
Matière : Gestion des Ressources Hydriques

(3^{ème} année Licence Hydraulique)

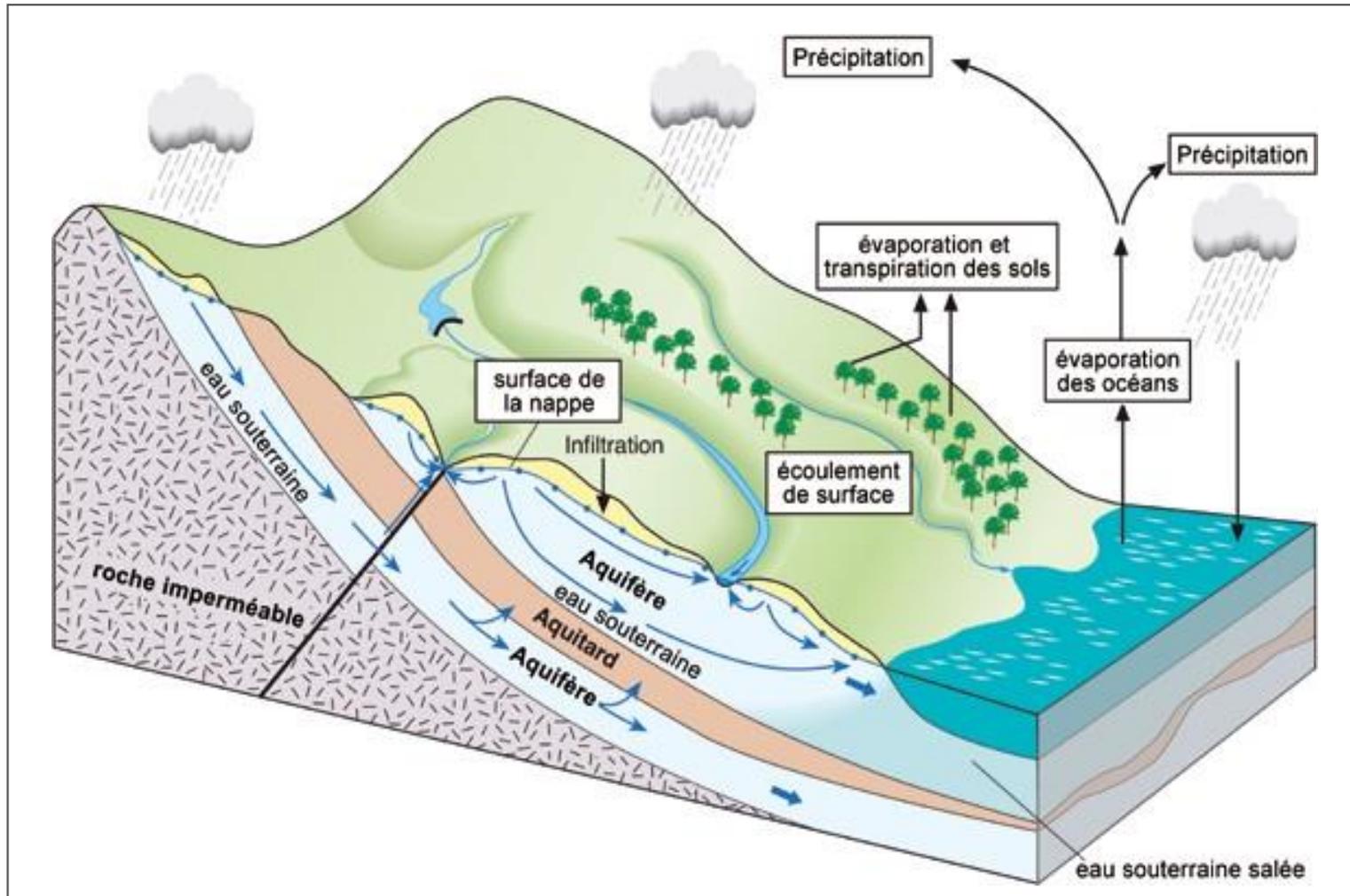
Chapitre I : Le problème de l'eau dans le monde

I.1. Cycle de l'eau dans la nature

L'eau sur terre se compose de 97,5 % d'eau salée, contenue dans les océans et de 2,5 % d'eau douce, contenue dans les lacs, rivières, glaciers, nappes phréatiques, etc. Et l'utilisation de l'eau douce par l'homme n'est possible qu'à hauteur de 0,7 % de la totalité des réserves d'eau

L'eau douce se renouvelle en permanence par le cycle de l'eau. Elle passe de la mer à l'atmosphère, puis de la terre à la mer, en suivant un cycle qui se répète indéfiniment suivant plusieurs étapes :

- **Évaporation et évapotranspiration** : une partie des eaux de mer se transforme en vapeur d'eau sous l'action du soleil ainsi que l'eau des plantes et des animaux par évapotranspiration
- **Condensation** : des nuages se forment dans le ciel
- **Précipitations** : les nuages s'agrègent puis se transforment en eaux pluviales, neige ou grêle
- **Infiltration** : une partie des eaux pluviales s'infiltrent dans les nappes souterraines
- **Ruissellement** : une autre partie des eaux rejoint les eaux de surfaces : rivières, fleuves, lacs...
- **Stagnation** : l'eau est stockée dans les réservoirs naturels sur des périodes plus ou moins longues (ex : 8 jours de stagnation dans l'atmosphère, 17 ans dans les lacs, 2500 ans dans les océans...)
- **Retour à la mer** : l'eau des réservoirs naturels s'évapore sous l'action du soleil puis regagne la mer et les océans.



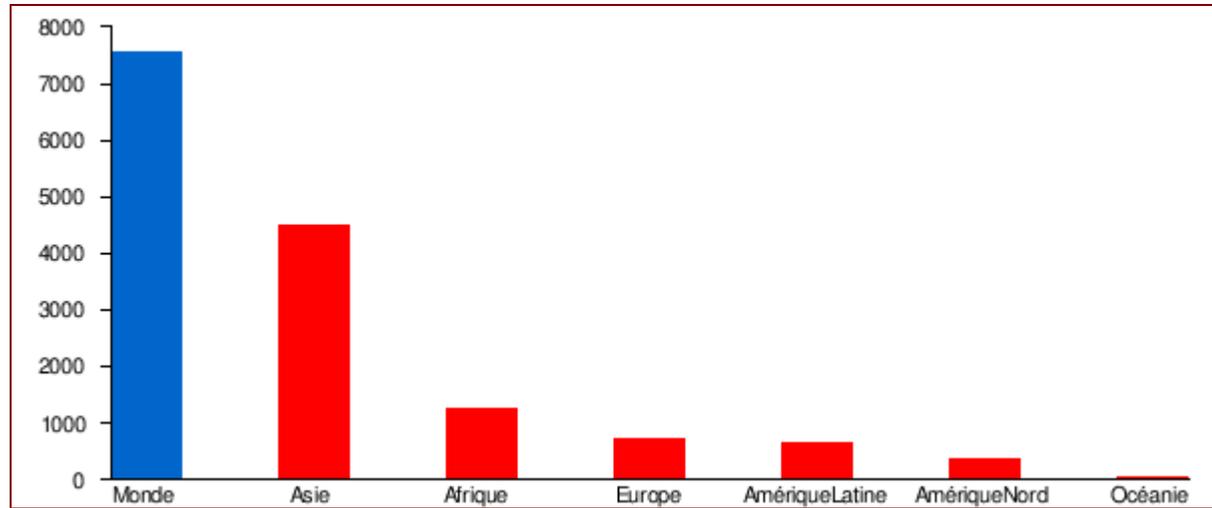
Cycle naturel de l'eau et liens entre eau de surface et eau souterraine

I.2. Répartition des populations dans le monde

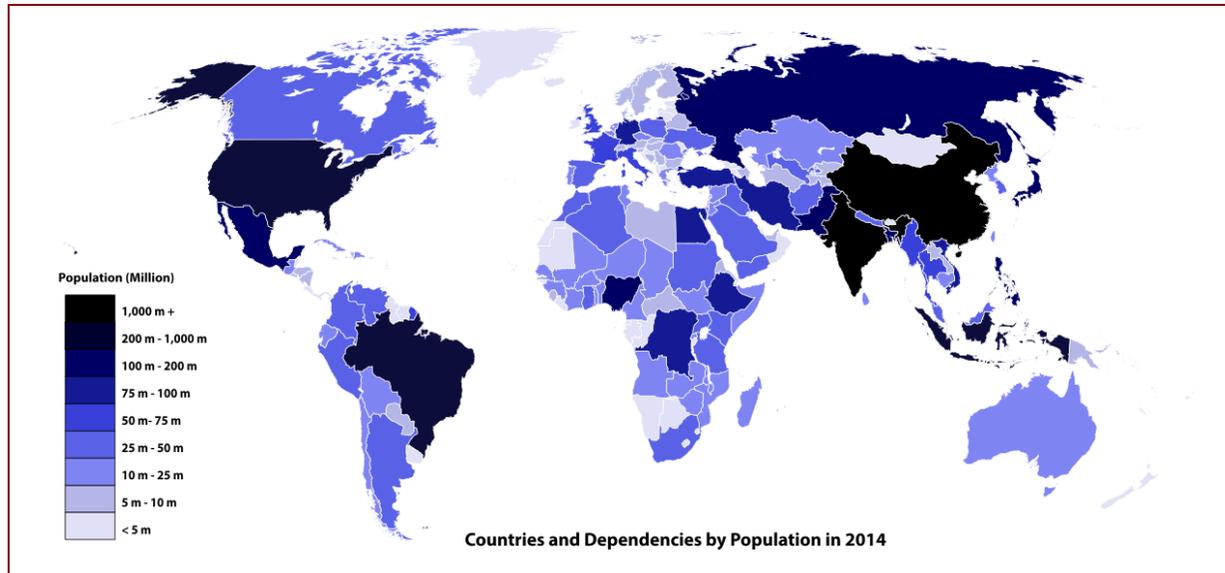
La population mondiale s'élève à environ 7.5 milliards d'habitant répartie comme suit (données de 2017) :

Répartition par continent de la population mondiale (mi-2017)

Zone géographique	Population (hab)	Pourcentage de la population mondiale
Antarctique	1 500	0,0 %
Océanie	40 691 000	0,5 %
États-Unis et Canada	361 208 000	4,8 %
Amérique latine et Caraïbes	645 593 000	8,6 %
Europe	742 074 000	9,8 %
Afrique	1 256 268 000	16,6 %
Asie	4 504 428 000	59,7 %
Monde	7 550 263 500	100,0 %



Répartition par continent de la population mondiale



Répartition par densité de la population mondiale (2014)

Cette population se répartie inégalement dans l'espace pour des raisons multiples liées souvent à la disponibilité des conditions de vie adéquate.

Elle augmente de près de 80 millions de personnes chaque année. Cela se traduit par une demande supplémentaire en eau de 64 milliards de m³/an. La croissance démographique se traduit par des besoins accrus en produits agricoles et donc des besoins croissants en eau.

I.3. Répartition des ressources en eau

Sur la terre, il y a l'eau visible : l'eau de mer, l'eau contenue dans les calottes polaires, les lacs, les rivières, les nuages et la pluie ; et l'eau invisible : les eaux souterraines.

Si l'eau est très présente sur la terre, 97 % de la ressource est de l'eau salée et 2 % est bloquée sous forme de glace. Il ne reste environ que 1 % d'eau sous forme d'eau douce liquide.

Les eaux douces exploitées ont une origine continentale :

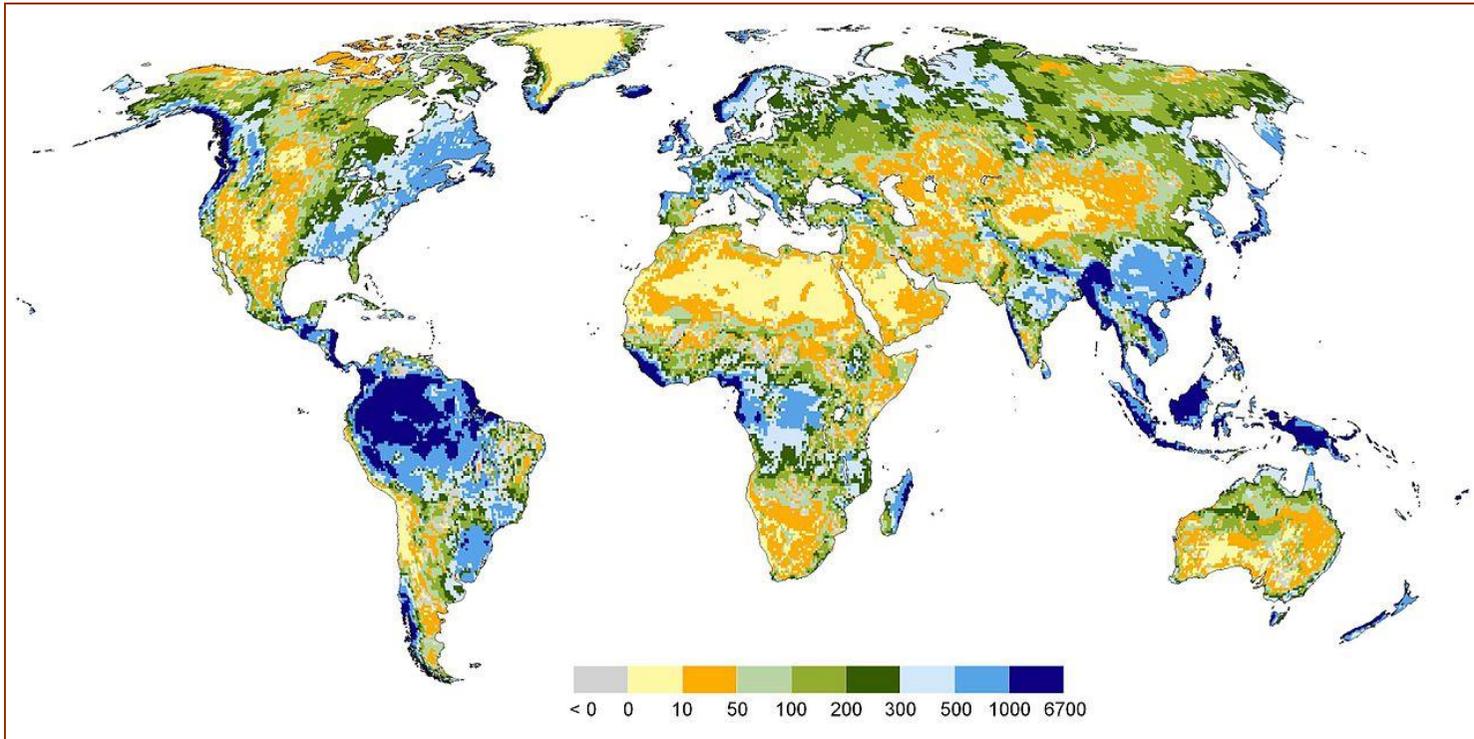
- les eaux de précipitations : atmosphère ;
- les eaux de surface : rivières, plans d'eau ;
- les eaux souterraines : elles proviennent du sous-sol (aquifères ou roches réservoirs) captées par sources naturelles ou forages.

Elles représentent 0,6 % de la ressource totale en eau.

L'eau dans l'atmosphère est renouvelée tous les neuf jours, au cours de ce cycle hydrologique - évaporation - condensation - pluie - ruissellement - et retour à l'océan. En moyenne il tombe un mètre cube d'eau par mètre carré, soit 814 mm³, sur lesquels 56 % sont évaporés par les forêts et les paysages naturels. C'est dans les 44 % restants que l'humanité va puiser pour ses besoins, on parle d'eau agricole (dont 5 % par l'agriculture pluviale), d'eau industrielle et d'eau domestique.

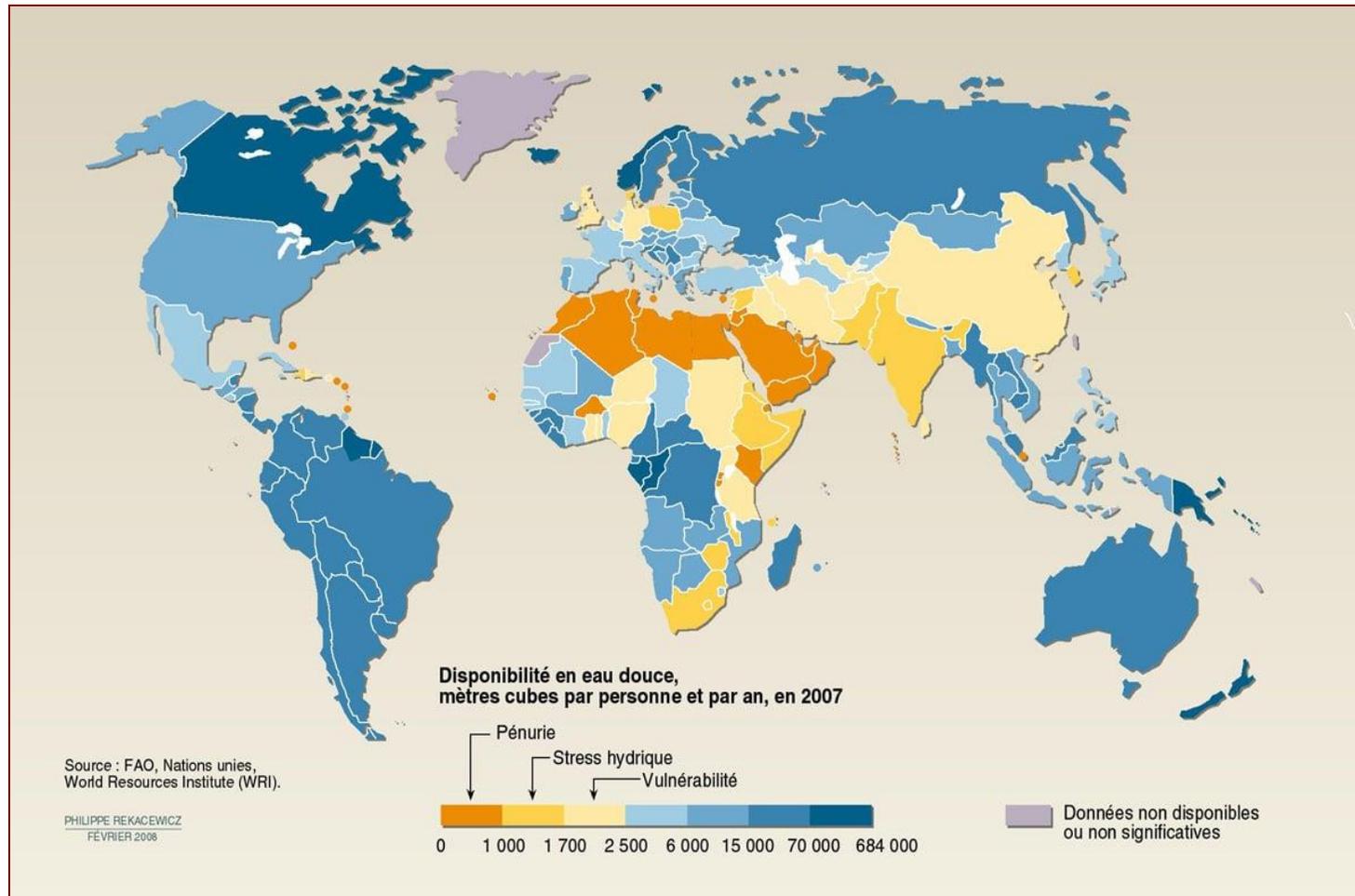
Distribution de l'eau de la terre

Stocks d'eau terrestres	1,4 milliard de km³	
océans, mers	1,35 milliard de km ³	97,3 %
glaces	27,5 millions de km ³	2,15 %
eaux souterraines	8,2 millions de km ³	0,63 %
lacs, rivières	170 000 km ³	0,01 %
humidité du sol	70 000 km ³	0,005 %
humidité de l'air	13 000 km ³	0,001 %
eau des cellules vivantes	1 100 km ³	0,0001 %



Total des ressources en eau douce renouvelables du monde (en mm/an)

Si on rejoint les volumes des ressources en eau disponibles et la population mondiale, on obtient la dotation hydrique annuelle par personne qui est réparti selon la figure ci-dessous (2007).



Disponibilité en eau douce (m^3 /personne/an), (2007)

I.4. Évolution des besoins et de la consommation en eau

Pour survivre, l'humain a besoin de 5 litres d'eau par jour. On considère que 80 litres/jour/personne sont nécessaires pour assurer la qualité de vie. Un individu aux États-unis consomme environ 350 litres/jour/personne, 200 litres/jour/personne en Europe, 25 litres/jour/personne en Inde et à Madagascar 5.4 litres/jour/personne.

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), on distingue trois niveaux de dépendances :

- **1er niveau : pénurie hydrique**

Les ressources sont inférieures à 1000 m³ par habitant par an. Les pays arabes font face à une pénurie. L'Égypte et la Libye se trouvent dans une situation extrême avec moins de 500 m³ par personne et par an.

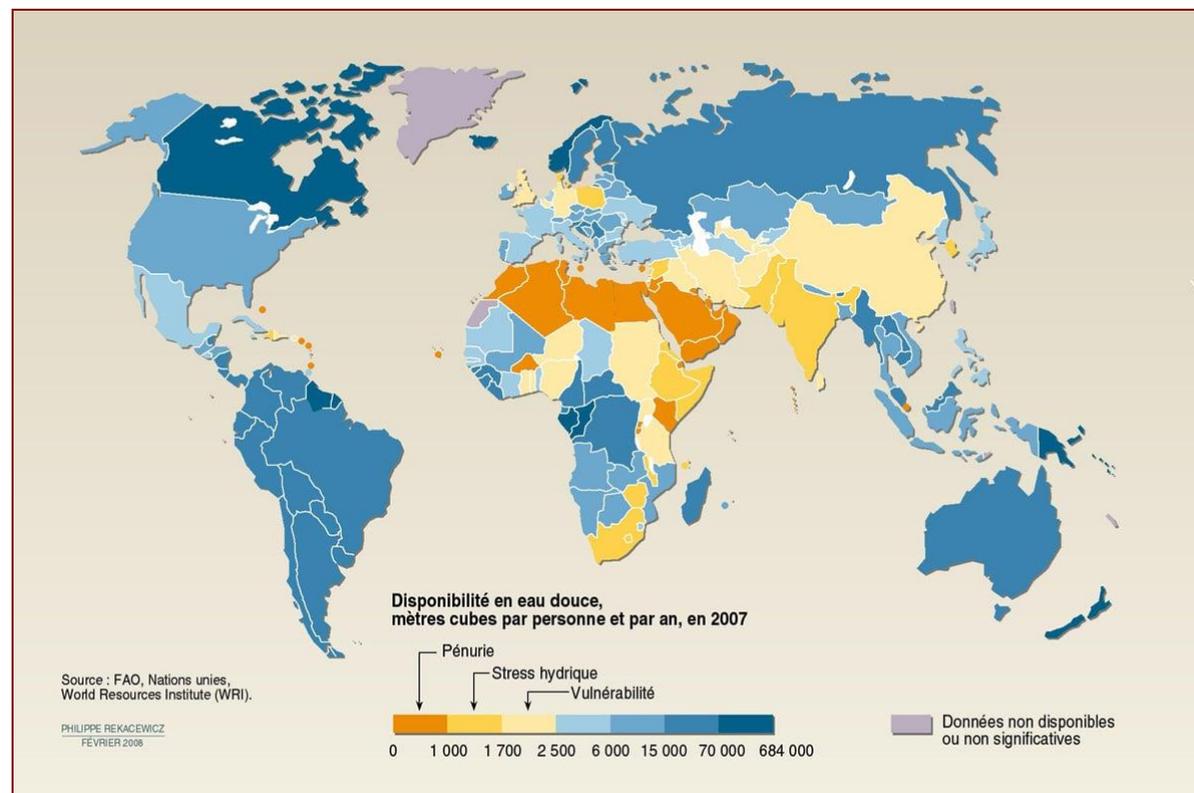
Le Moyen Orient et l'Afrique du Nord totalisent 4,3% de la population mondiale et sont à disposition moins de 1% des ressources en eau douce renouvelable de la planète.

- **2ème niveau : stress hydrique**

Les ressources sont comprises entre 1000 et 1500 m³ par habitant par an.

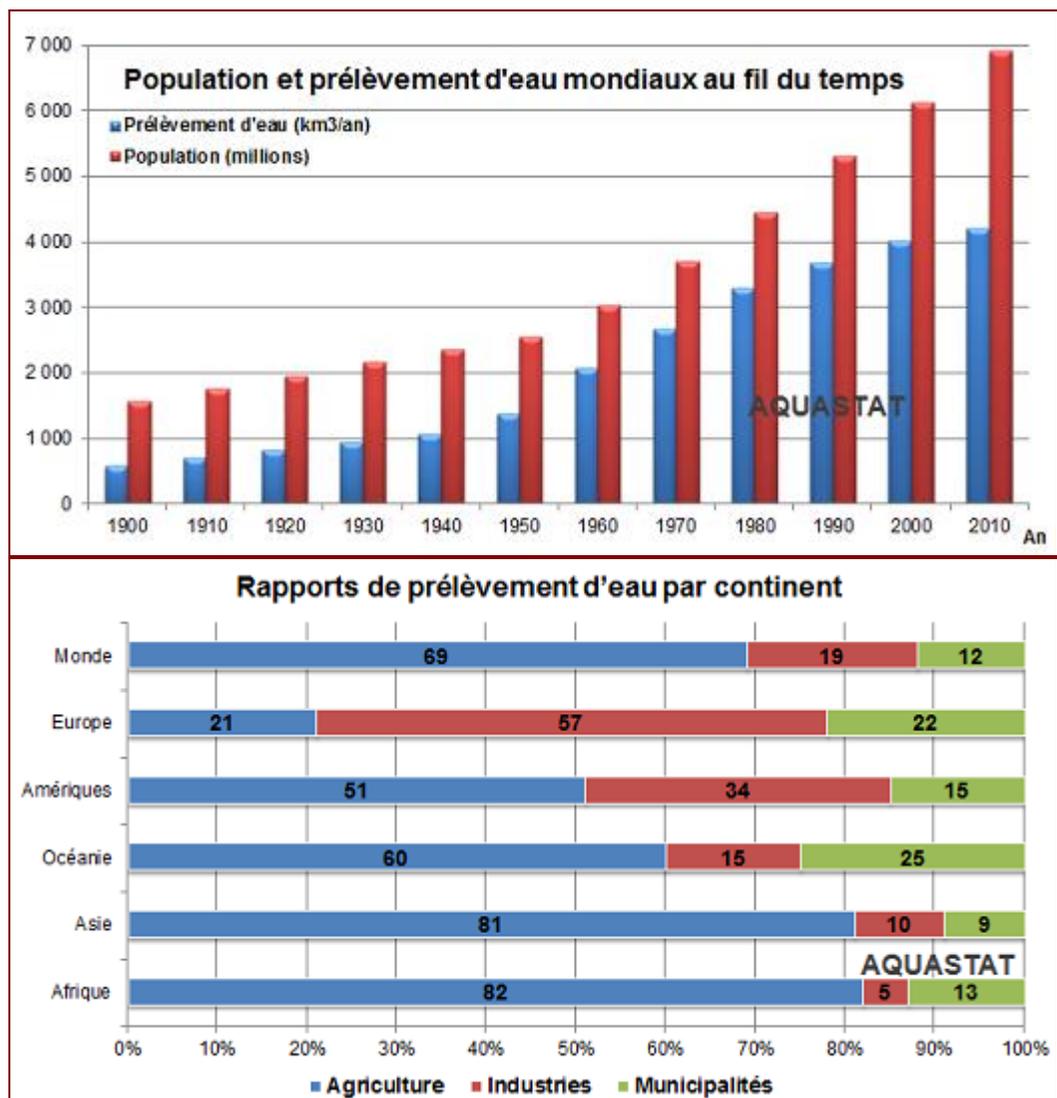
- **3ème niveau : vulnérabilité hydrique**

Les ressources sont comprises entre 1500 et 2500 m³ par habitant et par an.



Disponibilité en eau douce (m³/personne/an), (2007)

Globalement, l'utilisation de l'eau par continent est illustrée par les figures suivantes :



Mais par secteur, l'agriculture accapare 70% des usages d'eau mondiale, dans le futur, cette part pourrait passer à 90%, si rien n'est fait pour améliorer les systèmes d'irrigation. Cette situation concerne surtout les continents composés de pays pauvres et sous développés.

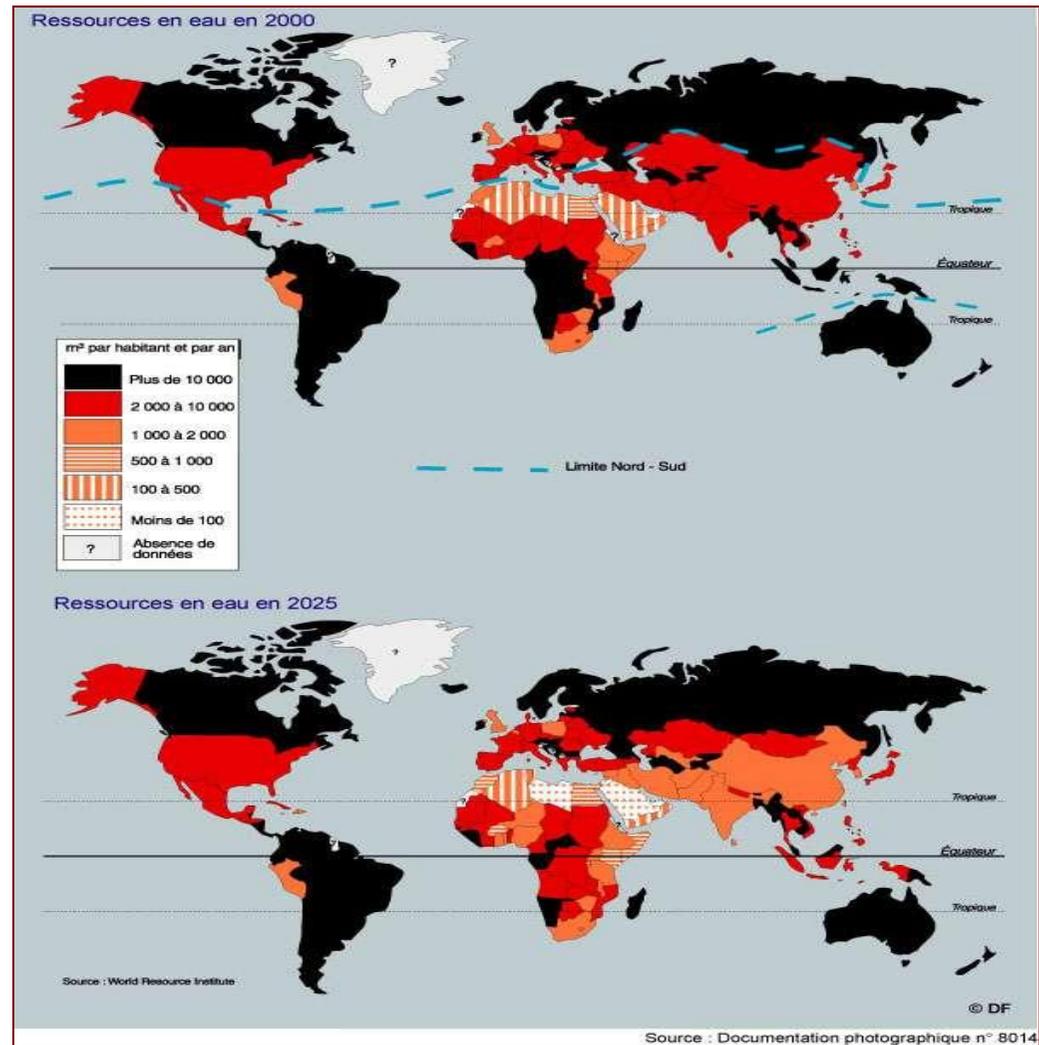
I.5. Ressource mondiale en eau entre hier et demain

En 1950, la ressource mondiale en eau était estimée à 17 000 mètres cubes par personne et par an. La forte croissance démographique, l'industrialisation, l'urbanisation, l'intensification agricole ont changé la donnée. En 1995, on estimait que la ressource en eau renouvelable et disponible n'était plus que de 7 500 m³ par personne et par an. Elle devrait chuter à moins de 5 100 m³ en 2025. Dans les pays de l'Union Européenne, les ressources moyennes en eau s'établissent à 7 000 m³ par personne et par an (*Eurostat, 2002*).

Rendons-nous compte qu'à l'échelle de la planète, les prélèvements d'eau ont été multipliés par plus de 7 entre 1900 et 1995. En rapportant l'ensemble des besoins actuels en eau de l'humanité à la population totale, on estime à 500 m³ les besoins annuels moyens en eau, par habitant, tous usages confondus. Prenons aussi en considération le fait que, au rythme actuel, la population mondiale devrait dépasser les 9 milliards en 2025 et pourrait doubler d'ici la fin du XXI^{ème} siècle. Les répercussions sur les besoins en eau sont multiples : plus il y a d'êtres humains, plus il y a de personnes à désaltérer, de bouches à nourrir et d'activités humaines gourmandes en eau. D'autres facteurs influent sur les consommations d'eau, tels que l'urbanisation et le niveau de développement des pays. En 1950, on comptait à travers le monde trois mégalo-poles de plus de 10 millions d'habitants, en 2000 on en recensait 21 et en 2025, elles sont estimées à 50.

Les prélèvements d'eau destinés à l'irrigation ont progressé de plus de 60% depuis 1960 et représentent, au niveau mondial, 70% du total des prélèvements. Au cours du XX^{ème} siècle la surface mondiale des terres irriguées a été multipliée par cinq. Ce développement de l'irrigation est directement lié à la croissance démographique et concerne surtout les zones arides ou semi-arides où la réserve d'eau est, par définition, limitée et où la croissance démographique est particulièrement forte. Plus des deux tiers des terres irriguées se trouvent en Asie dans les zones à forte densité de population, où la forte croissance démographique a justifié une intensification de la riziculture. L'eau prélevée pour l'irrigation est en grande partie consommée (une partie humidifie les sols et est absorbée par les plantes mais la plus grande part s'évapore) et ne peut servir à d'autres

usages. Trop de systèmes d'irrigation ont encore, dans le monde, des rendements extrêmement faibles (trop d'eau qui s'évapore sans nourrir les sols ou les cultures).



I.6. Le problème de l'eau dans le monde

L'eau potable est essentielle à la vie humaine. Or, 1,1 milliard de personnes n'ont pas accès à l'eau potable, essentiellement en Afrique (voir carte) alors que d'autres la gaspillent. Il faut donc modifier les façons de faire pour assurer un accès à tous.

Le lien entre pauvreté et ressources en eau est évident : le nombre de personnes vivant avec moins de 1,25 dollar par jour coïncide approximativement avec celui des personnes qui n'ont pas accès à une eau potable salubre.

2,6 milliards de personnes manquent d'installations sanitaires décentes (chiffres pour 2002, source: UNICEF/OMS JMP 2004).

80% des maladies sont liées à l'eau et causent la mort prématurée de 3 millions de personnes chaque année.

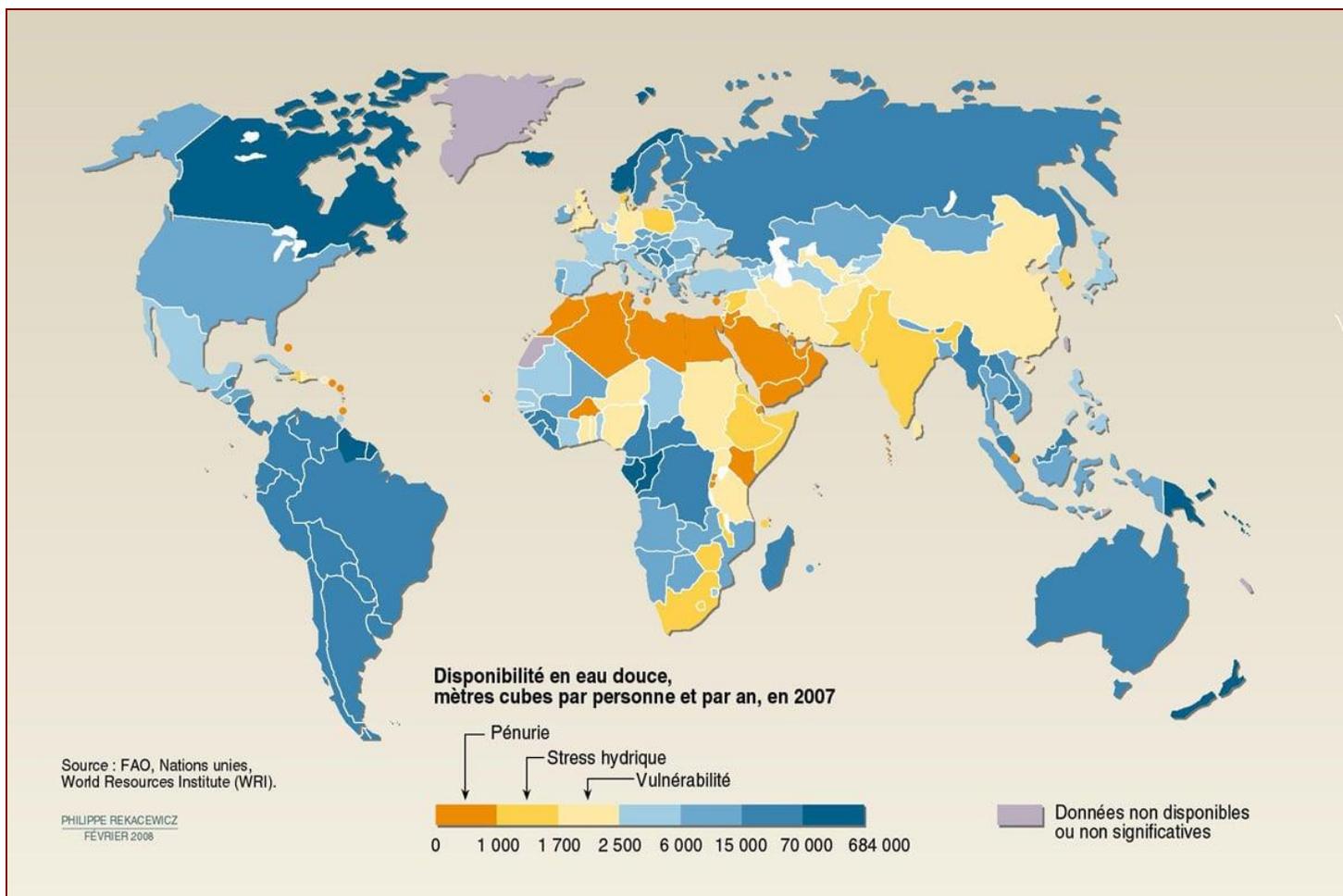
5 000 enfants meurent chaque jour de maladies diarrhéiques, soit un toutes les 17 secondes.

Quelques indicateurs

1,4 milliards de personnes vivent avec moins de 1000 m³ d'eau par an (*Source : BRGM, 2011*)

La situation d'un pays au regard des ressources en eau peut être évaluée par :

- L'indice d'exploitation : il s'agit de la part de l'eau prélevée, pour l'ensemble des besoins d'un pays, par rapport au volume annuel moyen des apports naturels. Il peut aller de 1% au Venezuela à plus de 100% en Arabie Saoudite et en Libye. La France, avec 20 %, se situe dans la moyenne des pays industrialisés.
- Le volume des ressources naturelles : cela va de moins de 500 m³/habitant/an (Malte, Jordanie, Palestine, ...) à plus de 80 000 m³/habitant/an (Norvège, Gabon, Canada...). La France est considérée comme bien pourvue puisqu'elle se situe dans la fourchette de 2 000 à 5 000 m³/habitant/an.
- Le degré d'indépendance : l'Egypte, les Pays-Bas ou l'Irak, par exemple, dépendent fortement de la réserve d'eau d'origine externe, respectivement 99%, 89% et 65%.



Cette situation de problèmes et conflits liés à l'accès à l'eau peut être attribuée aux facteurs suivants :

1. Les Changements Climatiques et précipitations

Les ressources de chaque pays dépendent du climat. Les niveaux de précipitations (pluviométrie), extrêmement variables dans le monde, vont de moins de 10 000 m³ à 10 000 000 m³/km². Cette oscillation se répercute sur les flux d'écoulement annuels moyens. Bien entendu, précipitations et écoulements, au delà des variations géographiques, sont soumis à des évolutions plus ou moins marquées dans le temps et de manière générale, un afflux relativement constant sera plus facile à gérer que de fortes variations saisonnières (figure ci-dessous).

Les cycles climatiques passés et actuels ont façonné la géographie des ressources en eau. De fait, elles sont inégalement réparties entre les pays. Les régions les plus défavorisées sont la péninsule Arabique, le Proche Orient, l'Afrique du Nord, le Sahel et la zone désertique d'Afrique Australe.

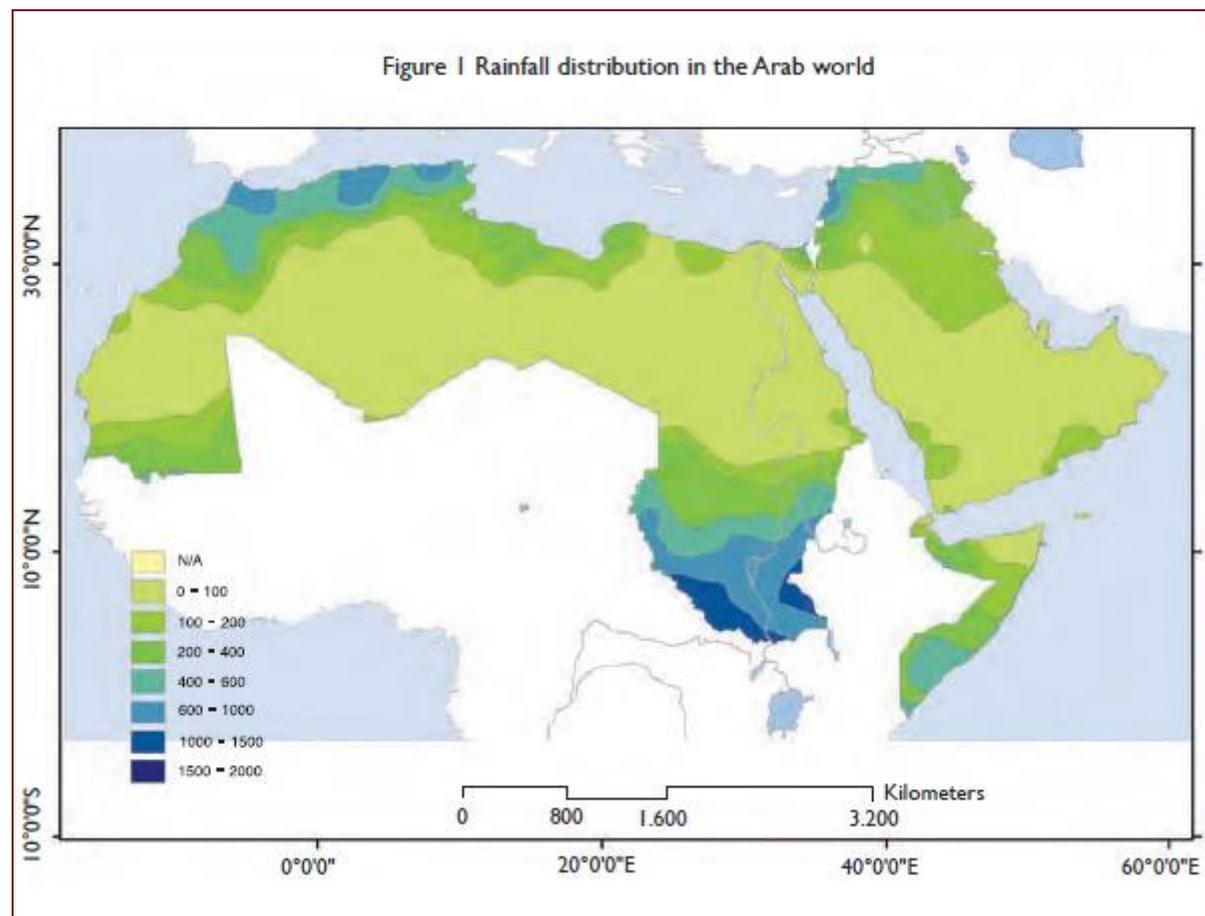
Près de 60 % des ressources naturelles renouvelables d'eau douce du monde sont partagés par 9 géants de l'eau : Brésil, Fédération Russe, Indonésie, Chine, Canada, Etats-Unis, Colombie, Pérou et Inde. A l'autre extrémité, un certain nombre de pays disposent de ressources extrêmement faibles, voire quasi nulles : Koweït, Bahreïn, Emirats Arabes Unis, Malte, Libye, Singapour, Jordanie, Palestine, Chypre.

On observe des périodes de carence même là où les ressources sont habituellement abondantes. Sao Paulo (Brésil) a connu en 2015 une pénurie d'eau sans précédent. Le nord de l'Inde, pourtant bien irrigué par les eaux de l'Himalaya, a connu un été 2018 très aride après de faibles pluies hivernales.

En 2030, presque la moitié (47%) des habitants de la planète vivront dans des régions soumises à un stress hydrique élevé. Entre 75 et 250 millions de personnes seront confrontées en 2020 à des pénuries croissantes liées au changement climatique.

Dans le bassin méditerranéen, les prélèvements en eau approchent le niveau limite des ressources disponibles. Des pénuries d'eau, conjoncturelles ou structurelles, sont constatées. En 2005, la population méditerranéenne, pauvre en eau, s'élève à 180 millions d'habitants, dont 60 millions en situation de pénurie. En 2025, 244 millions de méditerranéens seront pauvres en eau, soit 44% de la population totale des pays méditerranéens (*Plan Bleu, 2005*).

D'une manière générale, la pénurie que connaîtront certaines régions arides et semi-arides aura un impact décisif sur l'exode et les migrations des populations.



Distribution de la pluviométrie dans le monde arabe

2. La mauvaise gestion des ressources en eau

Pour certains, Le problème le plus important concernant l'eau n'est pas la pénurie. Que ce soit dans les pays développés ou dans les pays en développement, il n'y a pas réellement de pénurie d'eau. Le problème est le manque d'infrastructures, et plus important encore, l'absence de la bonne gestion des ressources existantes.

I.7. Impact des problèmes liés à l'accès à l'eau sur la vie socioéconomique des populations

Les études réalisées ont montrés que le manque d'accès à l'eau affecte considérablement le niveau de vie des populations. Le rapport montre que chaque dollar investi pour améliorer l'accès à l'eau se traduit par des gains de 3 à 34 dollars des États-unis. A contrario, lorsque l'investissement est faible, le produit intérieur brut (PIB) peut en être affecté jusqu'à concurrence de 10%.

Sur le continent africain, les pertes engendrées par le manque d'accès à une eau de qualité et à des infrastructures sanitaires de base sont estimées à quelque 28,4 milliards de dollars par an, soit près de 5% du PIB.

Aujourd'hui, plus de 80% des eaux usées dans les pays en développement sont rejetées sans subir aucun traitement, polluant les rivières, les lacs, ou les rivages dans lesquels elles se déversent.

On estime que remplacer les infrastructures vieillissantes dans les pays industrialisés pourrait coûter jusqu'à 200 milliards de dollars par an.

Le Gouvernement du Canada investi 4,5 millions de dollars dans les réserves canadienne et mondiale d'eau douce. Le ministre de l'Environnement, a annoncé que le Canada investira 2,5 millions de dollars sur cinq ans pour appuyer le Programme de l'eau du Système mondial de surveillance continue de l'environnement (GEMS) du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Cette initiative internationale sur les sciences de l'eau vise à mieux comprendre les enjeux liés à la qualité des eaux intérieures dans le monde.