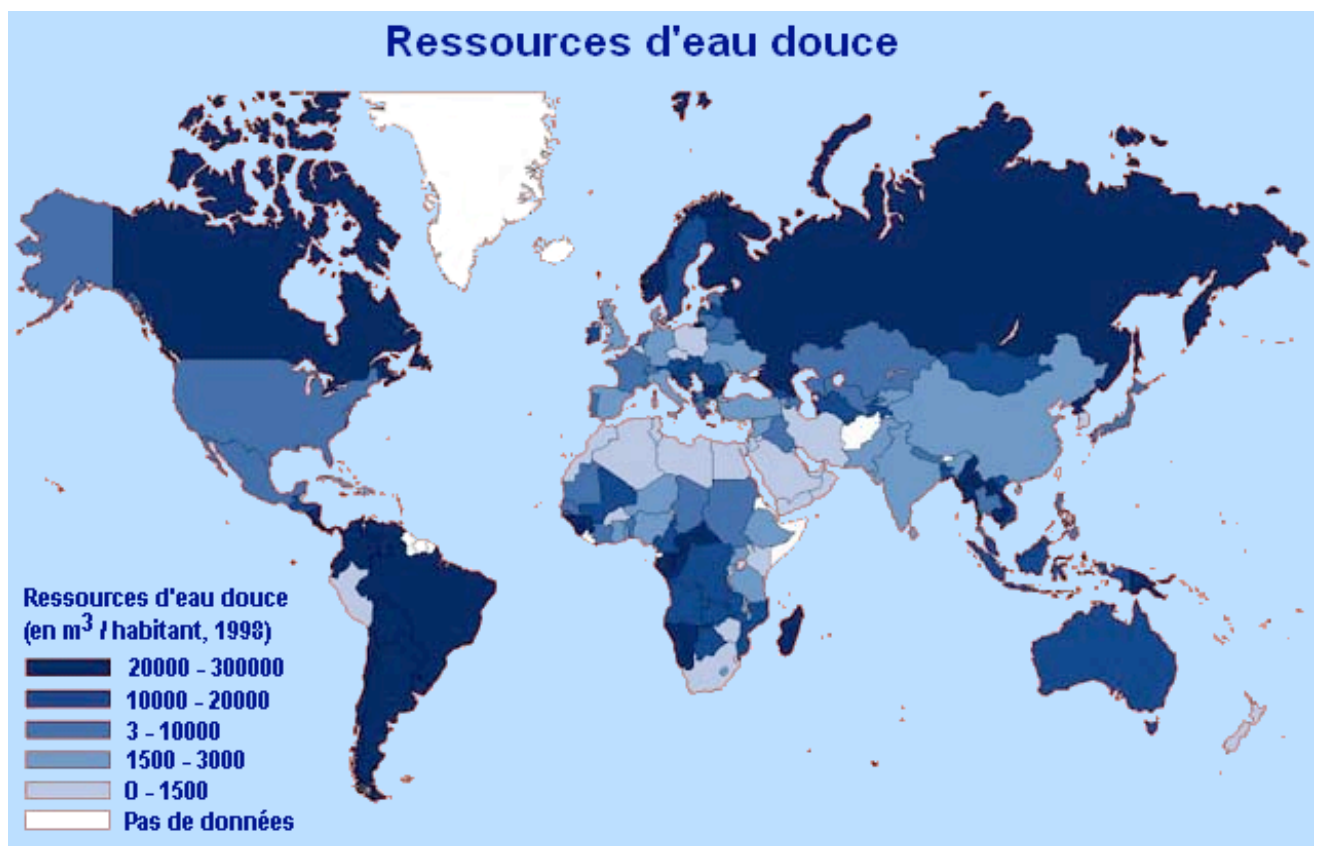
L'énergie solaire permet l'évaporation de l'eau et la transpiration des végétaux. Cette eau passe de l'état liquide à l'état gazeux, elle s'élève, puis se condense pour former les nuages et tomber à nouveau sous forme de précipitations. L'eau est en quelque sorte recyclée, en permanence.

5- L'inégale répartition de l'eau à la surface de la planète

5-1- Les ressources mondiales en eau douce

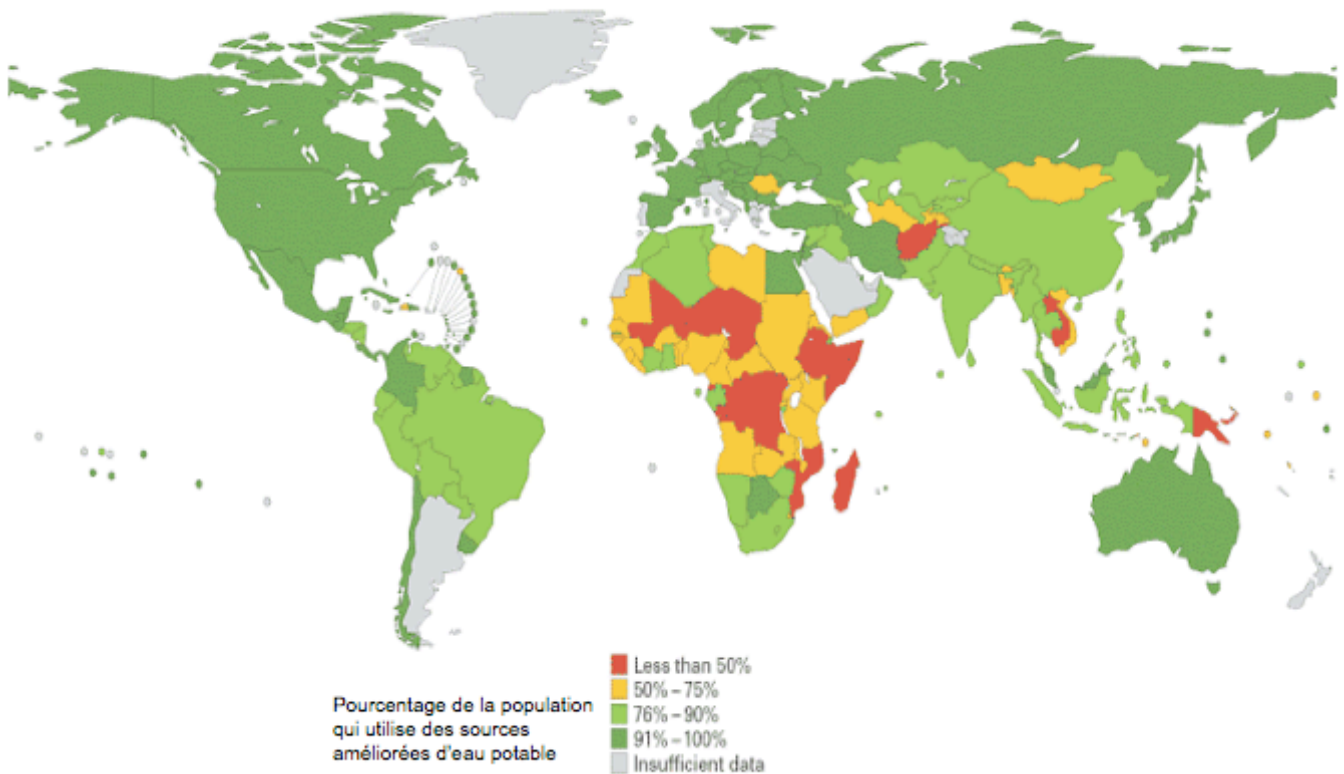
L'eau douce est en quantité suffisante pour alimenter l'ensemble de l'humanité, seulement sa répartition est très inégale.

1/5 de la population mondiale vit avec une quantité d'eau douce disponible insuffisante (entre 0 et 3000 m³ par an)



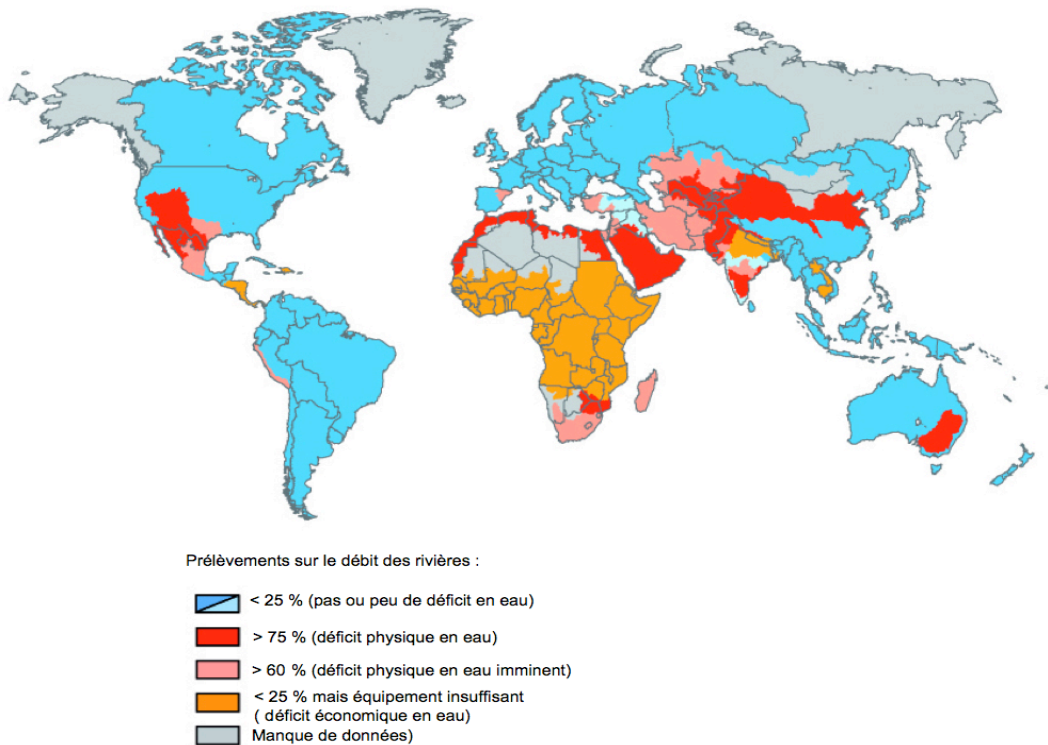
L'inégale répartition de la disponibilité de la ressource est accentuée par la difficulté qu'on les populations à accéder à l'eau potable.

COUVERTURE MONDIALE EN SOURCES D'EAU POTABLE AMÉLIORÉES (2002)



Ces deux cartes nous permettent de définir le déficit en eau de différentes régions du monde:

REPARTITION DES RESSOURCES EN EAU



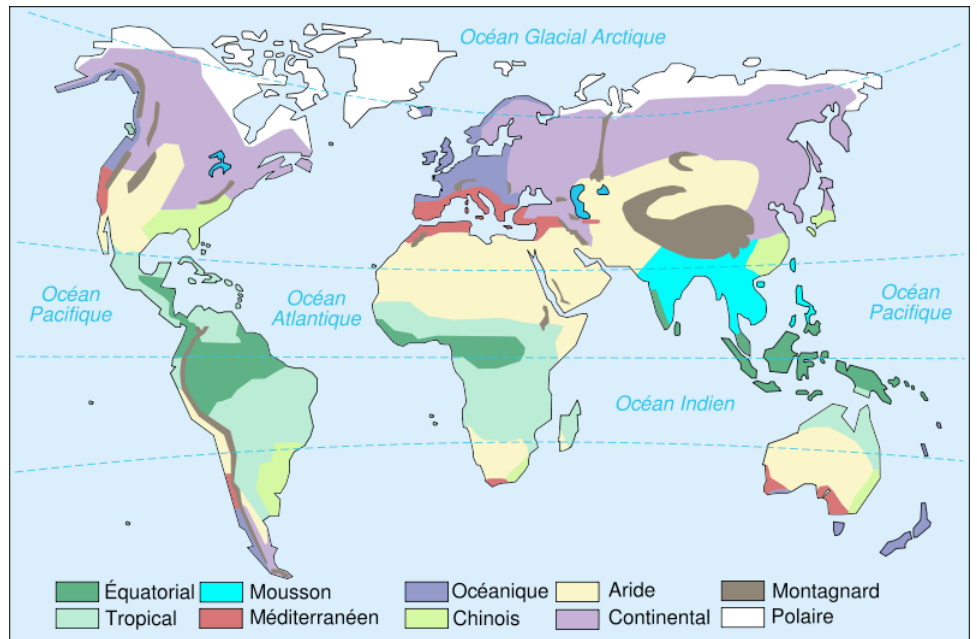
On parlera de **déficit en eau physique** quand la plus grande partie du débit des rivières est prélevée pour les besoins humains, malgré les recyclages (en rouge et rose).

Le déficit est économique quand les ressources sont relativement abondantes, mais que les équipements manquent pour les exploiter (en orange). En bleu les ressources en eau sont abondantes. En gris les zones non estimée.

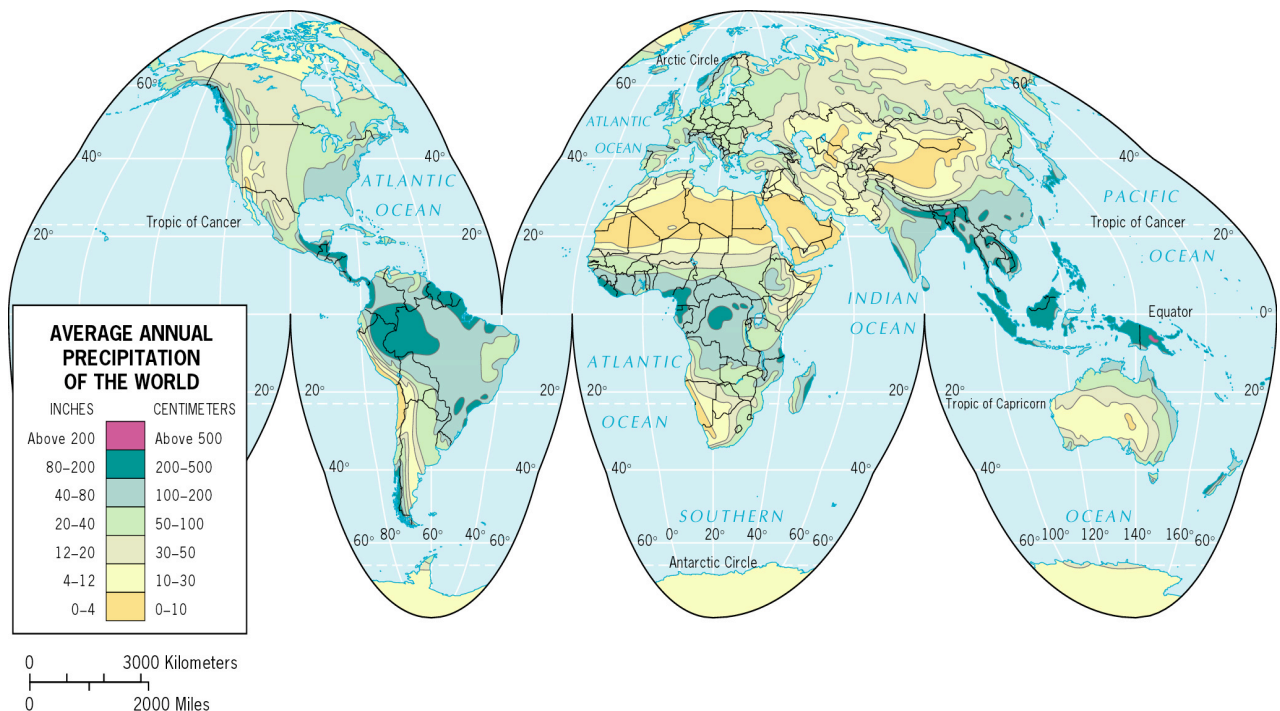
5-2-Les causes de l'inégale répartition de l'eau

Les précipitations dépendent des climats locaux.

Carte de la répartition mondiale des climats



Les précipitations sont donc variables d'une région à une autre du monde. Les précipitations alimentent le réseau fluvial ainsi que le réseau des eaux souterraines (eau qui comme nous le verrons sera disponible à la consommation, notion de nappes phréatiques)



Cependant les régions qui ont le plus d'eau douce disponible ne sont pas celles qui reçoivent le plus de précipitations. En effet, les pluies ruissellent trop rapidement pour être utilisées efficacement.

La disponibilité de l'eau est aussi fonction de la nature géologique des réservoirs.

Certaines roches (comme les argiles qui sont des roches très poreuses c'est-à-dire qui se laisse facilement pénétrer par l'eau mais peu perméable, qui ne se laisse pas traverser par l'eau) ont en effet la capacité de retenir fortement l'eau qui n'est donc pas disponible car piégée dans le sol.

5-3-L'eau : un enjeu politique, économique et stratégique:

Au cours de l'histoire de l'humanité, les exemples ne manquent pas quant à l'utilisation de l'eau comme instrument ou cible lors de conflits :

- **-4500 ans -Mésopotamie**- les cités d'Umma et de Lagash se disputent le contrôle des canaux d'irrigation.
- **-596- Liban**- pour mettre fin à un siège interminable, Nabuchodonosor détruit une partie de l'aqueduc qui approvisionne la ville de Tyr.
- **1503- Italie**- Lors de la lutte que mène Florence contre Pise, Léonard de Vinci et Machiavel ambitionnent de détourner le cours de l'Arno, pour couper Pise de son accès à la mer.
- **1947 à 1960- Inde et Pakistan**- Suite à une inégale répartition des eaux de la vallée de l'Indus par les Indes Britanniques provoquent de nombreux conflits entre les deux nations.
- **1958-Éthiopie, Soudan et l'Égypte** - Pour le contrôle des ressources du Nil : le Nil est une ressource vitale pour l'Égypte et dans une moindre mesure pour le Soudan, alors que l'Éthiopie, où la plus grande partie du bassin prend sa source, envisage de construire plusieurs dizaines de barrages. Une « Initiative du bassin du Nil » tente de promouvoir le dialogue entre les dix pays riverains du fleuve ;
- **Depuis 1960- Israël, Palestine, Jordanie et Syrie**- Israël avait réalisé en 1964 un grand aqueduc puisant dans les eaux du lac de Tibériade. Mais les trois rivières alimentant ce lac prenaient leur source en Syrie et au Liban. En 1967, Israël détruisit le barrage qu'avait construit la Syrie sur l'une de ces rivières. Et la guerre des Six jours permit entre autres à Israël de prendre le contrôle des nappes phréatiques de Cisjordanie et du château d'eau naturel que constitue le Golan. Dès l'ouverture des négociations israélo-palestiniennes dans le cadre du processus d'Oslo, la question de l'eau est apparue comme l'un des dossiers les plus délicats.
- **Depuis 1970- Turquie, Irak, Syrie**- Ce sont les bassins du Tigre et de l'Euphrate qui sont disputés. Située en amont, la Turquie contrôle en effet 90 % des eaux de l'Euphrate et 50 % de celle du Tigre. Le *Grand projet anatolien*, lancé en 1970, vise à réaliser un total de 22 barrages pour promouvoir l'irrigation et la production d'hydroélectricité. L'élément clé du système, le barrage Atatürk sur l'Euphrate, est en service depuis 1992. Au terme de l'achèvement du projet, il ne restera à la disposition de la Syrie et de l'Irak, en aval, que les deux tiers et le quart du débit actuel de l'Euphrate.
- **1991- Irak**- Pendant la guerre du golfe, l'Irak détruit les usines de dessalement de l'eau de mer du Koweït. Les Nations unies pensent un moment tarir l'écoulement de l'Euphrate vers l'Irak à partir du barrage Atatürk, en Turquie.
- **1999- Yougoslavie**- L'OTAN détruit des installations d'adduction d'eau à Belgrade et des ponts sur le Danube pour interrompre la navigation.

Les 2/3 des principaux cours d'eau du monde traversent plusieurs états et l'on compte 261 bassins versants de fleuves qui appartiennent à deux pays, voir plus.

D'autres conflits liés aux ressources en eaux éclateront encore dans les prochaines années.

6- L'impact de l'Homme sur le cycle de l'eau

L'Homme par ses actions modifie les flux d'eau entre les réservoirs planétaires. En créant des déséquilibres, il perturbe localement le cycle de l'eau.

6-1-Quant les déserts deviennent verts

Le prélèvement de l'eau de nappes souterraines profondes a permis de développer l'agriculture dans des zones arides. (cf. l'irrigation circulaire dans le désert Jordanien).

L'Arizona est souvent considéré comme un désert, mais l'irrigation a permis de développer ce désert en une vaste terre fertile, destiné à la production notamment des citrons, du coton et de l'élevage bovin.

La mise en place de barrage sur les principaux fleuves assure l'approvisionnement en eau de milliers d'hectares de cultures (425 000 hectares pour le barrage Hoover sur le Colorado) .

Exemple du barrage hydroélectrique de Glen Canyon sur le Colorado et des cultures associées.



Le barrage hydroélectrique de Glen Canyon sur le fleuve Colorado, crée un lac artificiel, le Lac Powell. Il assure non seulement une production électrique (sa hauteur de chute est de 476 mètres) mais permet également par le volume d'eau retenu le développement de canaux d'irrigations qui assurent une alimentation des cultures de céréales d'une partie de l'Arizona.



La vue satellitaire (prise à 26 Km d'altitude) montre le canal d'irrigation (en bas de la photo) et le développement des cultures qui lui sont associés.

Ci-dessous, vue aérienne de l'irrigation avec pivot central. Les champs circulaires de 1km de diamètre environ permettent de minimiser les pertes d'eau.



6-2- ...Des mers disparaissent

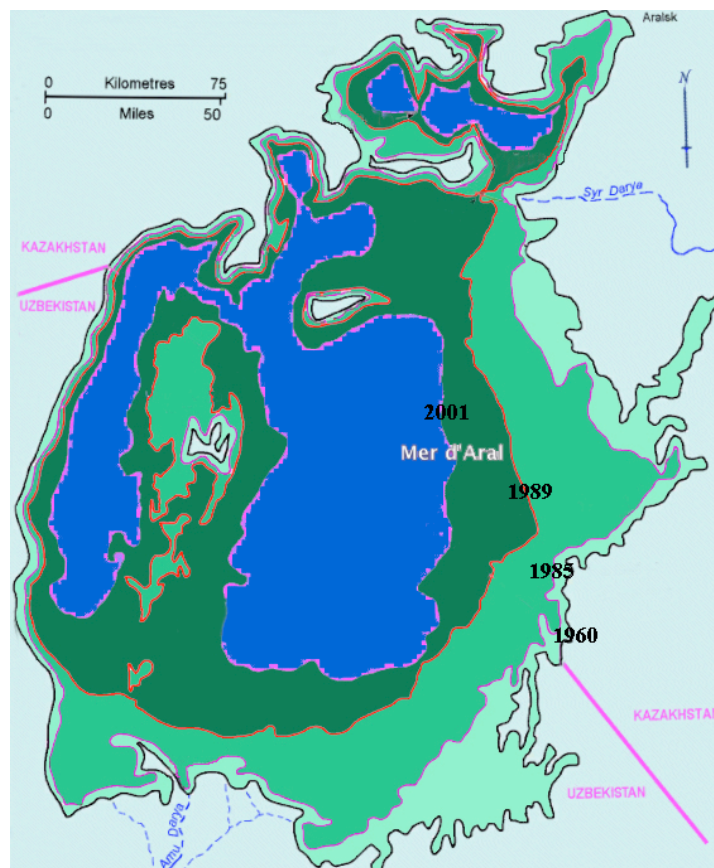
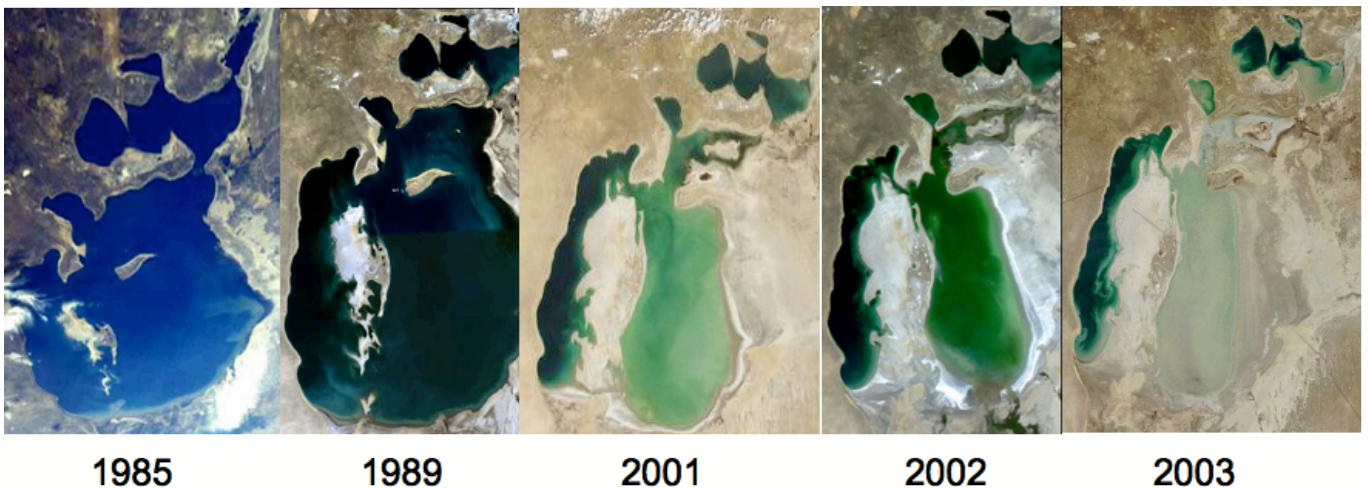
La mer d'Aral située à l'est de la mer Caspienne a vu, depuis 1960, sa superficie passer de 66 000 Km² à moins de 30 000 Km², et son niveau moyen a baissé d'une vingtaine de mètres. Par endroits la ligne de rivage a reculé de près de 100 Km. La salinité de l'eau est passée de 9 g.L⁻¹ à 30g.L⁻¹.

La faune piscicole (esturgeons, brochets,..) a presque totalement disparu. La pêche industrielle, les conserveries de poissons et les chantiers navals ont cessé toute activité depuis 1979.

La mer d'Aral se situe dans une région semi-aride où les pertes par évaporation (1 à 2 mètres par an) ne sont pas totalement compensées par les précipitations (70 à 350 mm).

Les eaux de deux fleuves descendant des montagnes du Pamir au sud (l'Amu Daria) et du Tian Shan au nord (le Syr Daria) alimentait cette mer fermée à raison de 50 Km³.

La politique de mise en culture en Asie centrale, par la fédération de Russie, de millions d'hectares de cultures de coton de riz ou de légumes a nécessité le détournement en amont de ces eaux qui alimentaient la mer en eau douce.



6-3-L'impact lié à l'urbanisation

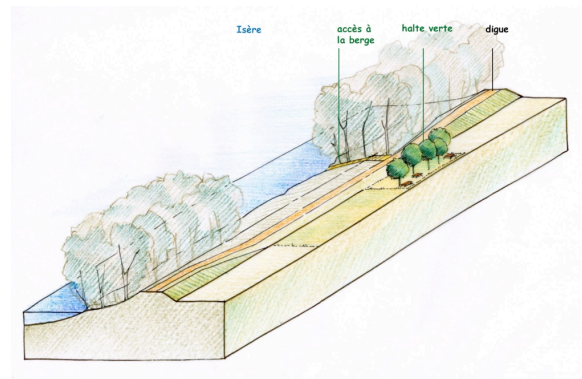
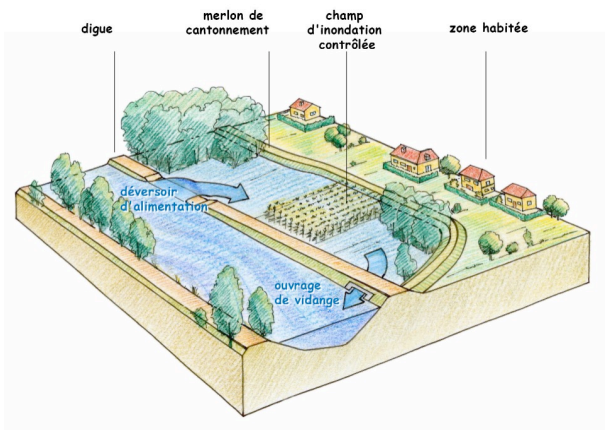
L'augmentation constante de l'urbanisation des pays industrialisés a rendu peu à peu les sols imperméables à l'infiltration d'eau (goudron, bitume, ciment,...) augmentant le débit des cours d'eau ainsi que la périodicité des fortes crues.



Inondation dans d' Aramon en septembre 2002, due à une crue du Rhône.



La modification du lit naturel de la rivière impose la construction de plaines d'inondations artificielles, ainsi que de digues qui vont permettre de limiter l'impact des crues.



Paradoxalement, malgré les inondations successives aux crues, les nappes phréatiques naturelles sont de moins en moins alimentées en eau et s'appauvrissent.

L'augmentation de la population dans les zones urbaines ainsi que la pollution des nappes tendent à faire diminuer les ressources en eau potable des villes ou des régions agricoles. Les besoins en eaux des grandes villes imposent de plus en plus de traitement des eaux usées et l'utilisation des eaux de surface. Ainsi Paris s'approvisionne en partie en eau de réservoirs naturels et en eau traitée de la Seine ou de la marne.

Les problèmes sont donc à la fois liés à l'approvisionnement de cette population en eau potable mais aussi aux traitements des eaux usées générés par l'utilisation de la ressource.