



ACADEMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

Séance du 04/04/2005

Conférence n°3903

L'EAU, MOLECULE DE NOTRE QUOTIDIEN

par Louis COT

La Journée Mondiale de l'eau du 22 Mars 2005 a marqué l'ouverture de la décennie internationale d'action pour l'eau. Le slogan retenu « l'Eau Source de Vie », souligne la nécessité d'atteindre les objectifs fixés par les Nations Unies, et soutenues par l'UNESCO.

Cet objectif consiste à réduire de moitié, d'ici 2015, le pourcentage de la population du monde qui n'a pas accès à l'eau potable. Ce projet concerne 100 millions de personnes/an sur 10 ans.

L'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier s'associe à cette initiative et j'ai l'honneur et le plaisir de vous présenter cette Conférence sur « l'Eau, Molécule de notre Quotidien ».

I – EAU ET TRADITIONS - EAU SYMBOLIQUE – EAU MYSTERIEUSE ET SACREE

Dans la vie des hommes, l'eau a toujours été un symbole.

Elle est présente dans tous les mythes qui entourent la naissance, la vie, la mort.

Toutes les religions, sans exception, font de l'eau un des actes fondateurs de la Création.

Ainsi, dans le récit de la Genèse, il est écrit : « au 2^o jour Dieu fit le firmament, qui sépara les eaux qui sont au dessus du firmament, des eaux qui sont au- dessous ; celles-ci formant les mers».

On peut aussi voir, le mythe de la naissance symbolisé par cette Vénus de Botticelli, elle donne l'idée que la venue à la vie est liée à la sortie des eaux.

L'eau est symbole de pureté à la fois physique et spirituelle. Ainsi, chez les Hindous, il suffit d'un simple contact avec le Gange pour être lavé de toute souillure. Dans les rites islamiques, l'eau joue aussi un grand rôle ; l'ablution de chaque partie du corps s'accompagne

d'invocations précises. Des salles d'ablutions se trouvent dans chaque mosquée et l'on doit pratiquer le rite de la purification avant la prière. Les Juifs Orthodoxes procèdent à des bains rituels, avant tout événement religieux, et, à la veille du Sabbat, à des immersions.

Depuis Jean-Baptiste et le baptême de Jésus dans les eaux du Jourdain, les chrétiens pratiquent le baptême; l'eau devient alors symbole du passage à une autre vie, elle exprime purification et renouveau spirituel.

Les sources, dont l'eau se régénère en permanence, symbolisent l'immortalité. C'est Jupiter qui a transformé la nymphe Jouvence en fontaine qui a le pouvoir de rajeunir ceux qui s'y baignent et d'arrêter la marche du temps. A Montmartre, la tête de St Denis posée à terre après sa décapitation fit naître une source. A Lourdes, en 1858, devant l'apparition de la Vierge, une jeune bergère fit jaillir une source purificatrice.

II – L'EAU EST UNE BIEN ETRANGE SUBSTANCE

La molécule d'eau (taille inférieure au dix millionième de mm) est l'élément le plus petit auquel on peut réduire une quantité d'eau. Elle est formée d'un atome d'oxygène et de 2 atomes d'hydrogène.

La configuration électronique de la molécule H₂O lui confère une grande stabilité et un caractère dipolaire. Tout le secret de l'eau réside dans la forme angulaire de cette molécule qui se comporte comme un dipôle électrique avec les charges négatives côté oxygène et positives côté hydrogène.

À l'état naturel, la molécule H₂O isolée n'existe pas. Chaque molécule s'associe à d'autres molécules d'eau pour former des polymères qui s'assemblent en clusters de quelques molécules à plusieurs milliers de molécules. Cette formation de clusters est possible grâce aux liaisons hydrogènes.

Selon la température ces liaisons jouent un rôle différent : elles sont fortes, moyennes ou faibles.

A moyenne température les liaisons faibles permettent à ces petits clusters (en général trimères) de se lier et se délier aux éléments qui les entourent à une cadence de plusieurs millions de fois par seconde : ce qui permet à l'eau de transporter les nutriments et d'éliminer les déchets dans tout organisme vivant.

En phase vapeur, au-delà de 100 ° C les molécules sont pratiquement indépendantes les unes des autres.

Par contre à basse température, les liaisons hydrogène fortes permettent la formation de clusters beaucoup plus volumineux ; l'eau est alors glace.

Il a fallu des siècles de recherches et polémiques pour que l'on mette en évidence cette structure moléculaire. Pour les Anciens, elle était avec la terre, l'air, et le feu l'un des 4

constituants fondamentaux du monde. Cette croyance demeura jusqu'au milieu du 18^{ième} siècle lors de la découverte de H₂ par Lord Cavendish (Physicien et chimiste anglais).

En 1783 Lavoisier et Laplace réalisent en public, dans le laboratoire de l'Arsenal à Paris, la décomposition et recombinaison de l'eau. Ce n'est qu'au début du 19^{ème} siècle que la formule H₂O a été définitivement attribuée à l'eau grâce aux travaux de J. Dalton et Avogadro.

III – EAU UNE BIEN ETRANGE SUBSTANCE AUX PROPRIETES EXTRAORDINAIRES

Une première propriété étonnante est la densité de la glace solide qui est inférieure à celle de l'eau liquide. La glace est moins dense que l'eau, donc elle flotte.

Les conséquences en sont l'existence des icebergs. Heureusement, car si la glace s'enfonçait dans l'eau, les océans gèleraient en masse et à terme, notre planète deviendrait glacée, d'autre part, parce que cette glace est en surface, elle maintient en profondeur une eau vers 4°C qui permet la vie à l'intérieur des lacs et des océans.

De plus comme la glace occupe plus de volume que l'eau liquide ; en hiver les canalisations peuvent éclater; de même les roches infiltrées se fissurent et provoquent l'usure des montagnes.

Nous avons vu que les molécules d'eau sont attachées entre elles par liaisons hydrogène ; pour les séparer il faudra fournir un gros effort.

Ainsi il faut la même quantité de chaleur pour vaporiser 1 g d'eau à 100° C: (2 445 j/g), que pour chauffer 7 g d'eau liquide de 20 à 100° C.

Donc, quand le soleil chauffe la mer, très peu d'eau est évaporée, mais elle absorbe de grande quantité de chaleur sans changement important de température : c'est un excellent réservoir à calories.

Par les mers et les océans (qui couvrent 70 % de la Planète), l'eau joue ainsi le rôle d'un puissant régulateur thermique de la terre. Ceci explique pourquoi le climat continental diffère du climat océanique. Si nous n'avions pas cette eau nous aurions des climats avec les sauts de température que connaît Mars ou la Lune : des écarts de 120 à 130° entre les moments ensoleillés et la nuit.

En raison des fortes liaisons entre molécules, l'eau présente une tension superficielle supérieure à celle des autres liquides. Ceci explique pourquoi une goutte d'eau peut demeurer suspendue à une feuille ou à la sortie du robinet... Ceci explique aussi la rosée du matin : ces fines gouttelettes déposées sur les tiges des végétaux, les toiles d'araignée... Elle explique également le phénomène d'ascension capillaire qui est à l'origine de la remontée à la surface des eaux souterraines et ce, malgré la gravité. Ce phénomène explique aussi, en partie, comment l'eau, sous forme de sève, monte dans les racines et les tiges des plantes.

L'eau est un solvant universel. En effet toute molécule qui a un caractère de dipôle va être agrippée par la molécule d'eau. Beaucoup de molécules organiques ou biologiques ont ce caractère chargé dipolaire. C'est pourquoi l'eau pure n'existe pas dans la nature ; elle renferme de multiples composés, en particulier des sels minéraux indispensables à notre organisme. Ce pouvoir dissolvant est à l'origine de la salinité des océans (35 g/l) car les fleuves amènent à la mer de grandes quantités de sels dissous prélevés sur le continent.

Outre ce rôle de solvant exceptionnel, l'eau est un agent transporteur de matières minérales et organiques.

Infatigable ouvrière, en surface comme en profondeur, l'eau dissout, transporte des sédiments, poursuivant sans répit les processus d'érosions qui façonnent la planète.

En plus des sédiments, elle entraîne avec elle les ions nécessaires à la nutrition des êtres vivants mais aussi hélas toutes les substances polluantes qu'elle peut rencontrer dans l'atmosphère, à la surface du sol ou en profondeur. Elle est aussi à l'origine de la formation de certains cristaux dans les roches, des stalagmites et stalactites dans les grottes calcaires ou encore de la formation de certains gisements minéraux.

IV – EAU MOTEUR DE VIE

On trouve de l'eau, sous différents états, partout dans l'Univers, presque toujours à l'état de glace. Mais la Terre est la seule planète de notre système solaire sur laquelle l'eau se trouve sous les 3 états : solide -liquide-gazeux. Dans l'état actuel de nos connaissances, elle est la seule sur laquelle les conditions requises pour l'apparition de la vie ont été réunies. On ne connaît aucune forme de vie pouvant se passer d'eau ; c'est pourquoi la présence d'eau sur les planètes, autre que la nôtre, intéresse au plus haut point les chercheurs.

On peut donc dire que **la Terre est la planète de l'eau** ; c'est la raison pour laquelle elle est devenue la planète de la vie ; la vie de l'Homme avec son environnement.

L'eau est présente dans la structure du corps humain en quantité importante ; 55 à 75 % selon l'âge et le sexe, et même plus : un fœtus de 3 semaines est constitué de 97 % d'eau. Cette quantité diminue de la naissance à la mort ; vieillir c'est se déshydrater !

Résumons en disant que l'eau constitue 60 % de la masse d'un adulte (ce qui représente des quantités importantes environ 40 litres pour un adulte de 70 kg) et fait l'objet d'un perpétuel renouvellement. L'eau est apportée dans l'organisme par les boissons - (environ 1,5 l/j pour un adulte), par les aliments

(remarquons qu'une tomate contient 90 % d'eau), et par synthèse métabolique (qu'on peut résumer en disant que c'est l'oxydation des lipides et des glucides que nous absorbons, qui se transforment en énergie en créant de l'eau et du CO₂).

Normalement les pertes d'eau sont égales aux apports en eau. On peut résumer 4 voies de déperditions hydriques :

Les reins (environ 1, 500 l d'eau par jour)

La peau (environ 600 ml (transpiration), les poumons environ 300 ml sous forme de vapeur d'eau et par le tube digestif (environ 100 ml dans les fécès).

Ces quantités perdues par une voie donnée peuvent varier selon les circonstances.

L'apport est lui aussi variable : un adulte, en climat tempéré, en l'absence d'effort physique doit boire 1 à 1,5 l d'eau/jour. Cette quantité s'élève à 3 litres ou plus, en climat chaud ou en cas d'effort physique.

Un sportif qui produit un gros effort physique peut boire 10 à 12 l par jour (un joueur de tennis par exemple boit facilement 2 l par match). Il est plus facile de survivre sans aliment que sans eau ; ainsi, en climat aride, l'espérance de vie sans eau n'excède pas 2 jours.

Une perte de 20 % de l'eau corporelle conduit à la mort. On voit là l'importance de l'apport d'eau à l'organisme.

- Dans le corps humain l'eau joue donc des rôles fondamentaux :
- fonction énergétique : l'eau produit de l'énergie stockée sous forme d'ATP (adenosine tri-phosphate).
- fonction métabolique : elle intervient dans les réactions d'hydrolyse enzymatique, ionisation
- fonction thermorégulatrice : par le flux sanguin elle assure la régulation de la température du corps. De plus la transpiration permet de refroidir le corps par l'évaporation de l'eau
- fonction circulatoire : elle participe à tous les transports à l'intérieur du corps ainsi qu'au maintien de la pression sanguine.
- fonction de nettoyage de notre corps ; nous éliminons les déchets sous forme d'urine.

V – L'EAU EST UN BIEN TRES PRECIEUX

Ceci nous montre déjà combien « l'eau est un bien très précieux »

Quotidiennement et par personne, statistiquement, nous consommons environ 5 m³ d'eau/jour

- 2 l d'eau pour la boisson
- 150 à 200 l pour toilette – lessive – ménage –
- 1 400 l pour nos besoins industriels
- 3 500 l pour nos besoins agricoles.

Le plus gros consommateur d'eau dans le monde est l'agriculture avec 69 % , puis vient l'industrie 23 % et enfin les usages domestiques : 8 %. Pour l'agriculture, ce taux dépasse 90 % en Chine, Inde ou Mexique à cause des surfaces irriguées qui ont triplé en 50 ans car l'alimentation repose sur des cultures qui dépendent de plus en plus de l'irrigation.

Actuellement 235 Milliards d'hectares sont irriguées dans le monde dont 130 dans les pays industrialisés et 2 millions en France (et 100 000 fois + dans le monde)

Voilà ce que coûtent en eau :

- 1 kg de blé 500 l
- 1 kg de riz 2 000 l
- 1 kg de coton 10 000 l
- 1 Kg de papier 150 l
- 1 kg d'aluminium 1 000 l
- 1 voiture 35 000 l

La consommation d'eau pour le coton est à l'origine d'un certain nombre de désastres écologiques.(Mer d'Aral).

VI – L'EAU AU NIVEAU MONDIAL

La quantité d'eau sur terre représente une quantité finie ; elle est la même depuis l'apparition de la Terre dans le cosmos. Grâce au cycle hydrologique qui tire son énergie du soleil, l'eau passe continûment de l'évaporation, à la condensation et donc aux précipitations. L'eau de la douche de ce matin a peut-être servi à Cléopâtre, à Gandhi , ou à tout autre personnage de ce monde....

Ce qui est intéressant, c'est le flux, c'est à dire ce que l'on gère : c'est l'eau qui tourne. Bien sûr ce flux varie avec les années ; on l'estime à environ 40.000 km³ / an (40 .000 milliards de m³/an).

Par ailleurs, le stock est estimé à 1400 millions de km³ (soit 30.000 fois plus). Il est réparti en eau salée : mers et océans (pour 97,5 %) et en eaux douces (pour 2,5 %) réparties entre neige et glace (pour les 2/3), et eaux souterraines (pour 1/3) lacs et réservoirs (0,3 %) et atmosphère. Il faut savoir que la quantité d'eau dans l'atmosphère est supérieure à celle des rivières, c'est un domaine à exploiter dans l'avenir pour avoir de l'eau douce.

Donc il tombe chaque année sur la Terre 40 .000 km³ d'eau sous forme de pluie ou de neige! C'est énorme. Mais elle est très mal répartie. Le Canada par exemple est excédentaire d'eau ; d'ailleurs ils ne paient pas l'eau.

Par contre, il y a une bande au Nord de l'Equateur (Afrique du Nord – au Sud de l'Asie – Mexique), où il ne tombe pas assez d'eau et le manque se fait cruellement sentir.

Or pour qu'un être humain soit en équilibre hydrique, il faut un minimum de 500 m³ d'eau douce/an (appelé seuil de stress hydrique) ; en deçà on multiplie les entraves au développement. Le nombre de pays concernés par le stress hydrique sont des pays très peuplés souvent pauvres.

Les gens des pays à revenus élevés (Etats Unis – Europe Occidentale) consomment 20 à 30 fois plus d'eau que les autres. La consommation d'eau par habitant est très inégalitaire.

L'Eau en France :

La France est plutôt bien lotie, forte d'un vaste réseau de 550.000 Kms de cours d'eau. Les 5 grands fleuves (Garonne – Loire – Rhin – Rhône et Seine) constituent 65 % des eaux

territoriales. D'autre part montagnes et nappes phréatiques offrent une importante capacité de stockage donnant une ressource potentielle annuelle de 3 600 m³ /habitant.

Il existe toutefois des inégalités d'une région à l'autre. En Bretagne les eaux, essentiellement de surface, sont fragilisées par l'agriculture. Dans le Midi méditerranéen, le climat sec augmente la difficulté d'un approvisionnement régulier. Le Grand Sud-Ouest subit de période de sévère sécheresse.

98 % de la population a accès à l'eau potable provenant pour les ¾ de sources et forages ; le reste provenant des lacs et rivières. Les gisements sont renouvelés par la pluie et la neige à hauteur de 200 milliards de m³ dont nous ne consommons qu'un huitième pour les besoins personnels et la moitié si l'on considère tous les usages.

VII – L'EAU EST UN FACTEUR DU DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE

L'eau est un bien précieux au cœur de l'économie. En Août 2001, le vice-premier ministre chinois a assuré au Journal Le Monde que « la pénurie d'eau est un obstacle majeur au développement économique de son pays ». Dans le même journal du 27 Mars 2004, Wang Jérong, directeur de l'Agence Chinoise de l'Environnement réaffirme cette idée, et ajoute que "la surexploitation des nappes phréatiques provoque des affaissements de terrain" ajoutant que " les ressources en eau par habitant en Chine ne s'élèvent qu'au quart de la moyenne mondiale".

L'eau utilisable se raréfie : 55 % de l'eau douce actuellement disponible à l'échelle mondiale sont aujourd'hui utilisés. Cette valeur devrait s'élever à 70 % d'ici 2025. Elle atteint déjà 100 % en Israël , en Lybie, dans la péninsule arabique, Djibouti et Sud- Ouest des USA... et sa qualité se dégrade.

Les sommets de Johannesburg, Kyoto, Evian, les forums altermondialistes de Porto Alègre, Florence, Mumbaï ... ont bien mis en évidence cette évolution.

Certains organismes internationaux, dont l'UNESCO, placent la pénurie d'eau comme le problème le plus aigu du 21^e siècle, juste après le réchauffement climatique qui occupe la 1^o place !

Aucun domaine d'activité ne saurait se passer du précieux liquide. L'eau est au centre de la vie d'aujourd'hui comme elle l'a été pour les dinosaures ou pour l'homme de Cro-Magnon. Il se pourrait même que nous soyons plus fragile que les primitifs sur ce plan : ex. l'été 2003 où certaines centrales ont dû arrêter leur production d'électricité.

Comment vivra-t-on ?

L'eau deviendra rare donc de plus en plus chère !

Les produits seront-ils plus chers puisqu'ils y incluront le prix de l'eau ?

Les habitudes alimentaires vont-elles changer ? Un kilo de riz demande plus d'eau qu'un kilo de pommes de terre. Il faut 200 fois plus d'eau pour faire un kilo de coton qu'un kilo de pain.

Va-t-on améliorer l'efficacité de l'irrigation ?

Avec un litre d'eau fera-t-on pousser plus de blé qu'aujourd'hui parce qu'on saura mieux gérer l'irrigation ?

« Il est très difficile de prévoir le comportement des gens. La prévision est un art difficile, surtout lorsqu'il s'agit du futur » R. Barre

Il y a tous les progrès technologiques que l'on peut envisager.

Il y a aussi la génétique des plantes. Une plante pourra-t-elle pousser avec moins d'eau, avec de l'eau moins bonne (eau saumâtre, eau salée...).

Les technologies de dessalement, le traitement des eaux usées connaissent un développement sans précédent.

Il y a donc plusieurs scénarios possibles qui sont envisageables pour le futur.

Par exemple pour l'agriculture, l'irrigation goutte à goutte est en plein développement dans de nombreux pays. Ici c'est l'exemple du Sahel qui reverdit sous perfusion.

Les zones du Sahel sont devenues désertiques mais sont encore fertiles en profondeur. La chaleur du climat (exemple Sénégal 35-45° C au sol) ne favorise pas l'arrosage en surface (évaporation quasi-immédiate, racines qui affleurent la surface ...) mais il a été mis au point un système d'irrigation en profondeur par une gaine. L'eau y est admise 3 fois/semaine, elle diffuse à travers des trous et agit sous terre comme un goutte à goutte. Elle attire les racines en profondeur qui s'enfoncent jusqu'à 20 m sous le sol.

Par exemple, au Sahel un manguier peut produire 400 kg de fruit, une centaine d'arbres rend une famille autosuffisante en procurant un revenu annuel moyen de 200 € ; c'est une initiative qui connaît 95 % de réussite en utilisant 10 fois moins d'eau.

VIII - L'EAU QUI SOIGNE

L'eau, considérée comme source de vie, est aussi source de soin et de bien-être ; ce sont les Centres de thalassothérapie et de crénothérapie. Déjà les Grecs et les Romains utilisaient les bains de boue marine.

C'est au XVII et XVIII siècle que les anglais ont redécouvert les vertus des bains de mer.

En France, les premiers établissements ont été construits en 1822. La Thalassothérapie moderne est née dans la seconde moitié du XX siècle. Actuellement ce sont des Centres souvent luxueux, soit médicalisés, soit de remise en forme et d'esthétique. (96 stations donc 69 en rhumatologie – Chiffre d'affaire généré 76 M € et 120 000 emplois directs).

L'eau thermale dont la température varie de 20 à 80° provient de l'infiltration des eaux de pluie jusqu'à de grandes profondeurs et après un cheminement souterrain pouvant atteindre plusieurs dizaines de milliers d'années, remontent à la surface. Durant ce temps elles se chargent en sels minéraux, gaz divers..., se réchauffent et acquièrent leurs propriétés physicochimiques. Les eaux de Luchon, par ex, ont circulé dans le massif pyrénéen pendant plus de 15 000 ans à 5000 m de profondeur avant de resurgir dans la vallée.

Selon leur composition chimique, les eaux thermales ont des propriétés thérapeutiques spécifiques.

IX – L'EAU DEMAIN - QU'EN SERA-T-IL DE L'EAU DEMAIN ?

Le problème fondamental n'est pas la quantité d'eau, mais sa répartition : 23 pays seulement possèdent les 2/3 du total des ressources globales.

Si l'on envisage 10 milliards d'individus sur Terre en 2050, il y aura 4 000 m³ d'eau disponible par personne, (quantité d'eau qui tombe, divisé par le nombre d'habitants), (40.000 Milliards m³ : 10 Milliards) ; il y a encore de la marge puisque le stress hydrique se situe aux environs de 500 m³/an/habitant.

Malheureusement, il s'agit uniquement d'une statistique. Il faut voir que l'augmentation de la population se fait dans les pays de la zone péri-équatoriale, pas du tout au Canada. Le problème n'est donc pas résolu pour autant !

C'est un problème politique et géopolitique

Un constat :

- en 2001 : 26 pays sont menacés de sécheresse ; on en prévoit 70 en 2050.
- en 2003 : 1,5 Milliards d'individus ne disposent pas d'un service correct d'approvisionnement en eau (1/4 de la population mondiale). En 2025, si rien n'est entrepris pour inverser la tendance ,2,5 Milliards d'êtres humains manqueront d'eau potable

Par ailleurs, actuellement :

- 2 personne sur 3 ne disposent pas d'un service d'assainissement approprié (2,4 Milliards)
- 1 africain peut dépenser jusqu'à 85% des calories fournies par sa nourriture pour aller chercher l'eau
- En Afrique, la corvée d'eau empêche les filles d'aller à l'école

Parallèlement la consommation d'eau a presque doublé au cours de ces 50 dernières années et les ressources diminuent à un rythme rapide. Cette pénurie prévisible des ressources sera-t-elle à l'origine de futures guerres de l'eau ?

1) Déjà des émeutes provoquées par le manque d'eau sont fréquentes du Pakistan à la Bolivie en passant par l'Algérie.

A Alger, un mince filet d'eau ne sort du robinet que deux heures 1 jour/3 ou 1 jour/6 dans certains quartiers.

2) Il existe de nombreux fleuves trans-frontaliers qui posent problème. Si le pays en amont a décidé de retenir l'eau pour ses barrages, le pays en aval n'a pas plus d'eau, et à partir du moment où les gens commencent à avoir soif, ils vont faire la guerre.

Actuellement un certain nombre de poudrières sur notre Terre peuvent très bien s'allumer parce qu'il y a un conflit à cause de ces fleuves. Parmi les 261 bassins et les 145 Nations concernés, l'UNESCO a recensé une vingtaine de zones à risque important, de conflits ; et ceci malgré qu'il ait eu plus de 3600 traités et accords sur l'eau signés entre les 9^e et 20^e siècle.

3) Le conflit qui oppose Israël à ses voisins ne saurait être pleinement compris si l'on fait abstraction de la question de l'eau. C'est avec la guerre des six Jours en 1967 qu'Israël a pu exercer son contrôle à la fois sur les nappes de Cisjordanie et sur le château d'eau que représente le plateau du Golan. On estime à 40 % l'eau utilisée par Israël provenant de ces 2 territoires conquis durant ce conflit. Il n'y a pas que pour les Palestiniens que le Jourdain est capital ; Syrie et Jordanie en sont aussi tributaires.

Il existe bien d'autres exemples :

Les 60 millions d'Egyptiens vivent entièrement sur l'eau du Nil et il ne pleut que très rarement en Egypte.

97 % du débit du Nil proviennent des Etats en amont

Si les 8 autres pays trans-frontaliers que traverse le Nil avant d'arriver en Egypte, décident de construire des barrages et d'utiliser l'eau du Nil pour leur propre usage, les 60 millions d'Egyptiens mourront de soif.

Déjà 90% de ces eaux sont collectées pour irriguer et remplir les barrages ; d'ailleurs le Nil finit avec peine sa course jusqu'à la méditerranée. De plus tous ces pays connaissent une croissance démographique sans précédent.

Autre exemple : les eaux abondantes, tumultueuses et capricieuses du Tigre et l'Euphrate, constituent l'alimentation en eau douce de l'Irak. Ces deux fleuves viennent de Turquie. Les relations entre les Turcs et les Kurdes du Nord de l'Irak sont très tendues. Les Turcs sont prêts à construire des barrages sur ces deux fleuves pour enrichir leur pays, entraînant purement et simplement une privation d'eau pour l'Irak. La suite risque d'être dure....

Que dire des fleuves Amou-Diara et Syr-Diara alimentant la mer d'Aral. Les eaux ont été détournées à 96% pour irriguer riz et coton d'Asie Centrale. Le 4^{ème} lac du monde en superficie a perdu 60% de son volume.

Le Mékong est un autre exemple de ce potentiel de conflits sur l'eau. Il prend sa source en Chine et avant d'atteindre la Mer de Chine, il traverse 4 pays (la Thaïlande, le Laos, le Cambodge, le Vietnam).

Les Chinois ont de grandes ambitions sur l'utilisation de l'eau du Mékong en amont de ces pays.

Si le Mékong est asséché, le Laos cesse de vivre... Malheureusement le petit Laos n'ira pas en guerre contre la Chine, il n'en a pas les moyens.

Dans un contexte non guerrier, c'est le cas du Danube, avec ses barrages construits au fil de la Yougoslavie, Slovaquie, Hongrie, Roumanie... Chaque pays en aval proteste violemment contre cette restriction que lui procure le pays amont.

Boutros Ghali (ancien Secrétaire Général de l'ONU), Ismaïl Séragaldin (ancien Vice-Président de la Banque Mondiale) se répandent en déclarations pour éviter cette « guerre de l'eau ». En effet, un monde où l'accès à l'eau est menacé, est un monde dangereux.

Mais l'eau peut être aussi un outil efficace pour catalyser la coopération et l'entente entre les peuples, pourvu qu'il y ait confiance entre eux. Aussi si un pays jouit d'assez d'eau, il peut exporter ses produits agricoles vers un autre pays moins bien pourvu en eau, en échange de produits manufacturés ou de haute technologie.

Il économisera ses maigres ressources hydrauliques et s'appuiera sur l'agriculture de son voisin.

La FAO par exemple, a appliqué cette idée « d'Eau Virtuelle » à toutes les denrées alimentaires importées en Egypte en 1994. Elle a observé qu'en achetant ces produits plutôt qu'en les produisant, elle avait économisé 18 millions de m³ d'eau par an. L'idée est de redistribuer mondialement le type de cultures de manière à cultiver les produits les plus avides d'eau dans les pays où la ressource est abondante : c'est la stratégie d'eau virtuelle. (Bien sûr si le climat le permet). Ce type d'action ne peut être mené que si une solidarité internationale se met en place.

L'eau pénurie va-t-elle entraîner conflit ou coopération ? L'histoire montre que les Etats ou les individus, quelles que soient les rivalités qui les opposent, parviennent presque toujours à trouver un terrain d'entente pour partager la richesse des grands fleuves. Sauf le Loup et l'Agneau qui déjà à cette époque, La Fontaine nous l'a rapporté, s'affrontaient pour l'eau.

X - L'EAU EST-ELLE EN DANGER DE MORT ?

Les 2 principales menaces qui pèsent sur l'eau sont la marchandisation et la pollution.

1/ Indispensable à la vie, elle ne saurait être considérée comme une banale marchandise livrée aux sautes d'humeur du marché.

Elle a cependant un coût, mais nul ne saurait être privé d'eau (tout comme l'air que l'on respire) du fait de son incapacité à la payer.

Il ne faut pas confondre prix de l'eau et coût des services qui permettent de la mettre à la disposition des consommateurs.

2/ La vie est née de l'eau, mais l'homme, par son comportement, détruit la pureté de ses rivières, de ses lacs, de la mer.

Les maladies liées à l'insalubrité de l'eau tuent chaque année 5 millions de personnes (soit 14.000 personnes par jour), (c'est l'équivalent de la capacité de 25 Boeing 747 remplis de passagers) presque 10 fois plus que les guerres.

2,5 Milliards de gens souffrent d'affections graves liées à la mauvaise qualité de l'eau, surtout les jeunes enfants.

La pollution des eaux de surface est d'abord biologique par le transport de virus et bactéries.

Elle cause des maladies comme le choléra, la typhoïde, les hépatites A et E, la méningite, la diarrhée.

L'OMS estime à 6000 morts par jour les victimes de diarrhées, principalement des enfants de moins de 5 ans et en Asie on compte 2 fois plus de morts par diarrhée que par le Sida.

Cette pollution est aussi chimique. Les polluants sont nombreux et d'origine diverse : azotés, phosphorés, pesticides, résidus de produits pharmaceutiques ...

La situation est catastrophique dans les pays où les eaux usées non traitées cohabitent avec les eaux utilisées pour la boisson.

Une autre catégorie, de polluants ce sont les parasites aquatiques.

Il ne faut pas oublier les maladies transmises par des vecteurs (mouches tsétsé, moustiques...) dont le cycle de vie sont tributaires de l'eau : des millions de gens souffrent de la fièvre jaune, de la maladie du sommeil, de la malaria dont la fréquence semble s'accroître.

Un million de personnes meurent du paludisme chaque année. Or tous ces maladies peuvent être contrôlées par une meilleure hygiène.

Dans un rapport publié par en février 2003, l'Institut Français de l'Environnement affirme que rivières et nappes souterraines continuent à être largement contaminées. Aux USA 90 % des cours d'eau charrient des polluants. En Russie 400 000 Kms de rivières sont polluées.

En France la prise de conscience, accompagnée d'une grande surveillance des réserves, conduit à un constat rassurant. La dépollution des rejets industriels et domestiques a conduit à une amélioration de la qualité des lacs et rivières.

La pollution des eaux souterraines se fait par l'infiltration des polluants : c'est une bombe à retardement. Elle peut mettre 10 à 30 ans avant d'atteindre la nappe et persiste des dizaines d'années.

L'urbanisation croissante entraîne une concentration géographique des rejets domestiques et industriels. A titre d'exemple, une ville de 200.000 habitants déverse, par jour, par ses égouts 36 Tonnes de matières organiques et 4 T de détergents. Sur les 33 mégapoles de 8 millions d'habitants, 27 seront, en 2015, situées dans les Pays en Voie de Développement.

L'eau Danger de mort

L'eau, hélas, peut également être synonyme de destruction : un tsunami peut subitement anéantir des régions entières (comme tout récemment en Asie du Sud-Est), les inondations, les crues soudaines peuvent aussi tuer.

En allant s'installer dans les vallées et deltas favorables pour leurs ressources en eau et la fertilité de leurs terres, l'homme imprudent a fait une confiance excessive dans les protections mises en place (type digues ou barrages).

Ainsi on a développé des constructions dans les zones inondables que les Anciens évitaient soigneusement. La connaissance et la prévision du risque sont des actions préventives fondamentales.

XI - POUR QUE L'EAU DEMAIN RESTE VIVANTE

Garder l'eau pure est une nécessité. L'avenir des ressources pour notre survie ne peut se concevoir que par le refus total du fait polluant. Ici se greffe la très belle histoire de l'assainissement de l'eau à cause de la formidable interaction entre Technologie, Science, et Industrie.

La filtration est le 1^{er} procédé utilisé, elle remonte à 1745. Dans la 1^{ère} partie du XIX^{ème} siècle, on va équiper les fontaines publiques de Paris de filtres à sable et à charbon. Il faudra la fin du XIX^{ème} pour que les filtres mis au point par Pasteur éliminent les microbes.

La désinfection chimique arrive au début du XX^{ème} siècle. Il faudra vaincre la réticence de la population peu confiante à l'égard de l'eau traitée chimiquement.

Le chlore se généralise après la 1^{ère} Guerre Mondiale.

Vers 1975, des filières de traitements biologiques font leur apparition pour éliminer nitrates, hydrocarbures et métaux lourds. L'identification de « nouveaux » micro-organismes pathogènes tels que certains protozoaires résistants à la chloration, ont fait émerger les technologies à membranes qui permettent de réduire l'usage des oxydants dans la chaîne de production d'eau potable et améliorent la désinfection par la rétention physique des micro-organismes.

L'utilisation de membranes permet aujourd'hui de rendre potable n'importe quelle eau. Perméables à l'eau, elles retiennent les particules de taille supérieure au diamètre de leurs pores.

La microfiltration arrête les bactéries et les protozoaires de plus de 0,1 microns.

L'ultrafiltration élimine bactéries et virus.

La nanofiltration, enfin permet de diminuer la salinité des eaux en retenant les ions eux-mêmes. Point fort des procédés à membrane : ils excluent tout produit chimique. Fini le goût désagréable de l'eau du robinet : seule une petite quantité de chlore est ajoutée pour prévenir tout incident biologique dû aux canalisations.

Les technologies de dessalement (osmose inverse) font appel aux mêmes principes.

Donc avec de simples membranes, généralement, des tubes creux, on arrive à affiner une eau comme on a jamais su le faire avec des procédés traditionnels.

Le marché se développe très rapidement : de grandes usines sont construites et l'on obtient de l'eau de très grande qualité. (capacité 150 à 200 000 m³/jour).

Le coût de tel ensembles est élevé mais baisse régulièrement.

Que faudra-t-il faire pour avoir demain suffisamment d'eau ?

N'oublions pas le proverbe qui dit :

« C'est lorsque le puit est à sec que l'eau devient richesse »

Nos sociétés sont confrontées, à l'orée du XXI^{ème} siècle à un problème, aussi vital qu'urgent : assurer à chaque être humain l'accès à l'eau potable.

En moins d'un siècle, la population mondiale a été multipliée par 3, la consommation d'eau par 6.

La crise de l'eau n'épargne plus les régions tempérées et riches en ressources comme l'Europe et l'Amérique du Nord. Si l'on constate une stabilisation de la demande dans les pays industrialisés il en va autrement pour le Pays en Voie de Développement où les causes majeures de cette augmentation de la consommation sont : la pression démographique, l'urbanisation accélérée, souvent chaotique et l'indispensable développement économique.

Les mégapoles du futur vont chercher l'eau toujours plus loin ou plus profond. Paris, Stuttgart, New York, Dakar vont chercher l'eau à plusieurs centaines de kilomètres.

En 2008, à Pékin lors des Jeux Olympiques, des Athlètes prendront leur douche avec de l'eau venant du Fleuve Bleu situé à mille kilomètres au Sud.

Conséquences inéluctables de cet état :

on se tourne vers les eaux souterraines, les nappes aquifères, véritables châteaux d'eau souterrains. Ces réserves constituent 30% de l'eau douce exploitable

en Agriculture, on réfléchit à une gestion intégrée des ressources :

- en évitant le gaspillage par l'utilisation de technologies de plus en plus évoluées (irrigation par ordinateur, goutte à goutte ...)

- en sélectionnant des variétés qui résistent mieux à la sécheresse : en modifiant le comportement des citadins.

Au Texas, la devise est : " plus on consomme, plus le litre d'eau est cher"

On expérimente la production de pluie artificielle, ceci consiste à répondre des cristaux de AgI dans les nuages. Il semble que l'on obtienne 30 à 40 % de pluie en plus.

et enfin, dernières stratégies, le dessalement des eaux salées (eaux de mer-eaux saumâtres) et le recyclage des eaux usées.

La stratégie du recyclage des eaux usées connaît une expansion rapide dans plusieurs pays du monde :

Aux Etats Unis plus de 3 millions de m³/jour d'eaux usées sont recyclés. L'Etat de l'Arizona envisage d'assurer 40 % de sa demande en eau par des eaux réutilisées.

Le Japon , pionnier en ce domaine, l'Australie, l'Afrique du Sud sont autant d'exemples de pays utilisant déjà cette technologie. La majorité de ces projets sont destinés à l'arrosage des espaces verts (parcs, golfs, terrains sportifs...), lavage des rues, protection contre l'incendie, irrigation agricole et massifs forestiers, industrie.

Et même de nombreuses applications se multiplient pour la production indirecte d'eau potable et de recharge de nappes souterraines à partir d'eaux usées. Ainsi de nombreux exemples aux Etats Unis (Californie – Texas....150 000 m³/jour), en Afrique du Sud, au Brésil, en Angleterre ou au Mexique montrent la réalité opérationnelle à grande échelle de cette stratégie.

En Floride et Californie, 20 % de l'eau recyclée est injectée dans les nappes souterraines à une dilution de 15 à 40 %. Cela exige un suivi rigoureux de la qualité des eaux. Ces contrôles montrent l'excellente qualité de l'eau produite par les techniques à membranes.

L'Europe et les pays du pourtour de la Méditerranée sont aussi bien engagés dans cette voie. Ainsi :

Israël consomme 15 % d'eau issue du traitement des eaux usées (dont les ¾ pour l'agriculture) contre 5 % à partir d'eau dessalée.

En Lybie 40 % de l'eau domestique et industrielle est assurée par de l'eau usée retraitée.

En Italie 4000 ha sont irrigués avec l'eau usée recyclée.

En Arabie Saoudite une usine traite 67.000 m³/jour de pour l'irrigation.

A côté du dessalement, la réutilisation de l'eau usée devient donc une des forces motrices de la nouvelle géopolitique de l'eau.

CONCLUSION

Qu'allons nous faire de cette merveille de la Création, qu'est l'Eau ? L'eau petite molécule aux étonnantes propriétés qui se trouve être l'un des problèmes majeurs du XXI^e siècle. Indispensable au développement économique et humain, elle devient un important facteur géopolitique.

Ce précieux capital qu'il est difficile de considérer comme un bien marchand, a cependant un coût !

Elle est une matière périssable ; transporteur par excellence, elle se pollue facilement ; Source de Vie, elle peut être source de destruction.

Cette pollution est en train de réduire les ressources disponibles. Il faut donc traiter l'eau aussi bien l'eau potable que les eaux usées. A l'émergence de nouvelles technologies plus accessibles, s'ajoutent des perspectives de gestion à la fois plus économe et plus efficaces.

L'eau est l'affaire de tous. Il faut nous préparer à vivre dans un monde où économiser l'eau sera vital. Pour atteindre ce but Education et Démocratie sont indispensables au succès.

Récemment Koïchiro Matsuura, Directeur Général de l'UNESCO disait cette phrase : « nous devons adopter et promouvoir une nouvelle culture de l'eau, qui associe, la bienveillance, la modération et le partage ».

C'est donc au prix d'un effort personnel et collectif que nous rendrons à l'Eau toutes ses facultés, favorisant notre maintien en bonne santé, autorisant la pleine expression de la vie.

Il faudra dorénavant gérer l'eau comme un bien précieux, une ressource à protéger.