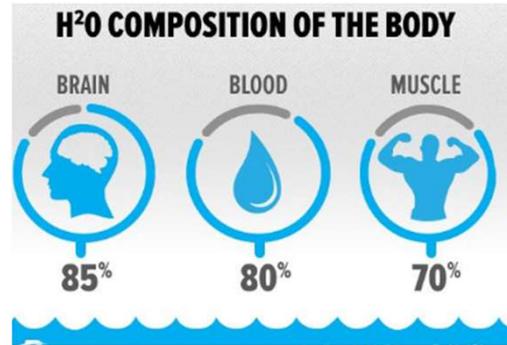


## L'eau indispensable à la vie



Tous les organismes vivants ont besoin d'eau à l'état liquide

Quelques propos sur la  
ressource **eau** en guise  
d'introduction

## 1° - Pourquoi la Terre est une exception du système solaire et une fragilité aussi

1. **99% de l'eau est dans les océans**
2. Phénomène de **sècheresse qui remonte** car on est entre la Belgique (humide) et l'Espagne (sèche)
3. La **quantité d'eau** sur la planète est **identique** depuis des milliers d'année, Il y a une petite perte dans le manteau et en haute altitude. Cycle fermé.
4. **Brésil: géant de l'eau**, alimenté par les courants marins
5. **Population mondiale multipliée par 3** et utilisation par 6 depuis 1960
6. 50 à 80% utilisée pour l'agriculture
7. **Eau virtuelle**: 90% de notre alimentation (5 000 à 7000 l./jour)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

3

## 2°- Quelle est l'origine de l'eau sur Terre ?

D'où provient l'eau présente à la surface de la Terre, **l'une des rares planètes du système solaire à contenir de l'eau ?**

**Deux théories scientifiques s'affrontent depuis des années sur cette question.**

L'eau était-elle présente sur **Terre dès les origines**, lors de sa formation, ou est-elle arrivée plus tardivement via des éléments extérieurs, comme des **météorites ?**



*chondrites*

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

4

**L'analyse de matériaux météoritiques proches de ceux ayant formé la Terre suggère que l'eau était en grande partie déjà présente dans notre planète à sa naissance**

L'eau est indispensable à la vie recouvre aujourd'hui **71 % de la surface de la Terre et dont une masse plus importante encore que celle des océans est emmagasinée** dans les profondeurs de la planète ? **pour fournir l'équivalent d'au moins trois fois le volume des océans.**

**Les corps glacés n'auraient pu contribuer, au mieux, qu'à une faible fraction de l'eau présente sur notre planète**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

5

**Les scientifiques ont finalement découvert une roche nommée ringwoodite, un minéral qui a la capacité d'enfermer des molécules d'eau**

**Les diamants éruptés (*rotés*) à des centaines de kilomètres sous la surface de la Terre et ont trouvé de l'eau cristallisée** appelée glace VII, qui se forme sous haute pression.

**Les diamants (ringwoodite), qui ont été mis au jour dans plusieurs sites en Chine et en Afrique australe. Ce réservoir gigantesque restera à jamais inaccessible.** L'homme n'a jamais réussi à **forer à plus de 12 km** sous la surface de la Terre



Maximum atteint en forage: 12 Km

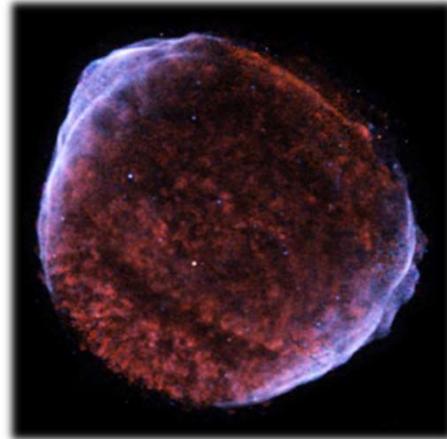
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

6

## L'origine de l'eau des océans expliquée

Environ **l'équivalent de plusieurs océans étaient dans le manteau de la Terre qui par dégazage volcanique** ont donc conduit à ceux que nous avons aujourd'hui à sa surface.

Les mesures dans les comètes et les météorites, issues des **astéroïdes**, suggèrent qu'une partie de l'eau des océans a été apportée par des **chutes d'astéroïdes**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

*Reste de supernova*

7

## L'étude d'un diamant montre qu'à 660 kilomètres de profondeur, la teneur en eau est importante

- Provenant de la mine Karowe, au Botswana, cette pierre cristallisée à 660 kilomètres de profondeur a piégé dans sa structure des minéraux denses tels que la wadsleyite et la ringwoodite, qui se forment à des pressions et des températures régnant entre **410 et 660 kilomètres de profondeur - soit jusqu'à 23.000 bars et 1650°C.**
- **Une zone de transition capable d'absorber d'énormes quantités d'eau**



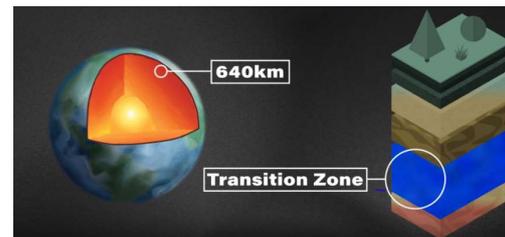
*C'est ce que vient confirmer l'étude d'un diamant comprenant plusieurs inclusions bleutées.*

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

8

**Un diamant, découvert au Brésil en 2008, vient confirmer la présence d'une couche d'eau située entre 400 et 600 km sous Terre**

*Il y a cent cinquante ans, dans Voyage au centre de la Terre, le précurseur français de la science-fiction Jules Verne a imaginé une vaste mer qui se trouvait profondément sous la surface de notre planète.*



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

9

**Planète bleue: l'eau le creuset où la vie est née** *(source Arte)*

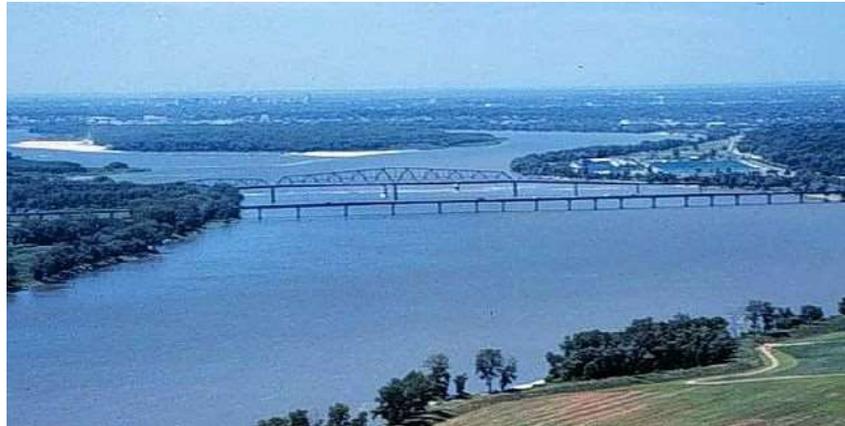


UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

10

## 3° - L'eau peut-elle remonter une pente?

Oui le  
Mississippi: la  
source plus  
basse que le  
delta



A l'équateur la Terre est  
plus élevée qu'aux pôles  
de 12 km

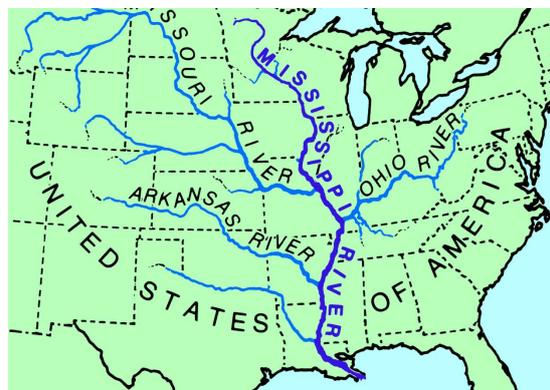
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

11

## Le Mississippi a une orientation méridienne

Le Mississippi est une rivière qui coule dans la partie centrale des États-Unis. Il coule du nord au golfe du Mexique **et son cours a une orientation méridienne**. Le Mississippi a une longueur de 3 780 km

La Terre n'est pas parfaitement ronde et est **bombée sur l'équateur** (12 km de hauteur)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

12

## L'eau salée du Mississippi menace l'approvisionnement en eau de la Nouvelle-Orléans *(sept 2023)*

Les niveaux d'eau du fleuve Mississippi ont baissé suffisamment pour rendre le fleuve moins résistant à une **masse d'eau salée s'écoulant vers le nord en provenance du golfe du Mexique**. Cette situation, connue sous le nom d'intrusion d'eau salée, met en danger les systèmes d'eau potable dans et autour de la ville, ainsi que dans les petites municipalités du sud.



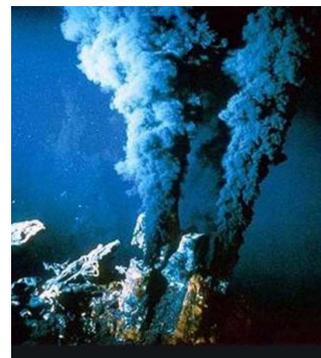
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

13

## 4° - pourquoi l'eau de mer est salée?

L'eau de mer contient environ **3,5% de sel dissous**; les océans sont également riches en chlore, magnésium et calcium. **Les océans absorbent la chaleur du soleil**, la transférant dans l'atmosphère et la distribuant dans le monde entier. **Cette bande transporteuse de chaleur régule les conditions météorologiques mondiales** et aide à réguler les températures sur terre, **agissant comme chauffage en hiver** et climatiseur en été.

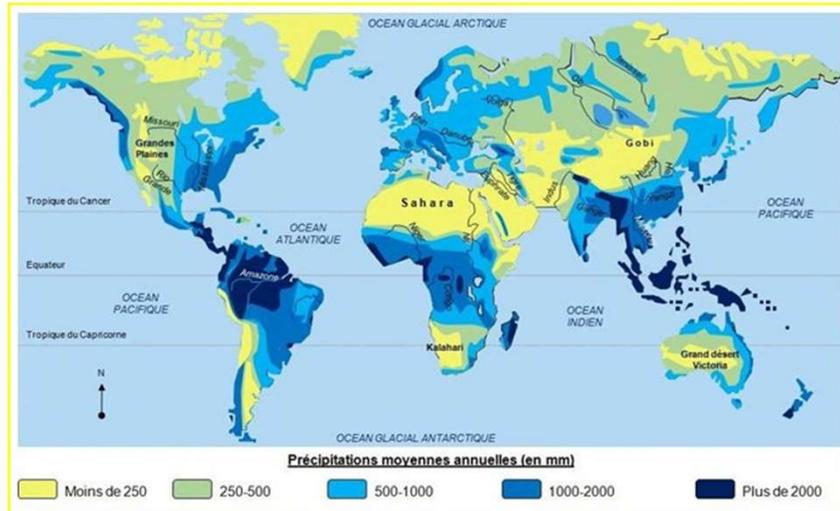
**L'eau salée provient des ruisseaux et rivières qui ont dû dessaler la terre et des geysers sous-marins** situés à 5 km qui crachent une eau salée à plus de 450° riche en minéraux



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

14

**5° - L'Amérique Latine dispose (en moyenne) de plus de 35 000 m<sup>3</sup> d'eau douce renouvelable par habitant et par an et l'Europe 3 fois moins, mais l'Algérie n'en a que 500 et l'Arabie Saoudite ou la Libye 150.** Source : Aquastat



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

15

## 6° - Ceux qui contrôlent l'eau gagneront la guerre

La population mondiale est passée de 5,3 milliards en 1990 à 8 milliards cette année et devrait atteindre **9,7 milliards en 2050**. Cette croissance signifie une **augmentation directe de la demande en eau**.

**L'utilisation de l'eau par le secteur manufacturier augmentera de cinq fois entre 2000 et 2050**, tandis que la production d'électricité augmentera de 240% au cours de la même période.

L'organisation des économies avancées prévient **que 40% de la population mondiale sera confrontée à de graves pénuries d'eau en 2050**.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

16

## Les conflits liés à l'eau menacent la paix dans le monde entier alors que des efforts sont déployés pour préserver les ressources

En août 1995, le vice-président de la Banque mondiale, Ismail Serageldin, avait lancé cet avertissement: "**Si les guerres de ce siècle étaient menées contre le pétrole, les guerres du siècle prochain se dérouleraient autour de l'eau.**"



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

17

## 7° - L'eau de pluie est dorénavant imbuvable, quelle que soit la région du monde... Et même dans les lieux les plus isolés de la planète

Mais il est fortement **déconseillé** de boire cette eau, car elle est probablement polluée. La faute aux « **produits chimiques éternels** ». Ces substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées, les **PFAS**, sont présentes dans de nombreux produits de la vie courante : **vêtements techniques, mousses à incendie, emballages alimentaires...**  
« L'eau de pluie serait partout jugée impropre à la consommation. Bien que nous en buvions rarement, nombreuses sont les personnes qui, dans le monde, s'attendent à ce que l'eau de pluie soit potable, et qu'elle alimente un grand nombre des sources



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

18

## 8° - Une grave sécheresse affecte le canal de Panama. Ce n'est pas bon signe pour les chaînes d'approvisionnement *(septembre 2023)*

Au canal de Panama, où l'eau douce est l'élément vital de ses opérations d'éclusage, le manque de précipitations abondantes entraîne une baisse des niveaux d'eau

Les autorités du canal ont imposé **des restrictions sur le poids des navires et sur le nombre de jours de trafic**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

19

## 9° - La Loire AOÛT 2022



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

20

## Plan envisagé

- AVANT PROPOS
- **I- LES RESSOURCES ET L'UTILISATION DE L'EAU**  
L'eau sur la planète: ressources, répartition, utilisations agriculture, domestique, industrie , nappes phréatiques
- **II- LA REPARTITION DE LA RESSOURCE ET LES CONFLITS**  
Nil, Mékong
- **III- COMMENT FAIRE FACE A LA RARETE DE L'EAU**  
Maitrise de la croissance démographique, du réchauffement climatique  
Négociations entre pays  
Avancées techniques: dessalement, purification des eaux, création de digues, géothermie...
- **CONCLUSION - QUESTIONS**

## I- Où sont les ressources en eau ?

**Pas de répartition homogène**

## Les ressources naturelles telles que l'eau sont et resteront limitées et finies

- L'eau douce ne représente que **2,5% de l'eau de la planète, et elle est gelée au 2/3** ! On ne peut utiliser en fait que moins de 1 % de l'eau totale (**0,75%**).
- Les **réserves mondiales** sont passées de 16 800 m<sup>3</sup> par personne en 1950 à 6 800 aujourd'hui ; elles ne seront plus que de **4 800 en 2025**.



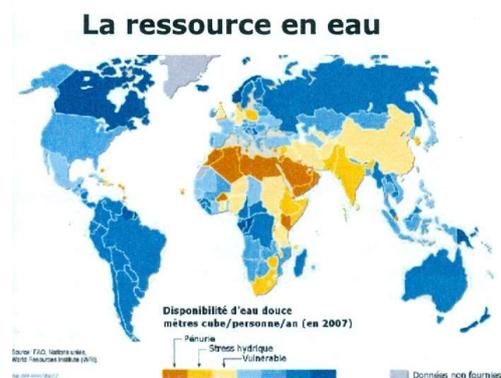
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

23

## Des disponibilités variées

Déjà environ 7% des **Egyptiens** n'ont pas accès à de l'eau potable et plus de 8 millions n'ont pas accès à des installations sanitaires adéquates.

M3 par personne



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

24

## 9 pays se partagent 60% des réserves d'eau mondiales

- Actuellement, **1,7 milliard de personnes sont privées d'eau potable et vivent sous le seuil de pénurie** réelle défini par l'Organisation des Nations Unies, soit **1 000 mètres cubes par personne et par an**. Leur nombre devrait atteindre 2,4 milliards d'ici à 2025.



### 80 pays souffrent de pénuries

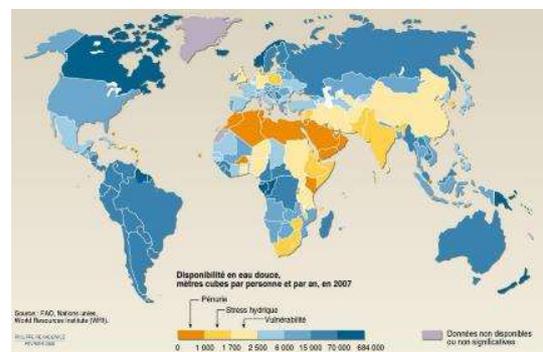
**9 pays** : , à savoir le Brésil, le Canada, la Chine, la Colombie, les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, l'Inde, l'Indonésie et le Pérou

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

25

## L'eau potable représente 2 % du volume total de l'eau dans le monde, mais 0,02 % seulement est utilisable par les sociétés humaines

L'Asie, avec 61 % de la population mondiale, dispose de 36 % des ressources en eau disponibles, tandis que l'Europe, où vivent 12 % des habitants de la planète, détient 8 % de l'eau; l'Amérique latine compte 6 % de la population mondiale et a 26 % des réserves en eau



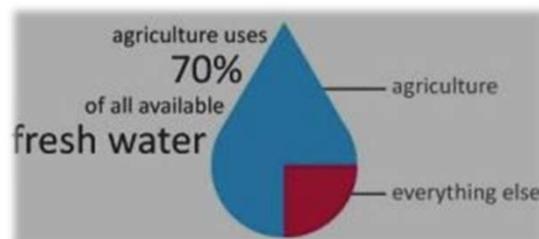
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

26

## Le lien crucial entre l'eau douce et l'agriculture

### L'agriculture utilise 70% de l'eau douce disponible

La rareté de l'eau douce, et nos demandes croissantes signifient une plus **forte concurrence** entre l'agriculture, la production alimentaire, l'industrie et l'approvisionnement en eau du milieu urbain.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

27

## L'eau va devenir un bien précieux

**L'industrie prélève 70 % de l'eau**, notamment pour la chimie, l'industrie du papier, la métallurgie et l'industrie pharmaceutique. Mais elle n'en consomme réellement que 25 %, car elle en **rejette une grande partie**, après traitement, dans les rivières

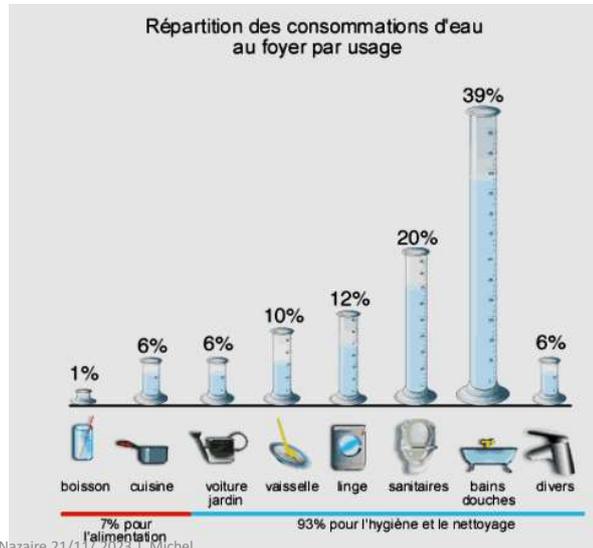


UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

28

## Les usages de l'eau en France

En France: 33 000 captages. En volume: **66% eau souterraines**  
33 % eau de surface



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

29

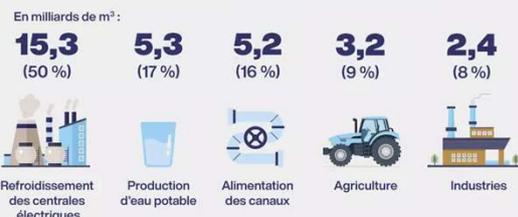
## En France, environ 31 milliards de m<sup>3</sup> d'eau douce sont prélevés chaque année dans la nature

208 milliards de m<sup>3</sup> d'eau disponibles en moyenne, mais il est primordial que la majorité de l'eau reste dans la nature pour préserver l'équilibre des écosystèmes



### COMMENT EST UTILISÉE L'EAU PRÉLEVÉE EN FRANCE ?

**31,4 milliards de m<sup>3</sup>** d'eau douce prélevée dans le milieu naturel en 2019

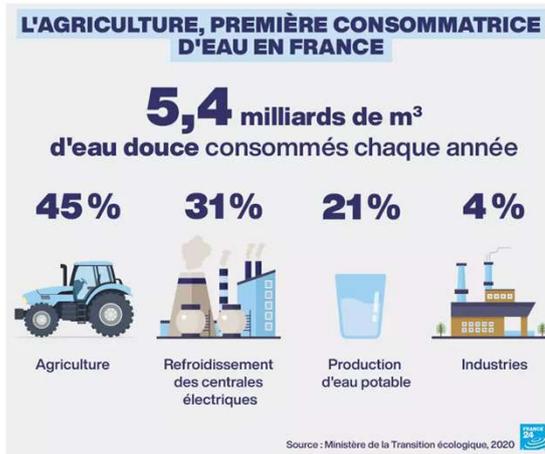


Source: Ministère de la Transition écologique, 2020

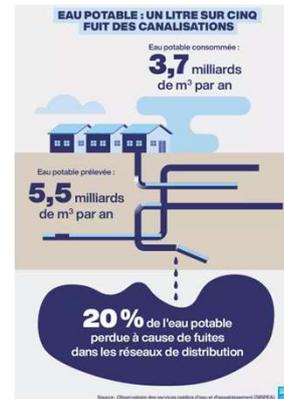
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

30

## Un Français consomme chaque jour 149 litres d'eau potable



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

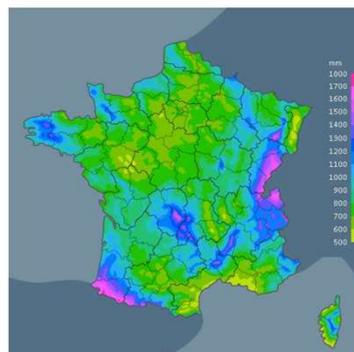


31

## Est-ce que la France manque d'eau ?

**Globalement, la France ne manque pas d'eau.** En effet, les précipitations (pluie et neige) lui apportent chaque année 486 milliards de mètres cubes (Md m<sup>3</sup>). Certes, les deux tiers s'évaporent, mais il en reste 175 Md m<sup>3</sup> pour alimenter les eaux de surface et souterraines, alors que **le total des prélèvements représente 32 Md m<sup>3</sup> par an (dont 5,5 Md m<sup>3</sup> par an pour l'eau potable).**

- Mais depuis quelques années, à cause du réchauffement climatique et de la diminution des précipitations, **des problèmes se posent à certains endroits**
- **La Garonne** manque d'eau



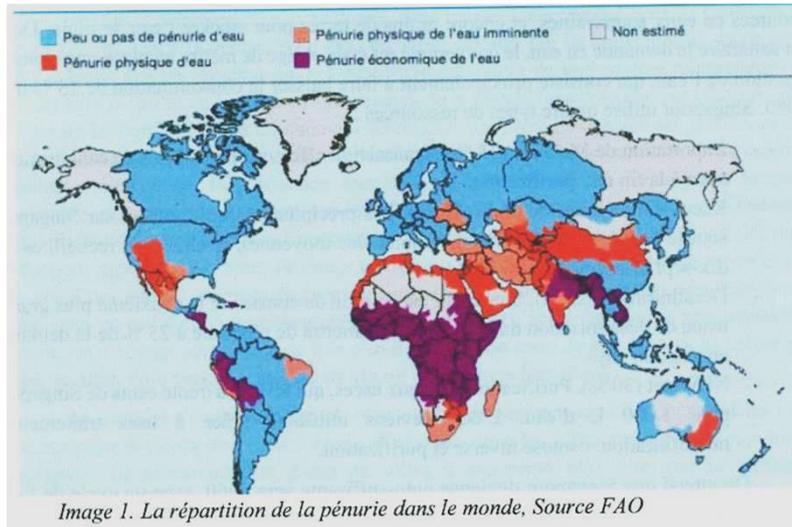
2017



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

32

## Les pénuries dans le monde



*Pénurie économique: difficultés à traiter l'eau pour une utilisation domestique*

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

33

## Aléas hydrologiques et stress hydrique

Ces 20 dernières années, le stockage de l'eau dans les terres (à la surface du sol et dans le sous-sol – humidité du sol, neige et glace incluses) a diminué d'un centimètre par an



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

34

## II - Comment évoluent les ressources?

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

35

### Pomper dans les rivières a une fin

- **Chine** 1997 : les eaux du Huang He ne rejoignent plus la mer l'été.
- **Lac Tchad** 26 000 km<sup>2</sup> en 1960, 1500 aujourd'hui.
- **Mer d'Aral** : 68 000 km<sup>2</sup> en 1960, moins de la moitié aujourd'hui. Apports cumulés des fleuves : 50 Km<sup>3</sup> en 1960, 1,5 aujourd'hui.
- **Fleuve Arkansas** l'été : 1 200 Km à sec . En Californie, le **lac Owens** diminue progressivement



Source: Bruno Parmentier

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

36

## Mer d'Aral asséchée

Dans d'autres régions du monde, telles que le Kazakhstan et l'Ouzbékistan, le problème est le manque d'eau . Dans les années **1960**, **l'Union soviétique a détourné les fleuves Syr Darya et Amu Darya** pour aider à produire du coton et de la nourriture.



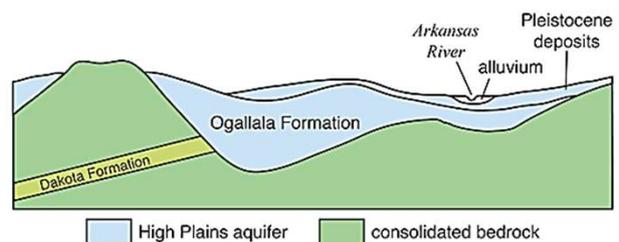
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

37

## Ogallala : la source d'eau cruciale est en train de se tarir

**L'aquifère d'Ogallala est l'un des plus grands au monde, situé sous les États américains** du Dakota du Sud, du Nebraska, du Wyoming, du Colorado, du Kansas, de l'Oklahoma, du Nouveau-Mexique et du Texas.

L'exploitation de l'aquifère à des fins agricoles a commencé peu après la Seconde Guerre mondiale. Elle représente environ **30 pour cent des eaux souterraines utilisées pour l'irrigation aux États-Unis**, tout en fournissant de l'eau potable à plus de 80 pour cent de la population vivant dans les Grandes Plaines



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

38

## Pomper dans les nappes phréatiques a une fin

- **Ogallala (450 000 km<sup>2</sup>) :**  
nappe fossile  
200 000 puits pour irriguer 3,3 millions ha. Epuisée à 50 % : -35 m en 50 ans  
**Elle diminue de 35 cm/an**  
Il en reste encore pour 50 ans mais des différences entre Etats (15 ans au Texas)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

39

## Le Dust Bowl (« Bassin de poussière ») est une série de tempêtes de poussières, véritable catastrophe écologique



*Dustbowl and soil erosion USA, 1935*

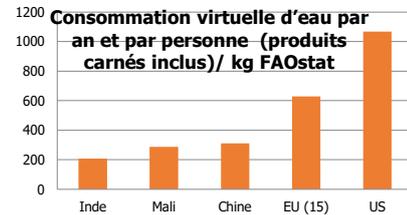
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

40

## Le Nouvel Or Bleu "the New Oil Blue Gold"

selon *The Wall Street Journal*

- Quand on pompe dans l'eau souterraine on assèche la végétation. La pluie devient rare sans la végétation.
- En Inde, Chine et Russie, **75% des eaux de surface sont polluées** et impropre à la baignade.
- Les USA **exportent** 1/3 de leur eau sous forme **d'eau virtuelle** avec les commodités, la Grande Bretagne et le Japon importent la plupart de leur eau virtuelle (Ils sont à 50 à 60% d'autosuffisance alimentaire )



### Eau virtuelle dans un kilo de :

- Blé : 1 100 l. (400 a 2000l d'eau)
- Porc : 4 500 l.
- Bœuf : 13 500 l. (1000 a 20 000l)
- Lait: 800 l.

### Dans une journée de régime :

- Carné : 4 000 l
- Végétarien : 1 500 l

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

41

## L'eau virtuelle dans un litre de lait (Antenne 2)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

42

## Puiser dans des aquifères pour produire (La 5)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

43

## Réduction du flux d'eau pour 1,9 milliard de personnes, quelques exemples

Le bassin du Gange compte à lui seul 600 millions d'habitants, fournit 12% des eaux de surface du pays et représente 33% du PIB.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

44

## Les fleuves sont menacés par une pollution qui conduit à une dégradation de l'eau mais aussi de l'écosystème et des rivages

Les pollutions sont de multiples formes,, le pire reste le plastique. On cite le chiffre de **50 kilos de plastique déversé chaque seconde par un fleuve asiatique...**

Un autre problème est que dans la plupart des pays du Sud, le système de **recyclage des eaux usées est inexistant**, ou alors ne fonctionne que très mal...



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

45

## Le réchauffement climatique a entraîné une augmentation des précipitations avec les pires ouragans aux États-Unis

En fait, **le réchauffement climatique de la planète a augmenté les précipitations de 9% et pourrait entraîner jusqu'à 30% de précipitations supplémentaires** lors des tempêtes du futur, ont déclaré les auteurs de l'étude. Des zones humides plus arrosées et d'autres plus sèches.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

46

## Quarante pour cent de Jakarta, la capitale indonésienne, se trouve désormais sous le niveau de la mer

Dans le monde: 150 millions de personnes vivent désormais sur des terres qui se trouveront sous la ligne de marée haute d'ici le milieu du siècle



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

47

## Jakarta: année après année, le sol n'a cessé de s'effondrer

La capitale indonésienne Jakarta compte 10 millions d'habitants. **Si rien n'est fait, certaines parties de la mégapole pourraient être entièrement submergées d'ici 2050, affirment les chercheurs**

**Elle se trouve sur des terres marécageuses, la mer de Java se dresse contre elle et 13 rivières la traversent. Le nord de Jakarta s'est effondré de 2,5 m en 10 ans et continue de descendre de 25 cm par an dans certaines régions.**

Jakarta s'enfonçe en moyenne de 1 à 15 cm par an et près de la moitié de la ville se trouve maintenant au-dessous du niveau de la mer



Le rythme dramatique du naufrage à Jakarta s'explique en partie par l'extraction excessive des eaux souterraines

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

48

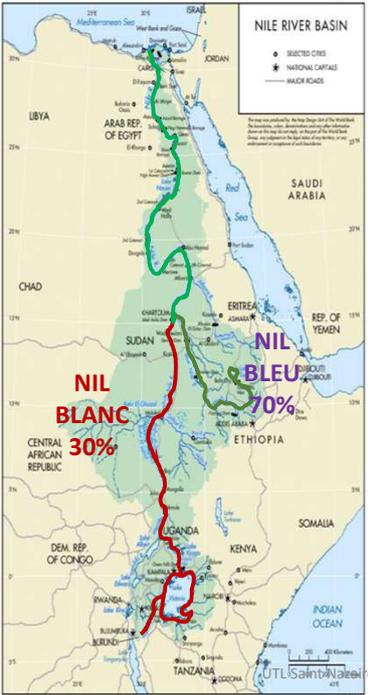
## **II- LA REPARTITION DE LA RESSOURCE ET LES CONFLITS**

**Deux fleuves qui illustrent comment l'eau est indispensable à la vie**

### **1°- Géopolitique de l'eau: le Nil**



# Le Nil



**NILE RIVER BASIN**

- SELECTED CITIES
- NATIONAL CAPITALS
- MAJOR ROADS

**NIL BLANC 30%**

**NIL BLEU 70%**

2<sup>e</sup> fleuve au Monde

11 pays

Nil Blanc & Nil Bleu

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

51

## L' Ethiopie: le château d'eau




Une vue de Tis Abay, ou Blue Nile Falls, en Éthiopie.

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

52

## Le Nil Vital pour l'Égypte

Le Nil long de 6671 km son bassin est 5 fois la France La **vallée du Nil** située en zone aride est fortement peuplée: 60 millions sur 85 en Égypte et 30 au Soudan.

86% de l'eau provient de **l'Éthiopie**

Assouan fût inauguré en 1956

**L'Égypte** connaît une forte croissance démographique, dispose de 922 m3 par hab. mais en 2025: 337 (en France 3300)

3<sup>e</sup> importateur mondial de céréales

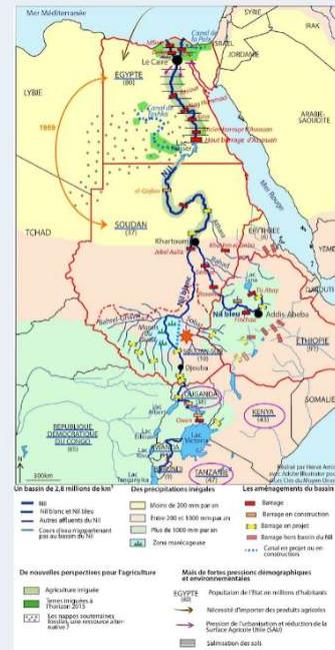
Un **accord de partage** avec le Soudan mentionne en 1959 **que l'Égypte reçoit 55,5 km<sup>3</sup> et le Soudan 18,5. Rien n'est mentionné pour les pays en amont.**

2010: accord entre les pays de l'amont et non signé par l'Égypte et Soudan

**L'Éthiopie** 85 prévoit la construction de 36 barrages.

**La Tanzanie** envisage de pomper dans le lac Victoria pour irriguer 600 000ha; **l'Ouganda** a aussi des projets,

L'apport des différents affluents du Nil est intégré dans le débit total qui arrive en Égypte. Les sources éthiopiennes représentent 86% de l'apport annuel (59% pour le Nil bleu, 14% pour le Sobat, 13% pour l'Atbara) tandis que le Nil Blanc n'apporte que 14% au débit total.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

53

## Un peu d'histoire

- **Fin XIX<sup>e</sup> siècle** : « droit naturel » de l'Égypte sur le Nil
- **Le traité de 1929 entre la Grande-Bretagne et l'Égypte**
  1. L'Égypte se réserve le droit de surveiller le flux du Nil dans les pays en amont;
  2. L'Égypte a assumé le droit d'entreprendre des projets liés au Nil sans le consentement des États riverains supérieurs.
  3. L'Égypte a assumé le droit d'opposer son veto à tout projet de construction qui affecterait ses intérêts
- **1959** : Accord barrage d'Assouan
  - Égypte = 66%
  - Soudan = 22%
  - Évaporation = 12%
- **2010**: accord entre les pays de l'amont et non signé par l'Égypte et Soudan

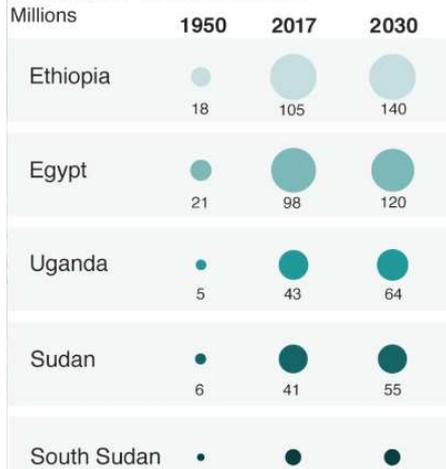


UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

54

## Evolution de la population

Booming populations mean more demand for Nile resources



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

55

## Péril sur l'agriculture des grands deltas: la mer va regagner du terrain

- Avec la montée du niveau de la mer et si le niveau du Nil régresse ce sont des terres très fertiles qui se **saliniseront**. Ce qui provoquera des millions de sinistrés avec perte d'autosuffisance alimentaire
- **Le delta du Nil** regroupe un tiers de la population de l'Égypte et produit la moitié de son agriculture.
- La population s'accroît de **2 millions par an** en Égypte



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

56

## L'Égypte met en garde contre le différend du barrage du Nil en Éthiopie: «la vie ou la mort»

El-Sissi a cherché à rassurer les Égyptiens dans des commentaires télévisés lors de l'inauguration d'une pisciculture dans la province du Kafr el-Cheikh dans le delta du Nil, mais a souligné que **"l'eau est une question de vie ou de mort"**. **"Personne ne peut toucher la part de l'eau égyptienne"**, a-t-il déclaré. Le Nil fournit plus de 90% de l'approvisionnement en eau de l'Égypte. Il reçoit déjà la part du lion des eaux du Nil - plus de 55 milliards des quelque 88 milliards de mètres cubes d'eau qui coulent chaque année dans la rivière

30 juin 2012 –  
3 juillet 2013 (1 an et  
3 jours)

Président de la  
République arabe  
d'Égypte



« **Toutes les options** sont ouvertes » *et* « si une seule goutte du Nil est **perdue, notre sang** sera la seule alternative »

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

57

## L'Égypte a accusé l'Éthiopie de menacer son approvisionnement en eau du Nil.

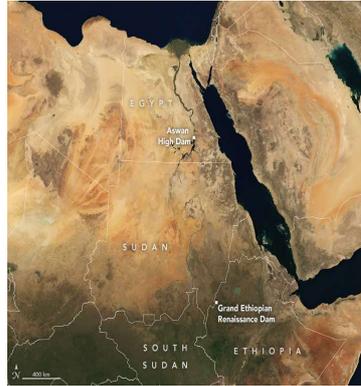
Une réduction de 2 % de l'eau du Nil peut entraîner la perte de 100 000 ha de terres irriguées.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

58

## Des barrages gigantesques



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

59

## 2°- Le Mékong



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

60

## La totalité de la rivière s'étend sur environ 4350 km et draine plus de 313 000 km<sup>2</sup> de terres



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

61

## Un riche écosystème



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

62

## Mékong: le bol de riz de l'Asie



- **Le Mékong prend sa source sur le plateau tibétain** et, sur un dénivelé de plus de 5000 mètres, traverse six pays avant de rejoindre la mer, 4 350 kilomètres plus loin. Son bassin versant couvre près de **800 000 kilomètres carrés**.

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

63

**Le Mékong soutient  
70 millions de  
personnes vivant  
dans son bassin**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

64

**Cette image aérienne, prise le 28 octobre 2019, montre le Mékong à plus de 185 miles du barrage de Xayaburi au Laos**



*Des zones asséchées par les barrages en 2019*

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

65

**Les entreprises de construction chinoises sont beaucoup moins préoccupées par les impacts environnementaux de leurs projets que leurs concurrents occidentaux et japonais**

- Certes, les pays en aval ont diffusé des plaintes concernant le flux entravé de la rivière. Le Vietnam, qui a connu sa pire sécheresse en 90 ans en 2016, a blâmé cette catastrophe en partie à l'impact de lutte contre les barrages en amont de la Chine.
- Des préoccupations similaires ont été soulevées au Laos, où les niveaux d'eau sur le Mékong fluctuent largement lorsque la Chine ouvre et ferme ses barrages. Parfois, le Mékong autrefois puissant est complètement tari autour de la capitale du Laos.
- Mais avec la Chine contrôlant à la fois l'écoulement des fonds d'eau et leur développement, les pays en aval ne peuvent rien faire en dehors de la coopération avec les ambitions et les conceptions de Pékin.



Source: International Rivers

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

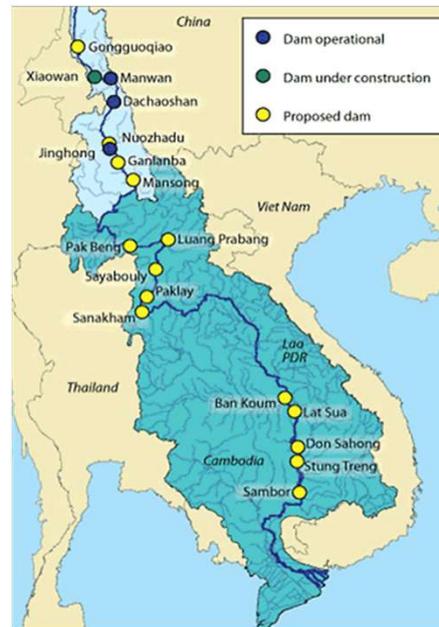
66

**La multiplication des barrages sur le Mékong pourrait engendrer un conflit international**

**La Chine a déjà construit ` barrages, et le quatrième est le plus haut du monde.**

**Le Laos projette de construire sur le Mékong et ses affluents un grand nombre de barrages hydroélectriques – soixante-dix projets**

Les autorités parlent de faire du pays la **"pile de l'Asie"**. Enfin, le Cambodge construit deux barrages



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

67

## Mékong au Laos

**Le futur site du barrage à Luang-Prabang**



**In Nong Khai en Thaïlande face au Laos**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

68

**Le Laos, l'un des pays les plus pauvres d'Asie, espère tirer profit des exportations d'électricité vers les pays voisins.**

**Dans les 12 prochaines années:**  
Si tout se passe comme prévu, cela pourrait représenter un total de **429 barrages sur le Mékong d'ici 2030**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

69

## **Le delta du Mékong: le bol de riz de l'Asie**



*Le delta du Mékong, alias «le bol de riz du Vietnam», abrite 20 millions de personnes. C'est une mosaïque verdoyante de rizières, de rivières, de lacs et de zones humides où les agriculteurs ravitaillent leurs cultures, les enfants jouent avec les buffles d'eau et les commerçants vendent leurs marchandises sur des marchés flottants*

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

70

## Péril sur le delta du Mékong

Le delta du Mékong, une immense plaine de rivières et de rizières, très fréquentée par les touristes mais **située à la surface de l'océan**.

La terre elle-même est en train de couler et, parallèlement, **le niveau de la mer monte**, le réchauffement de la planète entraînant la dilatation de l'eau et la fonte des calottes glaciaires.

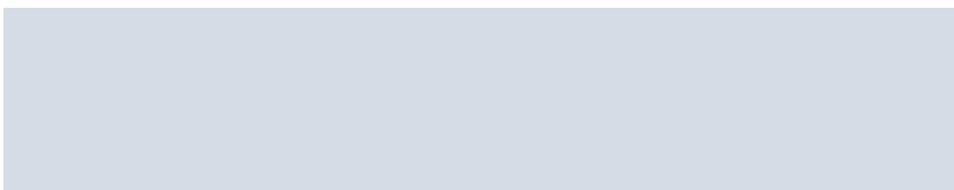
C'est pourquoi le delta, l'un des plus **grands centres de production de riz au monde** et compte 18 millions d'habitants, est reconnu comme particulièrement vulnérable aux effets du changement climatique.



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

71

## III- Des pistes pour faire face aux limites naturelles



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

72

**1° - Il faut porter l'attention vers les techniques qui visent un usage raisonné de l'eau, à conserver la ressource et à économiser l'eau**

## **Gérer à long terme**

- La gestion de l'eau à long terme doit tenir compte non seulement de la **croissance démographique attendue mais aussi des effets du changement climatique.**
- D'ici 2050, les changements climatiques risquent de causer des températures moyennes de 1,5 degré plus élevées, ce qui aura un impact énorme
- Des changements dans les précipitations saisonnières: **réduction globale de 3,5% avec une évaporation augmentée de 6% et un débit diminué de plus de 10%.**

## 2° - Rendre l'eau aussi propre qu'on l'a reçue

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

75

## Lutter contre les polluants agricoles



Des pesticides dans 75% des eaux de surface et 57 % des eaux souterraines.



Algues vertes



L'eutrophisation gagne du terrain avec le réchauffement.



Nitrates : La moitié du territoire national est « zone vulnérable » (plus de 40 mgr / litres)

Polluants issus aussi des stations d'épuration

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

76

## DDT produit miracle



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

77

## 3°-Recycler les eaux usées

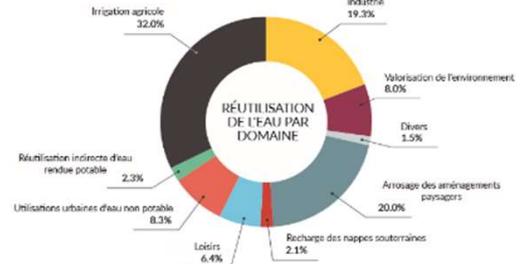
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

78

## Les eaux usées constituent une précieuse source d'eau et de nutriments

lorsqu'elles sont traitées de façon adéquate et utilisées sans risque, **les eaux usées constituent une précieuse source d'eau et de nutriments**, contribuant à la sécurité alimentaire et à l'amélioration des moyens de subsistance

Figure 16.1 Réutilisation mondiale de l'eau après un traitement avancé (tertiaire) : Part de marché par domaine d'utilisation



Source : Lautze et al. (2014, fig. 2, p. 5, d'après les données de Global Water Intelligence).

## Nécessité de recycler les eaux usées (RMC)



## Pour l'ONU, les eaux usées sont le nouvel or noir : quelques exemples

Certaines juridictions ont élaboré des plans de gestion de l'eau à long terme, tels que le Programme de durabilité des ressources en eau de la Vallée du Mexique, qui prévoit la **construction de stations d'épuration** dans la vallée du Mexique pour traiter 100% des eaux usées des municipalités d'ici 2020 (CONAGUA) et le Plan national de gestion de l'eau du Bangladesh pour la période allant jusqu'à 2025 .



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

81

## Boire de l'eau recyclée

Correctement traités, certains types d'eaux usées peuvent **aussi servir à la consommation humaine en alimentant le réseau d'eau potable, souvent en complément « d'eau vierge »**. Les habitants de **Singapour ou de la ville de San Diego** (Etats-Unis) boivent ainsi une eau recyclée. Reste à lever les barrières psychologiques. En France, où cela ne coule pas de source, si l'on peut dire, le préfet et le syndicat départemental **Vendée Eau** ont pourtant réfléchi l'an passé à une expérience consistant à **relier une station de traitement des eaux usées** à une retenue d'eau (la Vendée fait régulièrement face, l'été, à un manque d'eau potable). De l'eau coulera sous les ponts avant que ce type de « re-use » soit accepté, mais les choses avancent



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

82

## 4°-Dessaler l'eau de mer

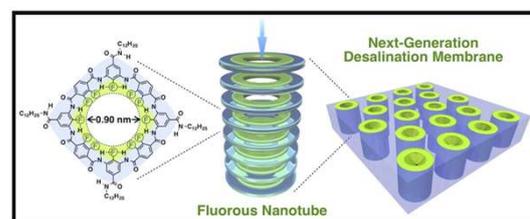
UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

83

### Les ions chlorure sont les principaux composants du sel et que le fait d'empêcher leur passage fait donc baisser le taux de salinité de l'eau

Sur Terre, l'eau de mer occupe 70,8 % de la surface. Malheureusement, cette eau ne peut être utilisée pour la consommation ou l'irrigation. Dans le monde, il existe environ **20 000 usines de dessalement**, principalement dans des pays au climat très aride tels que l'Arabie Saoudite, les Emirats arabes unis, Israël et le Qatar. Or, si dessaler l'eau de mer implique un certain nombre de défis scientifiques, le progrès permet de **tendre vers des solutions plus efficaces et moins onéreuses**. Actuellement, **trois méthodes principales** existent : la distillation thermique, l'électrodialyse et l'osmose inverse.

Dans une étude publiée dans la revue Science le 12 mai 2022, des scientifiques de l'Université de Tokyo (Japon) ont affirmé avoir mis au point un **nouveau type de membrane** pour le dessalement de l'eau de mer. Selon les auteurs de l'étude, cette solution est plus rapide que celles existantes et elle nécessite moins de pression tout en consommant moins d'énergie



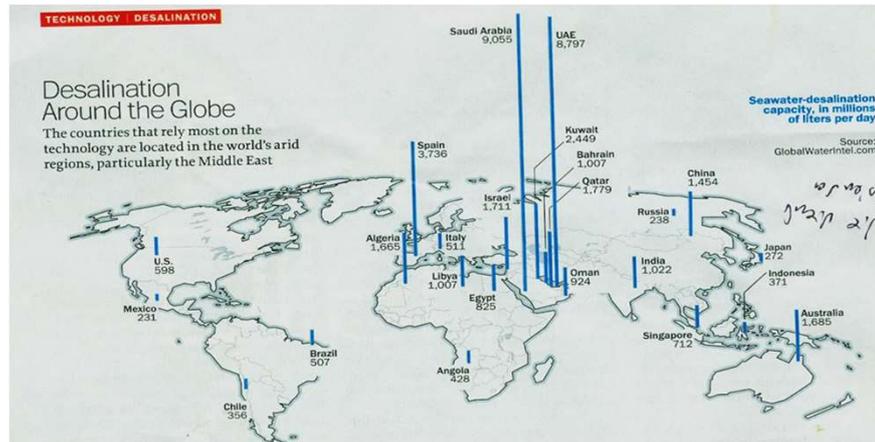
Crédits : Université de Tokyo / Science

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

84

## Désalinisation: surtout des pays de climat méditerranéens

Environ **60 %** des usines de dessalement dans le monde utilisent le dessalement par membrane, également connu sous le nom d'**osmose inverse**. Dans ce processus, le sel est filtré hors de l'eau salée lorsqu'il est poussé à travers une membrane semi-perméable avec de minuscules pores



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

85

## Désalinisation: un procédé coûteux

- Pour **2 litres d'eau de mer 1 l d'eau douce** et 1 l de concentré rejeté à la mer.
- Désalinisation de l'eau est vital pour les pays arides du **Moyen Orient**. Israël produit ¼ de ses besoins eau des ménages,
- La pressurisation de l'eau de mer pour arriver au point **d'osmose inverse** nécessite **beaucoup d'énergie** (50% du coût)
- Les pays du Golfe Persique et l'Arabie constituent des réserves souterraines pour faire face à une défaillance ou un attentat des systèmes de désalinisation
- Environ 42 % de l'eau des Émirats arabes unis est dessalée, tout comme environ 60 % de l'eau du Qatar. En Israël, cinq usines dessalent l'eau de la mer Méditerranée, ce qui représente la quasi-totalité de l'eau du robinet du pays

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

86

## Boire l'eau de mer

Les usines de dessalement nécessitent une **énorme quantité d'énergie carbonée**

Le dessalement produit 1,6 à 2 litres de **saumure** ; lorsqu'il est relâché dans la mer, ce sous-produit hautement salin peut **détruire la vie marine, augmentation de la T° de l'eau de mer, désertification...**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

87

## Le dessalement, ne résout pas les problèmes

- Toute unité de dessalement doit généralement être **accompagnée d'une unité de production d'énergie**. Cette dernière génère évidemment une grande quantité de **gaz à effet de serre**, lesquels auront un impact – négatif – sur le climat et sur le cycle de l'eau. Or, dans la plupart des cas, **le dessalement est précisément rendu nécessaire par les évolutions du climat et du cycle de l'eau. Il y a là un cercle vicieux**
- Une unité de dessalement génère une **grande quantité de saumure**, composée de divers sels, métaux lourds, composés organiques... Si cette saumure est rejetée dans la mer, cela entraîne un **grand déséquilibre dans la composition physique et chimique de l'eau de mer**, avec des conséquences dramatiques sur la biodiversité.
- Or **l'augmentation de la salinité a transformé la côte en désert sans vie, entraînant la disparition des villages et des pêcheurs locaux.**



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

88

## Dessaler en Israël (Arte)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

1 minute  
89

## 4°-Economiser l'eau d'irrigation

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

90

## Economiser l'eau d'irrigation en limitant les fuites et l'évaporation

Adapter l'utilisation de l'eau à l'agriculture. L'agriculture consomme, en moyenne, 70% de l'eau douce totale utilisée dans le monde, principalement par l'irrigation pour la production alimentaire. Cependant, **moins de la moitié de cette eau est utilisée efficacement**; le reste est gaspillé par évaporation, drainage profond et ruissellement. Cette eau – qu'elle provienne des précipitations ou de l'irrigation - **transporte des nutriments, des pesticides et des produits chimiques jusqu'aux ressources en eau** souterraines et de surface, nuisant à la qualité de l'eau et à l'habitat



Murray-Darling (Australie)



San Joaquin (Californie)



Wadi Rum (Jordanie)



Rizières (Chine)



Yaoundé, Cameroun



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

91

## Des techniques existent



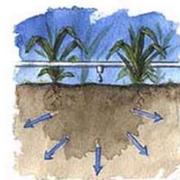
Goutte à goutte à Lompoul (Sénégal)



Paillage



Goutte à goutte



**Israël pionner dans le domaine**  
**Des techniques pour économiser l'eau**

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

92

## Les agriculteurs veulent pouvoir stocker l'eau

La retenue d'eau, cette technique consistant à **stocker une eau hivernale « inutilisée »**, en vue de servir les usages, dont l'irrigation, et de soutenir l'étiage l'été ce qui peut alors s'avérer une solution



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

93

## Ces grandes retenues d'eau dénoncées par les militants écologistes sont alimentées par des forages dans les nappes phréatiques. Mais celles-ci sont superficielles et dépendent beaucoup de la pluviométrie.

Seize de ces grandes réserves d'eau doivent progressivement voir le jour dans le bassin de la Sèvre niortaise, **afin d'assurer l'irrigation de 230 exploitations agricoles.**

Sur le chantier de l'une d'entre elles, à Sainte-Soline, des heurts ont éclaté entre les gendarmes et des personnes qui se sont introduites illégalement sur le site

Les détracteurs de ces grands "cratères" accusent ces infrastructures de perturber le cycle de l'eau, en puisant dans les réserves. Car, assurent-ils, ces retenues ne sont pas remplies avec de l'eau de pluie, mais **"par des pompes qui vont chercher l'eau de bonne qualité dans les sols et les nappes phréatiques"**, affirme le collectif Bassines non merci



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

94

## Recharge des aquifères

La **recharge gérée des aquifères** est une technique pour améliorer la recharge des eaux souterraines et maintenir les niveaux des aquifères pour soutenir le **stockage de l'eau** pour les systèmes de traitement de l'eau et l'irrigation pour la production agricole ou d'autres besoins en eau

Les systèmes comprennent la filtration des berges, les bassins/galeries d'infiltration, les réservoirs de percolation et les puits de stockage et de récupération des aquifères



*Bassins d'épandage (infiltration) utilisés dans le comté de Kern, en Californie, à l'extrémité sud de la région de la vallée centrale pour recharger les aquifères utilisés pour les sources d'eau souterraine*

## 6°- Réguler les conflits de répartition des volumes et de qualité des eaux

## Le manque d'eau douce est de plus en plus pressant

**L'accès à l'eau a été reconnu comme un droit fondamental de l'homme par l'Onu en 2011.**



© AFP 2017

**Daesh voulait empoisonner l'eau au Kosovo**

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

97

## Des terrains d'entente doivent être trouvés

Face aux menaces d'aujourd'hui et de demain, les États doivent s'entraider, partager leurs expériences et développer une vision multilatérale.

**Le fleuve Sénégal, objet de tensions entre l'État Sénégal et la Mauritanie, est par exemple traité de manière collective par ces deux pays qui en dépendent.** L'aménagement et la gestion sont d'autant plus efficaces que chaque État s'y conforme.

On peut citer certains exemples marquants comme le barrage d'Itaipu entre le Brésil, l'Argentine et le Paraguay, mais aussi le Danube ou le Rhône en Europe.

**Le multilatéralisme est une solution particulièrement efficace. Travailler ensemble permet de créer de nouvelles formes de citoyenneté et d'arriver à un consensus** autour de ces ressources chères aux riverains.



Le fleuve Sénégal à la frontière avec la Mauritanie

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

98

## 7°- Des projets de transferts d'eau massifs entre différentes régions et pays

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

99

## Une immense réserve d'eau douce propre: au Brésil le Rio Tapajós

Au Brésil, le **Rio Tapajós est l'un des principaux** affluents de l'Amazone. Sur plus de 2.000 km, il charrie deux fois plus d'eau que le Danube.

Le Brésil le protège des pollutions car des **bateaux citernes de mer pourrait venir s'approvisionner dans ses eaux**

**Santarem** se situe à 600km de l'Atlantique mais est accessible par des bateaux de mer

*Turquie et vente d'eau des barrages  
Remorquer les icebergs...*



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

100

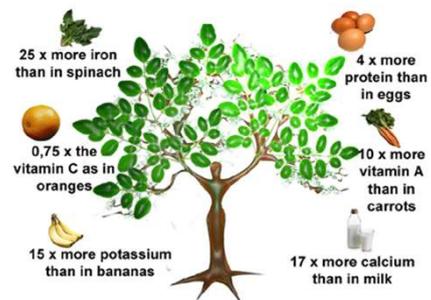
## 8°- Des plantes utiles pour l'alimentation des humains à développer

Faire confiance en la nature

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

101

## Tropiques: le Moringa Oleifera: un arbre de vie



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

102

## Opuntia pour les pays secs (Antenne 2)



UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

103

## L'eau un bien précieux

« Chercher de l'eau au moyen de « Hippo Water Rollers »



Joseph MICHEL  
jomichel.michel@gmail.com

UTL Saint Nazaire 21/11/ 2023 J. Michel

104