

# **L'EAU EN MILIEU URBAIN**

## **A LA RECHERCHE D'UNE GESTION VERTUEUSE**

Mémoire de fin de formation DDQE 2021 - 2022

«Développement Durable et qualité environnementale en aménagement du territoire, urbanisme, architecture et construction»  
23<sup>e</sup> édition Lyon  
Auvergne-Rhône-Alpes

Françoise Richetto, architecte & Flavien Tironi, architecte  
septembre 2022







---

## PREAMBULE

Dans la plupart des sociétés archaïques la théorie du temps cyclique est une conception démontrant le cycle de l'humanité. En s'y référant il est possible de croire que tout est fait d'un retour à l'état initial avec le temps. Vous le croyez?

Voilà maintenant 50 ans que nous vivons dans une ère post-crise pétrolière.

A cette époque, extraire cet or noir a transformé nos modes de vie sans se préoccuper de l'après. Tout était possible: l'avenir était radieux.

A présent, nous savons que les ressources ne sont pas infinies et leurs niveaux différents d'un pays à l'autre.

Ces inégalités fragilisent toute la civilisation qui dans une économie planétaire cherche un équilibre de long terme.

Notre consommation de carbone entraîne une augmentation violente de la température sur Terre.

Les experts alarment toutes les populations et les politiques tentent de fixer des objectifs pas souvent atteignables par l'ensemble des pays.

L'urgence n'est plus seulement pour les pays dit « du Sud » mais touche les pays dit « riches », dans l'hémisphère Nord.

Rien ne pourra remettre les pendules à l'heure alors que notre « maison brûle »!

L'augmentation de la population mondiale croît tellement vite qu'il devient indispensable de repenser nos façons de consommer. C'est à dire nos manières de manger, de se déplacer, de produire de la richesse, de construire, de communiquer : de vivre finalement.

L'heure est venue de trouver des solutions pour que l'adaptation à ce nouvel environnement (parfois très hostile) puisse neutraliser les effets nocifs en terme de bilan carbone mais aussi les impacts sur la montée des eaux et de sécheresse sur le globe.

L'eau est souvent la ressource la moins bien valorisée dans l'acte de construire mais aussi dans l'organisation des villes. Pourtant, d'une manière discrète, certaines initiatives permettent de réparer nos villes pour les préparer à vaincre des extrêmes météorologiques.

L'avenir appartient à celles et ceux qui sauront maîtriser la bonne quantité d'eau pour chacune de nos actions. Nous pouvons imaginer une surveillance (gouvernementale ?) de l'état des nappes phréatiques comme de la montée des eaux.

Le futur sera certainement monitoré, suivi heure par heure, et nous devons probablement suivre les recommandations de nos gouvernements.

Sommes-nous prêts?

Faire la formation « développement durable et qualité environnementale et aménagement du territoire, urbanisme, architecture et construction » c'est vouloir modifier notre pratique, prendre du recul, s'interroger, changer sa vision, être à l'écoute des véritables enjeux. Nous, architectes, quel est notre rôle, notre mission pour vivre, habiter demain.

Pendant la courte durée de notre formation, deux nouvelles limites planétaires ont été dépassées :

- le 18 janvier 2022: la pollution chimique;
- le 28 avril 2022: limite planétaire pour l'eau verte (du cycle de l'eau douce).

L'eau verte est la part de l'eau issue des précipitations atmosphériques. Son rôle : l'humidité du sol, résilience de la biosphère, sécurisation des puits de carbone terrestres et régulation de la circulation atmosphérique.

« L'eau est la circulation sanguine de la biosphère. Mais nous sommes en train de modifier profondément le cycle de l'eau. Cela affectera la santé de la planète entière et la rendra beaucoup moins résistante aux chocs »

*Lan Wang-Erlandsson (chercheuse Université de Stockholm)*

*Ces limites planétaires répondent à la question « jusqu'à quelles limites le système Terre pourra absorber les pressions anthropiques sans compromettre les conditions de vie de l'espèce humaine ».*

<https://bonpote.com/>

Aborder le sujet de l'eau nous est apparu comme une évidence, mais au combien complexe.

Le sujet est vaste, évolutif et sans limite, difficile de ne pas se perdre dans une littérature abondante et au combien passionnante. Un choix évident a émergé « L'eau et la ville ».

Une analyse sur notre rapport avec elle, notre lien historique parfois mythique, notre consommation, un état des lieux de nos pratiques à travers les âges, les pays, pour nous permettre d'aborder le futur, de changer nos pratiques, de retrouver de l'humilité et apprendre à vivre avec notre environnement et les richesses qu'il nous offre.

F. Tironi

F. Richetto

---

## SOMMAIRE

<b>A- INTRODUCTION GÉNÉRALE</b>	
1.	INCITER À NE PAS GASPILLER LA RESSOURCE LA PLUS PRÉCIEUSE SUR TERRE ..... 6
2.	NOTRE MAISON BRÛLE ..... 8
3.	SÉCHERESSE, INONDATIONS ET COÛTS FINANCIERS DU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE ..... 10
<b>B- L'HOMME ET LE CYCLE DE L'EAU</b>	
1.	CYCLE NATUREL DE L'EAU H <sub>2</sub> O ..... 14
2.	L'HOMME : AGENT PERTURBATEUR
A.	L'EAU EN MILIEU URBAIN ..... 18
B.	MODIFICATION DU CYCLE DE L'EAU ..... 24
<b>C- LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES</b>	
1.	LA CARACTÈRE SACRÉ DE L'EAU : ENTRE MYTHES ET LÉGENDES ..... 30
A.	L'EAU GERMINALE ET FÉCONDANTE ..... 31
B.	L'EAU MÉDICALE ..... 32
C.	L'EAU LUSTRALE ET BAPTISMALE ..... 34
D.	L'EAU DILUVIALE ..... 36
E.	L'EAU MORTIFÈRE ..... 38
2.	L'EAU DOMESTIQUÉE ..... 40
A.	L'APPROVISIONNEMENT EN EAU ..... 42
B.	L'EAU ET L'HYGIÈNE ..... 50
C.	GESTION DES EAUX USÉES ET EAUX PLUVIALES ..... 56
D.	UN EXEMPLE DE GESTION TRADITIONNELLE VERTUEUSE: LES FOGGARAS ET LE SYSTÈME HYDRAULIQUE DE GHARDAÏA ..... 62
<b>D- DISPARITÉ DE LA RESSOURCE SUR TERRE</b>	
1.	ÉTAT DES RESSOURCES EN EAU SUR TERRE ..... 66
2.	LES DIFFÉRENTS ENJEUX ..... 72
A.	LES ENJEUX FINANCIERS ..... 72
B.	LES ENJEUX DE GOUVERNANCE ..... 72
C.	LES ENJEUX ÉCOLOGIQUES ..... 73
D.	LES ENJEUX SANITAIRES ..... 73
3.	EXEMPLES DE VILLES DANS LE MONDE ..... 74
<b>E- VILLES DU FUTUR: ÉCORESPONSABLES ? ..... 79</b>	
1.	VILLES IMAGINAIRES, VILLES IMAGINÉES ..... 80
2.	AUJOURD'HUI : DES SOLUTIONS POUR RÉPARER LA VILLE
A.	DIAGNOSTIC ET PISTES DE RÉFLEXION ..... 82
B.	SOLUTIONS ADAPTÉES A DE GRANDES AGGLOMERATIONS ..... 86
C.	SOLUTIONS POUR AUGMENTER LA RESSOURCE ..... 88
D.	CONSTRUIRE EN ZONE INONDABLE ..... 91
E.	FACE A LA SÉCHERESSE ..... 94
F.	LES VERTUS D'UNE EAU NATURELLE ..... 96
3.	ÉVITER LES CONFLITS ..... 98
<b>F - CONCLUSION ..... 100</b>	
<b>G - SOURCES / CRÉDITS ..... 102</b>	
<b>H - REMERCIEMENTS ..... 105</b>	



Lac de retenue d'eau des glaciers du Furggeltihorn  
*Vals, Grisons, Suisse*

## INTRODUCTION GENERALE

Les différentes thématiques abordées par les experts du GIEC démontrent sur des faits scientifiques (quantitatif et qualitatif) qu'il existe bien une corrélation directe entre consommation de la population mondiale et réchauffement climatique. Si nos activités dénaturent notre « habitat » au sens large, nous devons adopter sans attendre des gestes vertueux et sobres à savoir faible en énergie et avec un minimum d'impact carbone.

**« INCITER À NE PAS GASPILLER LA RESSOURCE LA PLUS PRÉCIEUSE PRÉSENTE SUR NOTRE PLANÈTE »**



*Hoesung Lee (République de Corée)  
Président du GIEC depuis 2015*

*Le rapport du Groupe  
Intergouvernemental  
d'Experts sur l'Évolution du  
Climat (Giec), rédigé par des  
centaines de scientifiques,  
a été approuvé par 195 pays*

*Le GIEC est le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Créé en 1988 par le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), il rassemble 195 États membres. Le bureau du GIEC rassemble ainsi les scientifiques de diverses nationalités et diverses disciplines. Le GIEC est par ailleurs composé de trois groupes de travail (aspects scientifiques du changement climatique ; impact et vulnérabilité des systèmes socio-économiques et naturels ; solutions envisageables) et d'une équipe spéciale pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Depuis sa création, il a publié six rapports d'évaluation (1990, 1995-1996, 2001, 2007, 2013-2014, 2022), montrant l'intensification de l'effet de serre du fait de l'activité humaine, et des rapports consacrés à des thèmes spécifiques. Le cinquième rapport, synthétisant 9 200 études, a notamment montré que toute augmentation des températures au-delà de 1,5°C par rapport aux niveaux préindustriels aggraverait les impacts sur l'environnement.*



## INTRODUCTION GENERALE

Cette phrase prononcée par Jacques Chirac lors du IVe sommet de la Terre, en 2002, est restée gravée dans l'histoire.

20 ans après cette phrase est toujours d'actualité. Les conséquences du changement/dérèglement climatique sont de plus en plus visibles mais la prise de conscience et les actions significatives ne sont pas à la hauteur de l'enjeu. Un changement en profondeur semble nécessaire (sixième rapport du GIEC).

« **NOTRE MAISON**  
**NOUS REGARDONS**



# 2002

Jean-Paul Deléage est historien des sciences de l'environnement et professeur honoraire à l'université d'Orléans. Il a fondé en 1992, la revue *Écologie & Politique* et écrit une remarquable *Histoire de l'écologie*. Il est l'auteur de la célèbre formule « Notre maison brûle et nous regardons ailleurs », prononcée le 2 septembre 2002 par Jacques Chirac à Johannesburg, devant l'assemblée plénière du IV<sup>e</sup> sommet de la Terre.



Jacques Chirac alerte la planète en 2002 sur les dangers du changement climatique

## BRÛLE ET AILLEURS »

« Le rapport du GIEC le dit sans ambages : gouvernements et entreprises injectent davantage d'argent dans les énergies fossiles que dans l'adaptation au changement climatique et son atténuation. Ainsi, si les infrastructures existantes et à venir continuent d'exploiter et de brûler pétrole, gaz fossile et charbon comme prévu, nous dépasserons d'ici 8 ans le seuil de 1,5 °C.....

L'avenir climatique appelle nos sociétés à un changement profond. Il est amorcé : les coûts de plus en plus faibles des énergies renouvelables, et leurs gains de performances, sont l'une des principales sources d'espoir que nous apporte la lecture du rapport du GIEC. Dans un avenir proche (et urgent), les énergies renouvelables pourraient en effet remplacer les combustibles fossiles dans les secteurs de l'énergie, des transports, des bâtiments et de l'industrie à une vitesse et à une échelle autrefois considérées comme impensables. Reste à orienter nos sociétés vers des changements culturels et systémiques radicaux, où la sobriété énergétique et la justice sociale seront clés »

## INTRODUCTION GENERALE

La faible pluviométrie de l'hiver 2021-22 en France suivie d'un été caniculaire, a entraîné une sécheresse sans précédent, avec des sérieux risques sur les nappes phréatiques. Ce phénomène, amplifié par le changement climatique, génère de plus en plus de dégâts sur les maisons individuelles construites sur des sols argileux. Face à l'augmentation rapide des coûts d'indemnisation et à une couverture assurantielle peu efficace, la législation commence à évoluer.

Le Bulletin national de situation hydrologique fait état d'un déficit de pluviométrie de 30 % sur l'ensemble du territoire pour le mois de février, certaines régions comme le littoral du Languedoc-Roussillon atteignant les 90 %. Alors que s'achève la saison de recharge des nappes phréatiques, la période entre septembre et mars avant que les précipitations ne soient absorbées par la végétation et moins par les sols, la sécheresse semble donc s'être bien installée dans de nombreuses régions de France.

Une situation qui pourrait s'avérer dramatique pour de nombreux foyers dont l'habitation a été construite sur un sol argileux. La sécheresse a pour effet de contracter le sol sur lequel repose la maison et d'en dégrader les fondations. Des fissures apparaissent sur les murs, s'élargissent au fil du temps, jusqu'à rendre la maison inhabitable et sans valeur. Plus de 10 millions de maisons individuelles situées sur quasiment tout le territoire français sont exposées à ce risque dit de «retrait-gonflement des argiles», d'après les données du ministère de la Transition écologique.

# SECHERESSE, INONDATIONS ET COÛTS FINANCIERS DU DEREGLEMENT CLIMATIQUE

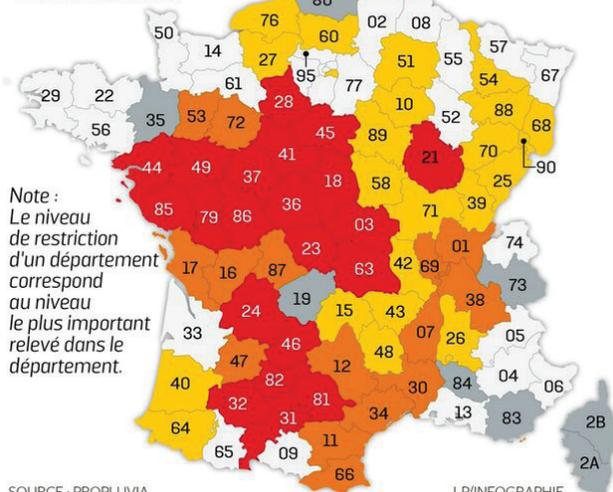
## Les départements soumis aux restrictions d'eau

Arrêtés au 16 juillet 2019

Le Parisien

- Vigilance** : économies d'eau demandées
- Alerte** : réduction des irrigations agricoles. Interdiction\* d'arroser, de laver sa voiture...
- Alerte renforcée** : restrictions élargies pouvant aller jusqu'à l'interdiction
- Crise** : usages prioritaires uniquement (santé, sécurité civile, eau potable)

\* A certaines heures.



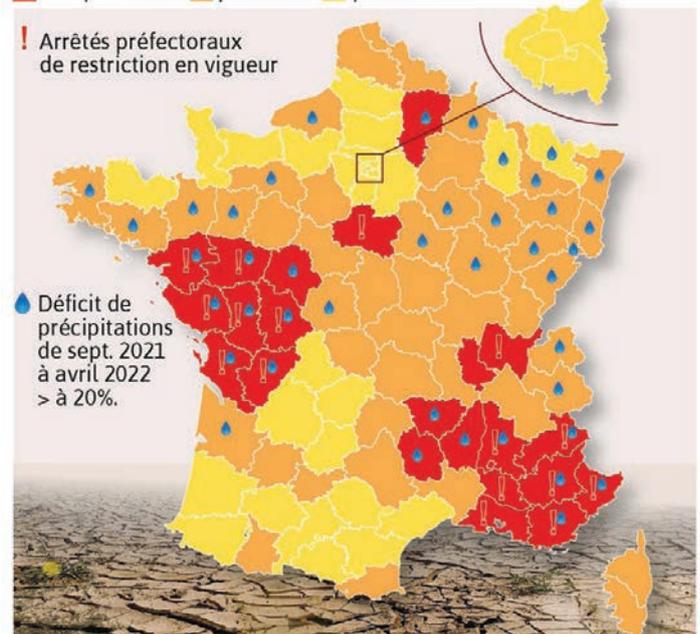
SOURCE : PROPLUVIA

LP/INFOGRAPHIE

## SÉCHERESSE LA CARTE DES RISQUES

Niveaux de risque de sécheresse à la fin de l'été 2022

- très probable**
- probable**
- possible**



Sources : ministère de la Transition écologique, Météo France, BRGM (mai 2022).

VISACTU



Florence Lustman, Présidente de France Assurance

«Dans nos prévisions, les coûts des dégâts causés par les événements climatiques seront multipliés par deux à horizon 2050, et le risque qui progresse le plus selon nos projections, c'est la sécheresse», confie Florence Lustman, présidente de France Assureurs, la fédération des sociétés d'assurance. Sur les trente prochaines années, le coût de ces dégâts devrait atteindre 143 milliards d'euros en cumulé, dont 43 milliards d'euros rien que pour le péril sécheresse.

## OCTOBRE 2020 VALLEE DE LA ROYA



Les sécheresses de plus en plus présentes, sont les conséquences directes de la modification du cycle de l'eau. L'augmentation de la température a accentué le phénomène d'évaporation au niveau des continents mais également aux niveaux des océans, asséchant les terres et augmentant les précipitations violentes tel que la tempête Alex inondant la vallée de la Vésubie et de la Roya en octobre 2020.

Dans la nuit du 2 au 3 octobre, 2020 des pluies diluviennes s'abattent sur l'arrière-pays de Nice et Menton provoquant des crues de très forte ampleur dans les vallées de la Tinée, la Vésubie et la Roya, les deux plus touchées. En 24 heures, il est tombé par exemple quelque 500 millimètres d'eau à Saint-Martin-Vésubie. Des tonnes de terre, matériaux, arbres et débris dévalent les lits des rivières, emportant tout sur leur passage.





## SECHERESSE x INONDATION

La question de l'eau est donc fondamentale dans notre recherche pour limiter les aggravations causées par nos activités humaines.

Nous le savons tous, sans eau il n'y aurait pas de vie. L'eau est la base vitale pour tous les organismes vivants sur Terre.

Le lien entre l'eau et le climat est transversalement traité. En effet, l'eau est présente dans sa multi-dimensionnalité, intervenant dans de multiples champs socio-économiques.

Selon le GIEC, les changements climatiques vont avoir des répercussions sur l'humidité, la sécheresse, les zones côtières et les océans. Ainsi, si nous ne limitons pas le réchauffement à +1,5°C, le stress hydrique se fera plus sentir. Or, déjà 50% de la population mondiale est soumise au stress hydrique.

Cette situation s'explique essentiellement par l'intensification du cycle de l'eau. Cela apporte des pluies plus intenses ainsi que les inondations qui vont avec. Surtout l'intensification du cycle de l'eau signifie des sécheresses plus dures dans les régions déjà sèches. Ces dernières vont devenir encore plus sèches, entraînant une augmentation du risque d'incendie. La ressource en eau sera donc de plus en plus critique à l'avenir.

La montée des eaux des océans entraînera irrémédiablement une présence accrue de sel dans les réservoirs naturels.

Le traitement de l'eau brute pour la rendre potable sera de plus en plus coûteux avec nos méthodes actuelles.

Plutôt que d'attendre une évolution technique ou technologique, il nous semble de bon sens de travailler d'abord sur nos comportements au quotidien.

Préserver notre ressource eau c'est nous protéger.

# DEREGLEMENT CLIMATIQUE

La réduction des ressources en eau disponibles entraînent des conflits d'usage et une augmentation de la vulnérabilité des populations

Les impacts touchent donc tout le cycle de l'eau mais sont locaux et différenciés. « Le dérèglement climatique risque donc de réduire les ressources en eau renouvelable de la planète [de surface et souterraine], ceci exacerbant les conflits entre usages, principalement dans les zones intertropicales sèches, tandis que dans les hautes latitudes, les ressources en eau sont prévues pour augmenter.

Il est important de considérer l'eau de pluie comme une ressource à part entière, de profiter de manière efficiente de ses précipitations pour minimiser nos consommations

## GRANDS ECARTS



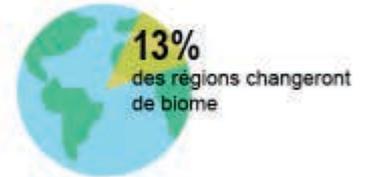
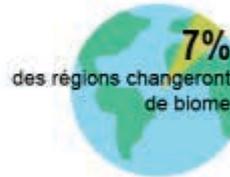
*tsunamis, sécheresse, maladies liées à la pollution atmosphérique... Dans tous les pays, on meurt déjà des conséquences du réchauffement climatique. Mais les menaces climatiques sont-elles les mêmes au Chili, en Thaïlande, aux États-Unis, en Inde et en France ? Et dans la nécessaire course à l'adaptation climatique, quel ressort psychologique retarde les pays riches ?*



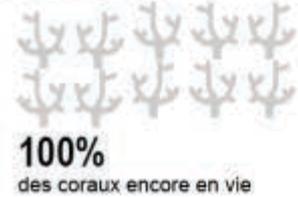
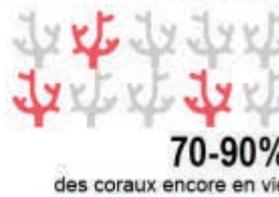
### Fonte du pergélisol (permafrost en anglais) en Arctique



### Altération des écosystèmes



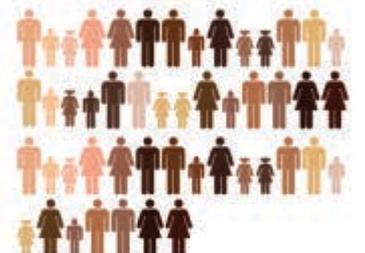
### Blanchissement des coraux



### Baisse des stocks de poissons



### Stress hydrique



### Risque d'inondation



# B1

## L'HOMME ET LE CYCLE DE L'EAU

La croissance démographique est indiscutablement la première cause explicative de la demande importante en eau sur tout le globe.

La Terre qui comptait quelques centaines de millions d'habitants à la Révolution Française, 1.5 milliard au début XX<sup>e</sup>, vient de passer le cap des 6 milliards et pourrait atteindre 8 ou 10 milliards vers 2050.

La ressource moyenne par habitant qui était en potentiel de l'ordre de 8 000 m<sup>3</sup>/an en 1990, est actuellement de 6 700 m<sup>3</sup>/an et pourrait tomber à moins de 4 000 m<sup>3</sup>/an au milieu du siècle.

En considérant les ressources facilement accessibles actuellement, il faudrait tripler les surfaces irriguées pour assurer un minimum de sécurité alimentaire d'ici 2050.



# DES MILLIARDS D'HABITANTS



## L'HOMME ET LE CYCLE DE L'EAU

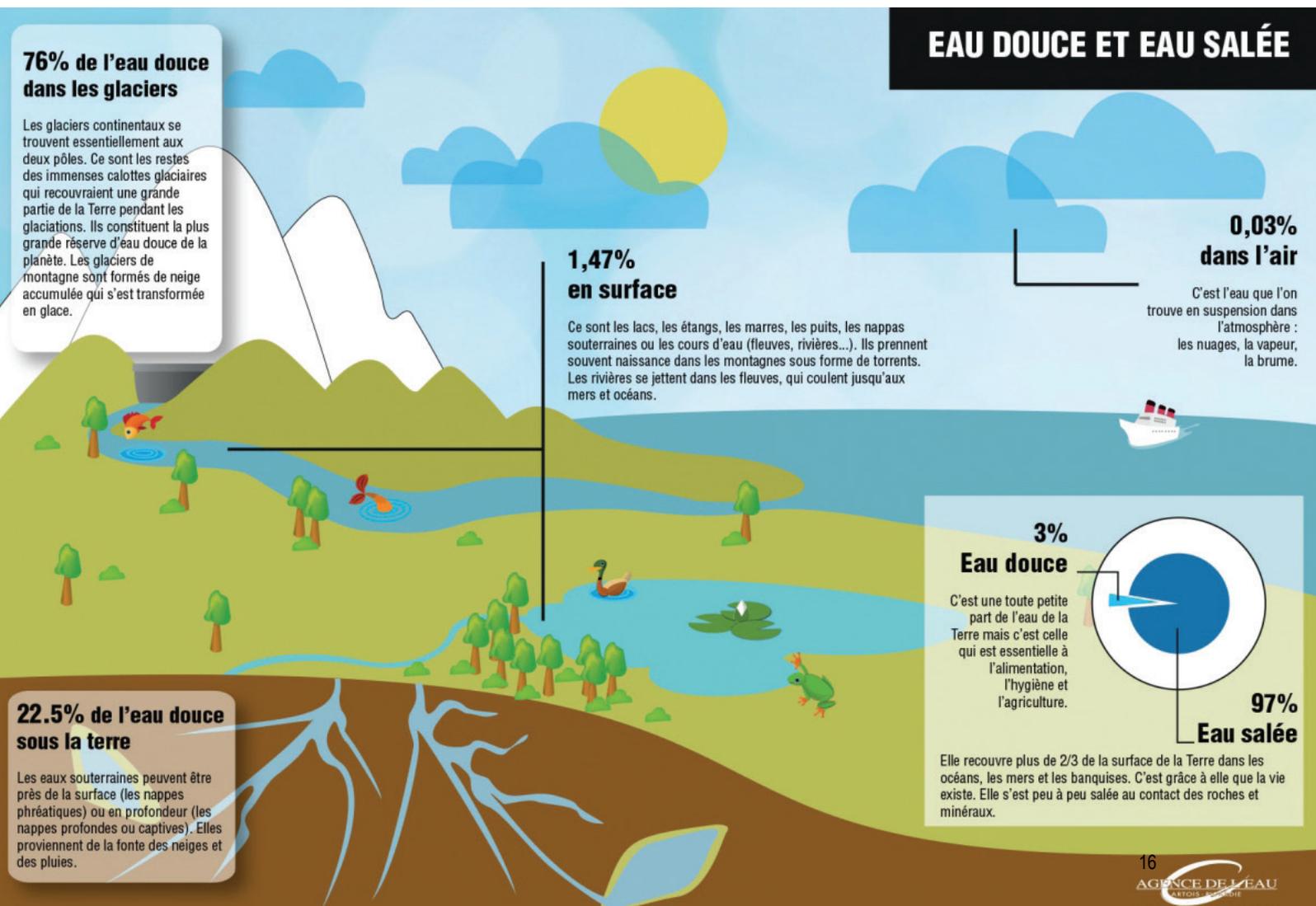
### CYCLE NATUREL DE L'EAU H2O

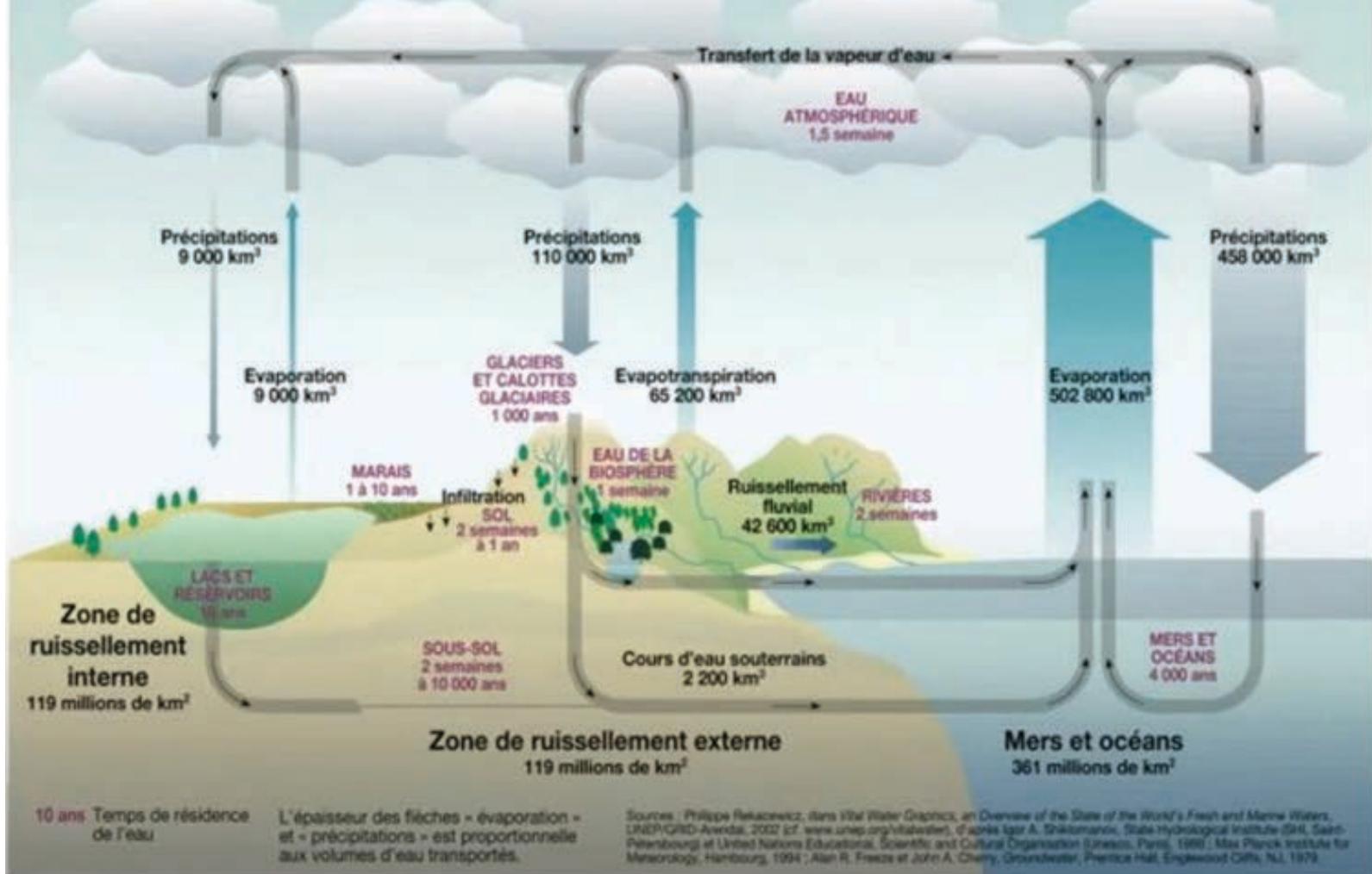
L'eau est impliquée à tous les niveaux du système climatique. Cette présence engendre une relation étroite et réciproque entre l'eau et le climat. Pour mieux comprendre ces échanges, il est important de connaître le cycle de l'eau. Le cycle global de l'eau correspond à l'ensemble des échanges d'eau entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. L'eau est extrêmement mobile, ce qui lui permet de naviguer entre l'atmosphère et les réservoirs terrestres (océans, nappes souterraines, rivières, lacs ou encore glaciers). Sa mobilité est assurée par son changement d'état : gazeux, solide ou liquide, lui-même permis grâce au soleil et son rayonnement qui dégage de l'énergie thermique. A l'intérieur du grand cycle de l'eau se trouve, à l'échelle d'une région ou d'un bassin versant, le cycle local de l'eau. Le mécanisme est identique mais concerne une zone géographique moindre : l'eau évaporée retombe localement sous forme de pluie, elle s'infiltré ensuite, alimente les végétaux et les nappes avant de s'évaporer à nouveau. L'eau contenue dans l'atmosphère et dans les sols joue un rôle clef dans la thermorégulation locale de notre planète. Ainsi le cycle local de l'eau influence le climat local.

Plus la surface des forêts diminue, plus la masse d'eau évaporée diminue: ce qui donc diminue inévitablement les réserves d'eau en surface.

L'exemple le plus marquant est celui de la déforestation en Amazonie: on parle de rivières volantes menacées.

## Plus la surface des forêts diminue...





**L'illustration ci-dessus schématise les différentes formes sous lesquelles l'eau circule au sein du cycle hydrologique. L'épaisseur des flèches proportionnelle aux volumes d'eau transportés permet de visualiser l'importance des flux. Les indications écrites en rose foncé indiquent le temps de résidence et de renouvellement complet de l'eau.**

*L'eau douce est la seule qui peut être utilisée par la nature. Elle est l'eau qu'on retrouve dans les rivières, dans les lacs, les glaciers, les zones humides...  
C'est cette eau là qui est précieuse pour la vie terrestre.  
Schématiquement sur les 100 % d'eau de notre planète bleue :  
97 % sont dans les océans  
2 % sont dans les glaces de l'Antarctique, du Groenland...  
1,1 % sont des eaux souterraines  
L'eau des rivières et des sols ne représente que 0,00012 % c'est donc une part infime, et c'est la seule qui est accessible à l'homme.  
Cette eau ne peut nous arriver que par la pluie.*

*Quand il pleut, les deux tiers des précipitations partent tout de suite dans l'atmosphère et sur le tiers restant 20 % vont rejoindre les rivières par ruissellement et il n'y a que 9 % qui s'infiltre et peuvent rejoindre les eaux souterraines que l'homme capte de manière intensive.*

## ... plus la masse d'eau évaporée diminue

**Ce schéma qui formalise le quasi-consensus de la communauté scientifique des climatologues sur le cycle de l'eau donne une première idée de l'importance de la végétation dans la formation des précipitations sur les continents.**

En résumé :

- il pleut plus au-dessus des océans qu'au-dessus des terres
- 90 % de l'eau qui s'évapore au-dessus des océans et des mers, retournent directement dans les océans par le biais des précipitations, seuls 10 % de cette eau tombe sur les terres
- plus de la moitié des précipitations sur les continents provient de l'évapotranspiration des plantes et des sols qui compensent l'aridité plus importante des reliefs
- environ 35 % du volume d'eau formé sur les continents, est renvoyé dans les océans sous forme de ruissellement des rivières, des eaux souterraines et des glaciers
- une partie considérable du débit des rivières et de la percolation des eaux souterraines n'atteint donc jamais l'océan, car elle s'est évaporée dans des zones de ruissellement interne ou dans des bassins intérieurs dépourvus d'exutoire vers l'océan.

Cependant, certaines eaux souterraines qui contournent les réseaux fluviaux atteignent les océans.

## L'HOMME ET LE CYCLE DE L'EAU

### L'HOMME: AGENT PERTURBATEUR

### L'EAU EN MILIEU URBAIN

L'exemple d'une ville comme Grenoble permet de visualiser facilement comment l'eau des montagnes parvient à nous pour répondre à nos besoins quotidien d'eau potable.

#### L'INFOGRAPHIE

# LE CIRCUIT DE L'EAU DE LA MÉTROPOLE



**De la protection de la ressource en eau au traitement des eaux usées, en passant par le captage et la distribution, la Métropole gère depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015 l'intégralité du cycle de l'eau.**

1

#### PROTECTION DE LA RESSOURCE

La neige et la pluie amènent l'eau dans les montagnes. C'est ici qu'elle commence son circuit. Là, les sites naturels où on la prélève sont très étroitement protégés, afin de préserver ses qualités originelles.

2

#### PRÉLÈVEMENT

40 millions de m<sup>3</sup> sont prélevés chaque année via 128 points de captage (nappes phréatiques du Drac et de la Romanche) et 64 sources de montagne. Une eau de grande qualité, majoritairement filtrée et minéralisée par les sables et graviers. Du 100% nature !

3

#### TRAITEMENT

Grâce à sa pureté naturelle, seulement 24% de l'eau connaît un pré-traitement (filtration, chloration et UV), pour mettre aux normes de potabilité.

# SELON LES CONFIGURATIONS GEOGRAPHIQUES

## L'EAU NE JAILLIT PAS DE LA MEME MANIERE



Avant d'arrivée dans nos logements, l'eau présente dans l'atmosphère est captée en altitude dans nos montagnes à des températures froides qui permettent aux molécules H<sub>2</sub>O de se solidifier sous forme de glace.

Il est donc primordial de veiller à ne pas polluer cet environnement fragile qui subit malgré tout un réchauffement climatique extrêmement perturbateur. L'eau qui s'écoule par des ruisseaux, rivières et fleuves est prélevée grâce à des installations et ouvrages gérés en partenariats Public / Privé. L'eau extraite est canalisée vers des usines de traitement permettant une distribution d'eau potable. Chaque étape nécessite des contrôles importants pour garantir l'accès suffisant aux populations, mais aussi satisfaire un niveau sanitaire qui ne cesse de croître.

Illustration : Studio Bambam

4

### DISTRIBUTION

L'eau est stockée dans 157 réservoirs. Ils permettent de réguler la pression du réseau public de distribution : plus de 2000 km de tuyaux pour desservir habitants et entreprises des 49 communes de la Métropole !

5

### TRAITEMENT DES EAUX USÉES

L'eau sale (toilettes, douches...) est acheminée via un réseau d'assainissement (encore 1800 km de tuyaux !) jusqu'à la station d'épuration Aquapole. Elle est dépolluée et rejetée propre dans l'Isère. Un nouveau cycle peut commencer !

## L'HOMME ET LE CYCLE DE L'EAU

### L'HOMME: AGENT PERTURBATEUR

#### L'EAU EN MILIEU URBAIN

Les 56 des 59 communes de la Métropole de Lyon sont alimentées en eau potable par la société Eau du Grand Lyon. Une très grande partie (91 à 95%) de la ressource en eau provient de la nappe d'accompagnement du Rhône à partir du champ captant de Crépieux-Charmy, situé sur les communes de Vaulx-en-Velin et Rillieux-la-Pape. L'eau issue de cette nappe est naturellement de très bonne qualité microbiologique. Elle subit une simple désinfection au chlore en sortie des usines de pompage, pour conserver ses qualités au cours de son transfert dans les réseaux de distribution. Cette eau est minéralement équilibrée.

Le lac de Miribel-Jonage (lac des Eaux Bleues) peut être utilisé en appoint. Cette eau de surface subit un traitement complet pour être rendue potable. En situation normale, cette ressource représente 3% de l'alimentation du territoire et peut contribuer à une plus large part de l'alimentation de l'agglomération en cas de besoin.

Le captage de Jonage se situe également dans la nappe d'accompagnement du Rhône.

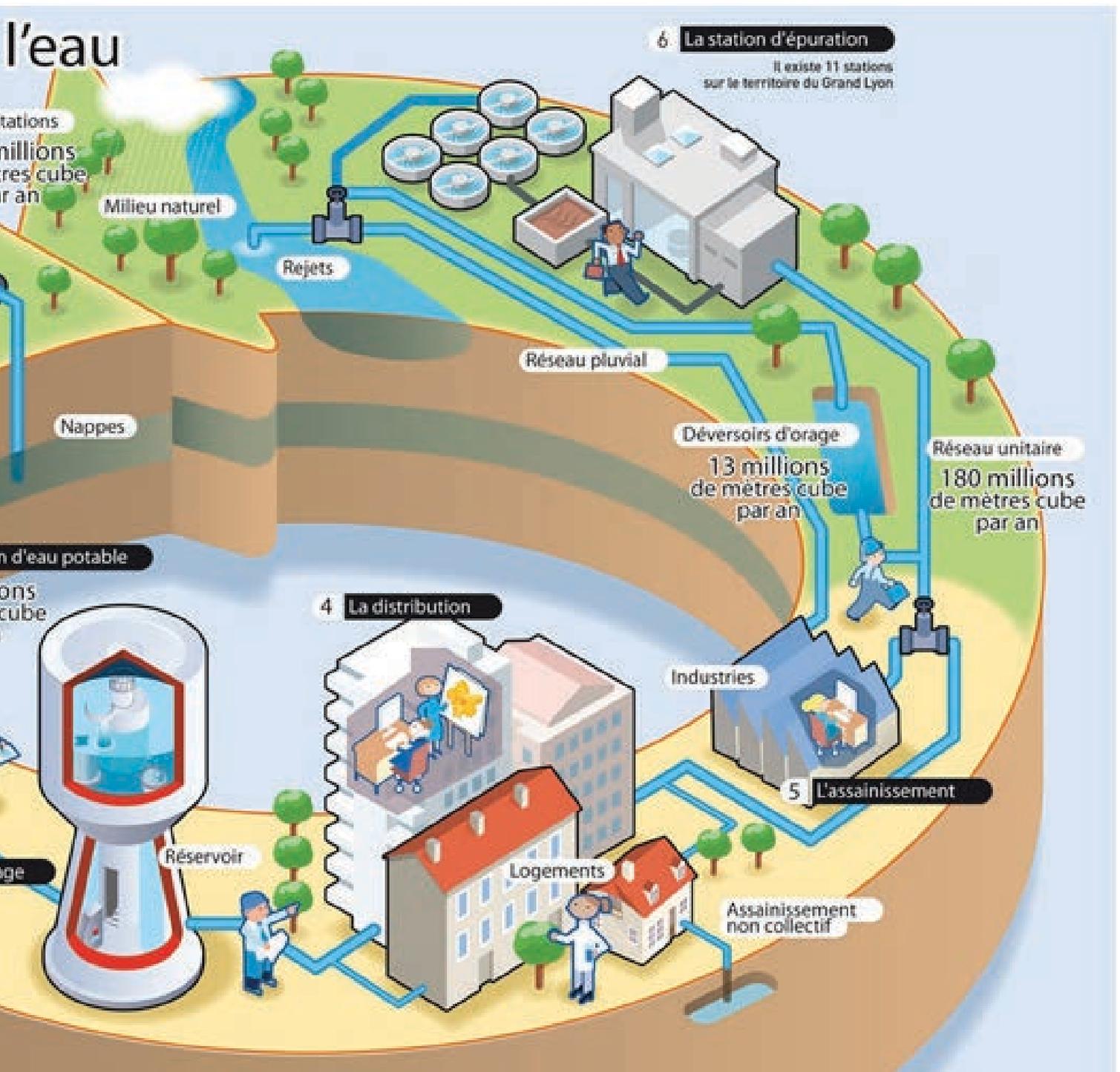
La nappe de l'est lyonnais est également utilisée pour l'alimentation en eau de la Métropole. Cette nappe ayant ses origines au pied du massif du Vercors est plus minéralisée que celle de la nappe du Rhône. Les captages sollicitant cette ressource sont ceux de Saint-Priest, Meyzieu, Corbas et Mions. Les puits de Décines et Chassieu sont maintenus opérationnels mais n'alimentent pas le réseau.

Dans la partie nord-ouest de l'agglomération, la nappe alluviale de la Saône participe dans une moindre mesure à l'alimentation des réseaux via les captages de Fleurieu-sur-Saône et de Curis-au-Mont d'Or.



Le cycle de l'eau urbain (le petit cycle de l'eau) comprend :

- le pompage
- le traitement
- la distribution
- le stockage
- le traitement des eaux usées
- le retour au milieu naturel



TOUTES CES ETAPES NECESSITENT DES **INFRASTRUCTURES** COÛTEUSES

**Faire des économies d'eau est un enjeu vital de développement durable, afin de ne pas épuiser les ressources en eau, d'en garantir la qualité et d'envisager l'extension de l'accès à l'eau potable pour les hommes et femmes qui n'en bénéficient pas aujourd'hui.**

Le caractère social de l'eau est lié à son usage: en l'occurrence, son utilisation pour l'alimentation, l'hygiène et la santé de l'homme.

Mais l'eau utilisée à titre de boisson ne représente que 4 milliards de m<sup>3</sup>, soit seulement un peu plus de 1.5% de l'eau potable consommée. En revanche, l'emploi de l'eau pour les appareils ménagers, pour le lavage des voitures ou pour l'alimentation des piscines correspond à un usage de confort ou de luxe différent d'un usage social de base.

On observe donc que l'eau est un bien social pour les plus pauvres qui sont conduits par nécessité à en faire un usage modéré. En revanche, elle constitue pour sa plus grande part, un bien économique au fur et à mesure de l'élévation du niveau de vie des consommateurs, qui en font un usage plus large et qui dépasse, et de beaucoup, les seuls besoins vitaux.

La sensibilisation de l'eau passe aussi avec la notion de « empreinte eau ». L'empreinte eau française est environ trois fois supérieure au volume d'eau consommé à l'échelle domestique. Elle correspond à la quantité d'eau utilisée sur le territoire pour répondre à l'ensemble de ses besoins (alimentation, industrie...)

Cette non prise en compte de l'empreinte eau accentue le décalage entre la perception de l'utilisateur sur sa consommation et la réalité des impacts de son mode de vie sur la ressource en eau. Cette perception est d'autant plus aggravée qu'il existe une forte tolérance vis-à-vis des fuites d'eau potable des canalisations (environ 20% de l'eau serait perdue) par les citoyens et les opérateurs, évitant à ces derniers d'investir massivement dans la maintenance des infrastructures.



## vous consommez de l'eau chaque jour

Pour vous hydrater, vous laver, nettoyer votre intérieur, votre linge...

Et indirectement, en vous habillant, en mangeant, en vous déplaçant...

L'empreinte eau d'un produit c'est la quantité totale d'eau douce utilisée Pour le fabriquer.



L'eau à la maison en quelques chiffres...

Douche : 30 à 60 litres

Bain : 150 à 200 litres

Lave-vaisselle : 10 à 30 litres

Lave-linge : 60 litres

Chasse d'eau : 6 à 12 litres

93% de l'eau consommée sont utilisés pour l'hygiène corporelle, les sanitaires, l'entretien de l'habitat et les tâches ménagères

7% de l'eau consommée sont utilisés pour la boisson et la préparation des repas.

Pourquoi économiser l'eau ? Pour préserver la qualité de l'eau

L'eau est prélevée dans la nature, dans les nappes phréatiques, dans les rivières ou dans les lacs qui sont aussi les réserves d'eau des animaux et des végétaux.

Une fois utilisée, l'eau est en partie traitée puis rejetée encore impure dans l'environnement.

# B2b

L'HOMME ET LE CYCLE DE L'EAU

L'HOMME: AGENT PERTURBATEUR

MODIFICATIONS DU CYCLE DE L'EAU

les **climats** changent  
la **temporalité** évolue  
la **géographie** se modifie  
la notion de **quantité** diffère  
**l'intensité** varie

L'impact de l'homme sur le cycle de l'eau est multiple.

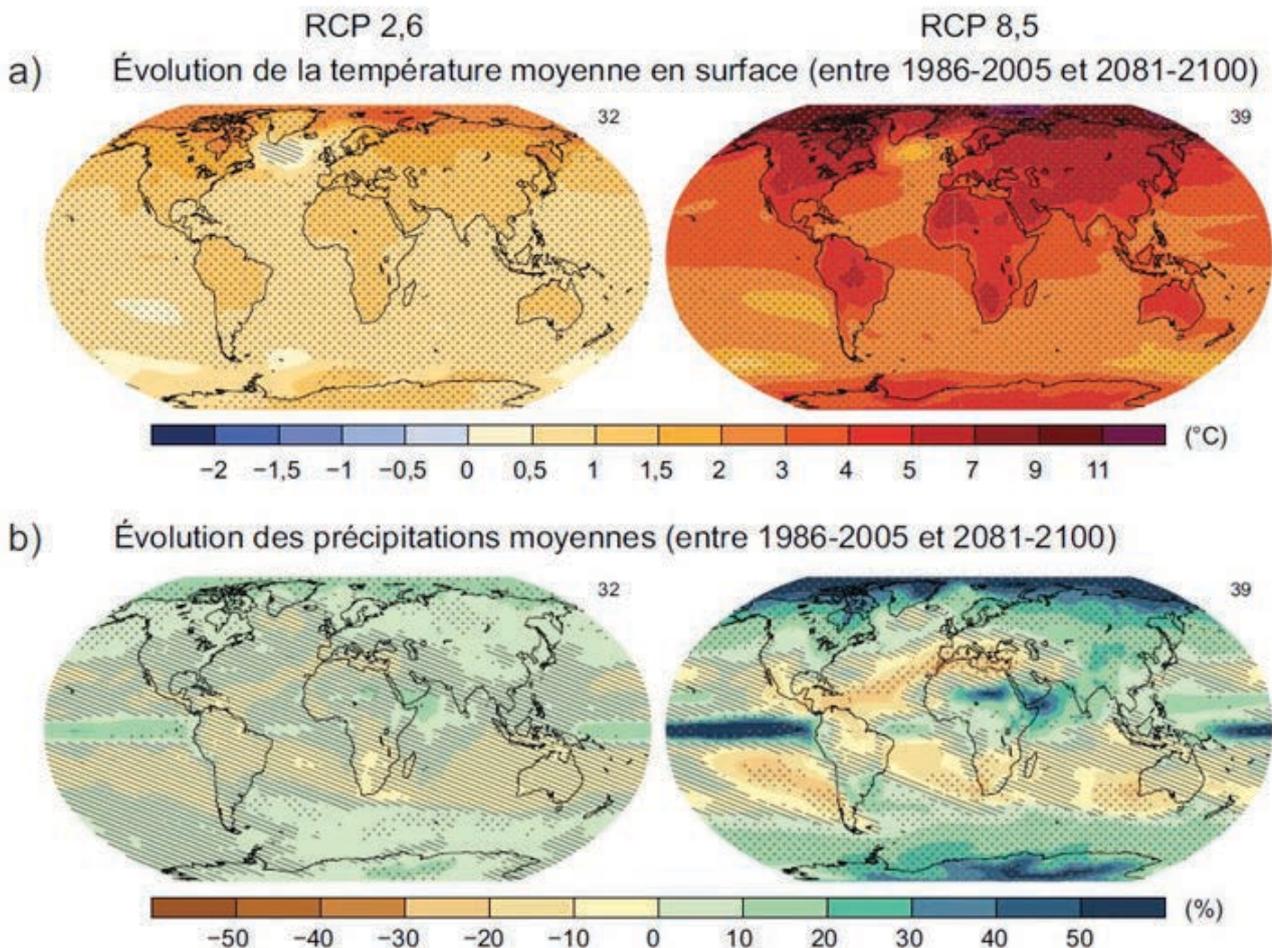
Le phénomène le plus inquiétant est la modification planétaire des précipitations. Les régions sèches deviennent plus sèches et les régions humides reçoivent d'avantage de pluie.

Les chercheurs australiens du Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) ont mis en évidence une amplification du cycle de l'eau à travers une étude sur la salinité des océans.

Le cycle de l'eau est actionné par l'évaporation de l'eau de mer qui précipite ensuite sous forme de pluie, de neige, de grêle, etc., soit directement au-dessus des océans, soit sur les terres. L'eau douce ruisselle alors pour retourner plus ou moins rapidement jusqu'aux océans. Par conséquent, le cycle d'eau provoque une hausse de la salinité dans les zones d'évaporation (concentration des sels) tandis que l'accroissement des apports en eau douce la réduit dans les zones de fortes précipitations. Ce phénomène est à l'origine des différences de salinité entre les différentes mers et océans.

Cependant, les travaux de Paul Durack et Susan Wijffels ont révélé que ces variations de salinité se sont amplifiées depuis 1950, conformément aux simulations établies par le Giec (Groupe intergouvernemental d'étude du climat) sur les conséquences du changement climatique. En d'autres termes, les régions sèches deviennent encore plus sèches, tandis que les régions humides reçoivent davantage de pluie, ce qui modifie la salinité des eaux au niveau des océans. « Ces données sur l'océan mondial confirment que le cycle de l'eau de la Terre s'est accéléré » résume le doctorant Paul Durack. *Article de Grégoire Macqueron publié le 20/04/2010*

Les correspondances entre les travaux de Paul Durack et Susan Wijffels et les simulations du Giec sur les modifications du cycle de l'eau démontrent cependant que la salinité des océans peut servir d'indicateur fiable de l'évaporation et des précipitations.



Cartes de scénarios d'évolution (RCP 2,6 et RCP 8,5) du GIEC pour les température et les précipitations

Un scénario RCP (Representative Concentration Pathway) permet de modéliser le climat futur. Dans le cinquième rapport d'évaluation du GIEC (AR5, paru en 2014) et sur la base de quatre hypothèses différentes concernant la quantité de gaz à effet de serre qui sera émise dans les années à venir (période 2000-2100), chaque

scénario RCP donne une variante jugée probable du climat qui résultera du niveau d'émission choisi comme hypothèse de travail. Les quatre scénarios sont nommés d'après la gamme de forçage radiatif ainsi obtenue pour l'année 2100 : le scénario RCP 2.6 correspond à un forçage de +2,6 W/m<sup>2</sup> (Watt par mètre carré),

le scénario RCP 4.5 à +4,5 W/m<sup>2</sup>, et de même pour les scénarios RCP 6 et RCP 8.5. Plus cette valeur est élevée, plus le système terre-atmosphère gagne en énergie et se réchauffe.

## Nos outils modernes d'analyse des phénomènes ne suffisent plus à les anticiper

L'action humaine agit directement sur le cycle de l'eau.

De l'imperméabilisation des sols à la surexploitation des nappes phréatiques ou autres déboisements... tous ces facteurs réduisent l'infiltration, augmentent les ruissellements, assèchent les sols et en définitive modifient les climats de façon dramatique.

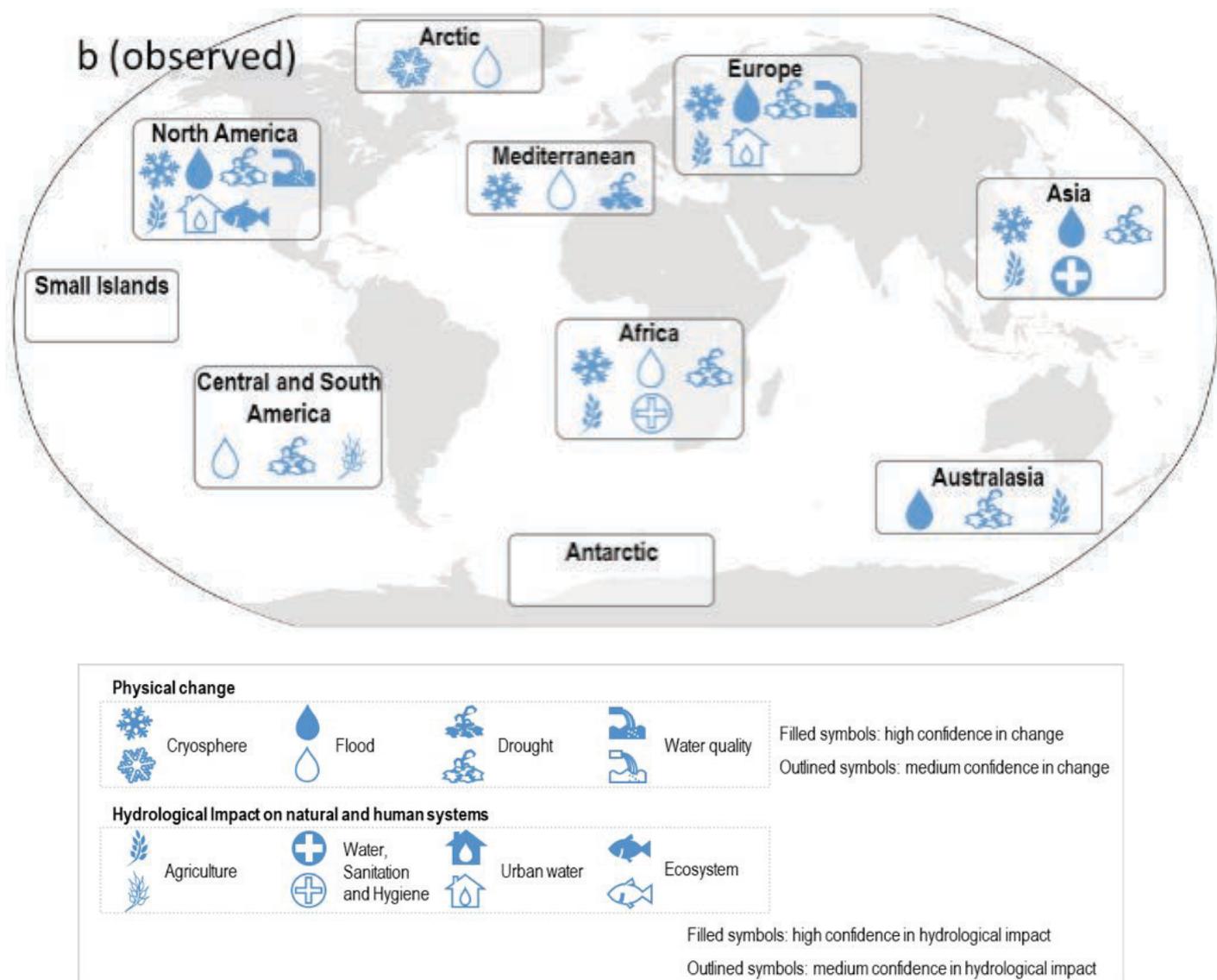
Valérie Masson Delmotte, paléoclimatologue française, apporte dans ses tweets du 4 août 2022 des réponses plus techniques sur les interactions entre le changement climatique et le cycle de l'eau. Son argumentaire est basé sur les rapports du GIEC de 2021-2022, rapports (4ème et 5ème) dont elle est co-autrice.

Le changement climatique dû à l'influence humaine a déjà provoqué des changements détectables dans le cycle de l'eau global depuis le milieu du 20ème siècle.

Les précipitations continentales ont augmenté depuis les années 1950, plus rapidement depuis les années 1980, avec des contrastes marqués selon les régions et les saisons.

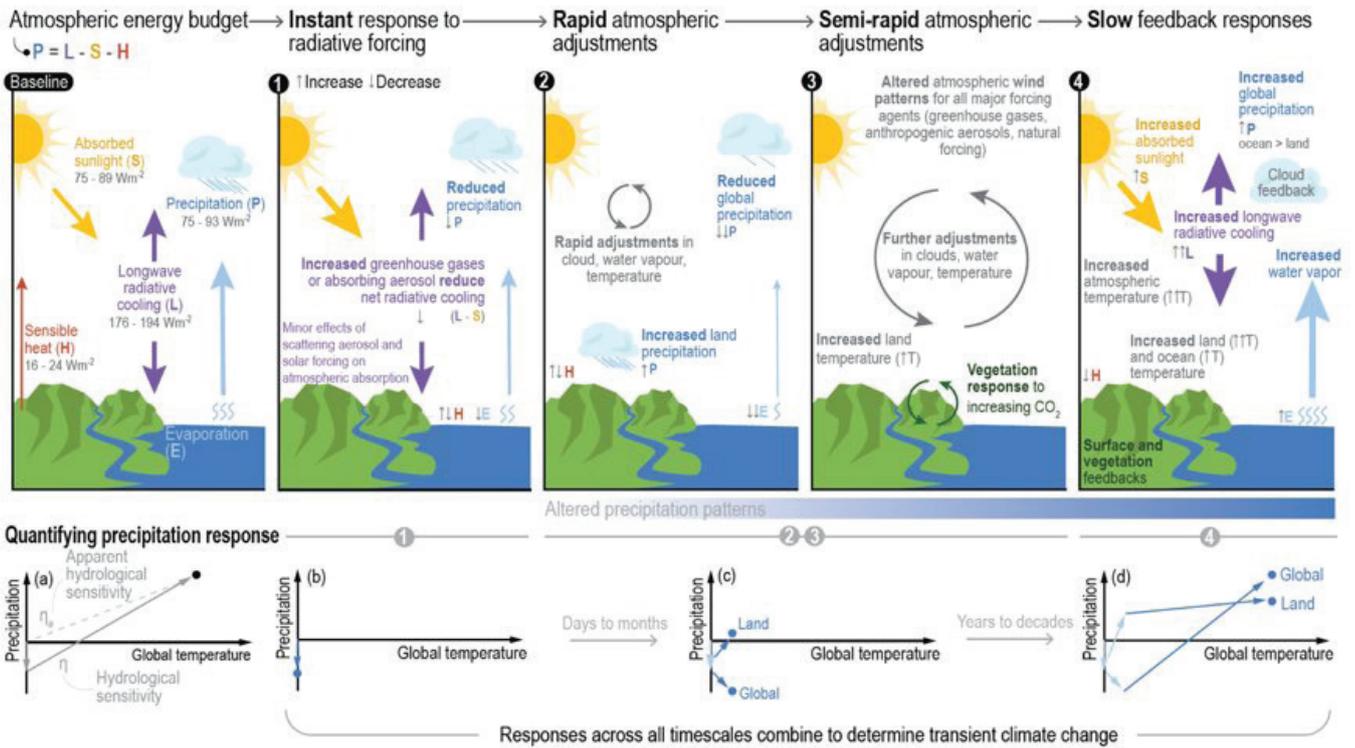
Dans un climat qui se réchauffe, les changements du cycle de l'eau font partie des premières conséquences qui affectent les écosystèmes terrestres et les sociétés humaines.

Le bilan d'énergie de la Terre interagit aussi étroitement avec le cycle de l'eau, notamment via des rétroactions (vapeur d'eau, nuages, albédo des surfaces enneigées et englacées) et des effets dynamiques (circulation atmosphérique et océanique). Les cycles de l'eau et du carbone sont étroitement liés : effet du CO2 sur l'efficacité de l'utilisation de l'eau par les plantes, effets de l'humidité des sols sur la capacité des plantes à absorber du CO2....



Les perturbations des flux de rayonnement (effet de serre, effet «parasol» des particules de pollution - les aérosols) affectent le climat, et les processus du cycle de l'eau.

Les perturbations des flux radiatifs (gaz à effet de serre, aérosols) affectent les processus atmosphériques du cycle de l'eau, qui conduisent à des rétroactions sur le climat.



La quantité de vapeur d'eau de la troposphère (le bas de l'atmosphère) a augmenté depuis au moins les années 1980, du fait du réchauffement dû à l'influence humaine.

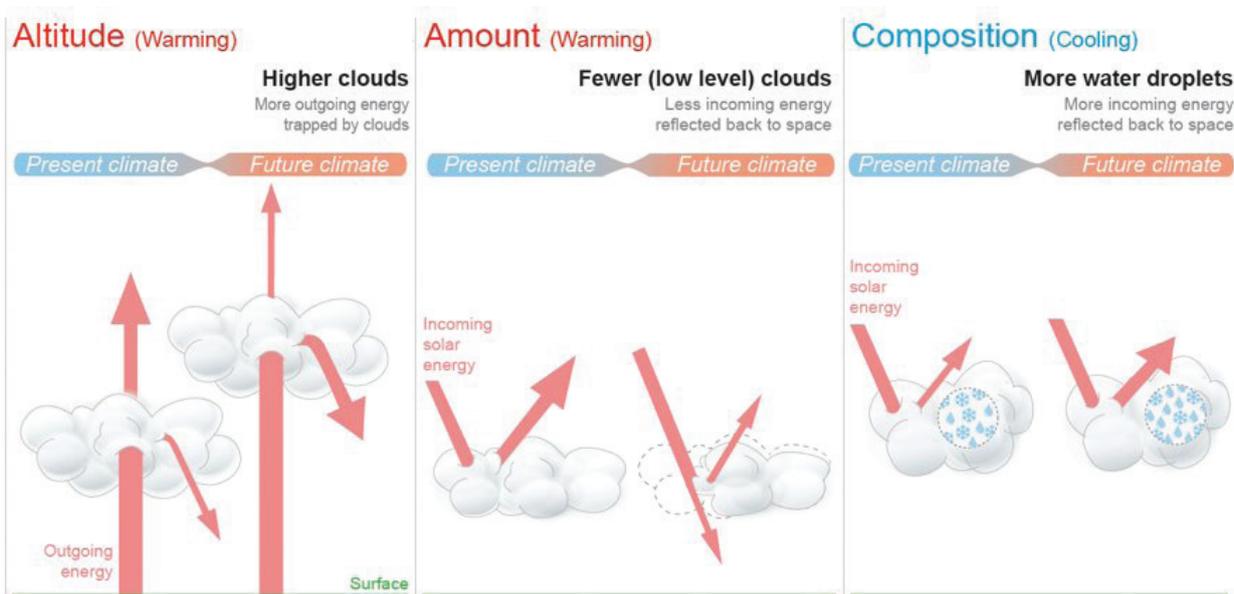
Une étude menée par des scientifiques de l'université de Miami montre que l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère est due au réchauffement climatique provoqué par les gaz à effet serre. Ces gaz élèvent la température en interceptant les rayons infrarouges renvoyés par la surface de la Terre ; ce réchauffement favorise l'accumulation atmosphérique de vapeur d'eau ; l'humidification de l'atmosphère piège encore davantage de chaleur.

La réponse du cycle de l'eau aux perturbations du bilan d'énergie de la Terre joue un rôle clé dans les rétroactions climatiques, notamment via les changements du profil vertical de température et la quantité de vapeur d'eau qu'elle peut contenir (+7%/°C), et les nuages.

Il est maintenant établi que les nuages sont associés à une rétroaction amplificatrice.

### FAQ 7.2: What is the role of clouds in a warming climate?

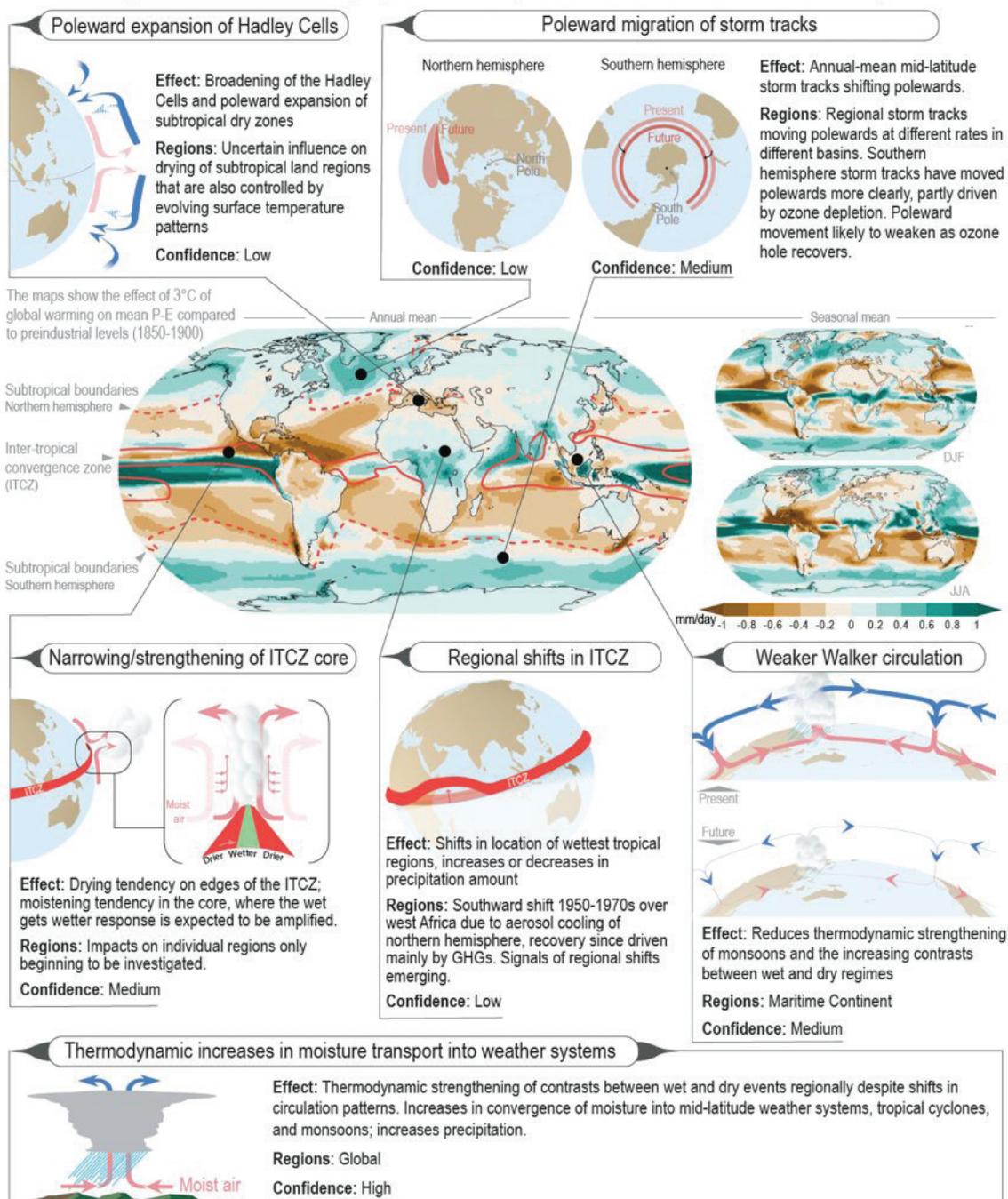
Clouds affect and are affected by climate change. Overall, scientists expect clouds to **amplify future warming**.



# La déforestation a des conséquences qui peuvent se mesurer à des milliers de km.

« L'Amazonie exporte de l'humidité et apporte des pluies dans le sud-est, le centre-ouest et le sud du Brésil, mais aussi dans d'autres régions de Bolivie, du Paraguay et d'Argentine, à des milliers de kilomètres, précise Antonio Donato Nobre de l'Institut national de recherches spatiales. La sécheresse exceptionnelle que vit la région sud-est du Brésil, spécialement Sao Paulo, peut déjà être le résultat de la destruction de l'Amazonie. »

## Large Scale Circulation projected changes and their effect on the water cycle



La poursuite du réchauffement planétaire intensifiera le cycle global de l'eau et sa variabilité, notamment les événements et saisons très humides et très secs, avec des implications pour les risques d'inondations et sécheresses. Les changements de précipitations reflètent à la fois des effets thermodynamiques (+ 2 à 3% de précipitations par °C de réchauffement) et des effets dynamiques (changements de la circulation atmosphérique de grande échelle). L'augmentation de l'évapotranspiration, en particulier du fait de l'augmentation de la demande évaporative atmosphérique, diminue l'humidité des sols dans certaines régions (augmentation d'aridité). Le recul de la cryosphère (surfaces enneigées et englacées) va aussi affecter les ressources hydrologiques. L'enneigement de printemps a diminué dans l'hémisphère nord depuis les années 1950. Le démarrage plus précoce de la fonte de la neige contribue à des changements de débits des cours d'eau selon les saisons. Dans les projections, le ruissellement alimenté par les petits glaciers diminue du fait de leur perte de masse, tandis que le ruissellement provenant des plus grands glaciers augmente avec le niveau de réchauffement planétaire avec leur perte de masse.

L'augmentation de la capacité de l'atmosphère à contenir de l'humidité (+7% /°C de +) entraîne une intensification similaire pour les événements de pluies extrêmes.

La variabilité des précipitations va aussi augmenter au sein de chaque saison, avec une diminution du nombre de jours de pluie mais une augmentation de l'intensité moyenne journalière des pluies, au dessus de nombreuses régions continentales.

Ces aspects du cycle de l'eau font partie d'un ensemble de facteurs climatiques générateurs d'impacts.

La déforestation à grande échelle réduit l'évapotranspiration et les précipitations, et augmente le ruissellement pour les régions déforestées, par rapport aux effets régionaux du changement climatique.

L'urbanisation augmente les précipitations locales et l'intensité du ruissellement.

L'augmentation des précipitations dans certaines régions tropicales a renforcé la recharge des nappes.

Mais un épuisement des eaux souterraines se produit depuis au moins le début du 21<sup>e</sup> siècle, en raison des prélèvements d'eau souterraine pour l'irrigation des zones agricoles dans les régions sèches.

A l'échelle planétaire, les changements d'affectation des terres affectent l'albédo de la surface (la fraction de rayonnement solaire incident qui est réfléchi), selon le type de végétation et sols (c'est un forçage radiatif).

L'irrigation affecte l'évaporation. Une augmentation d'évaporation et de transpiration a un effet refroidissant en surface, mais pas d'effet direct sur les flux radiatifs au sommet de l'atmosphère : du fait de la courte durée de vie de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, les modifications de l'évaporation sont négligeables sur la contribution à l'effet de serre de la vapeur d'eau atmosphérique.

La distribution géographique des zones climatiques s'est déplacée au cours des derniers 50 ans dans de nombreuses régions du monde.

Des augmentations sont projetées pour la sécheresse, l'aridité, et les conditions propices aux incendies dans certaines régions.

Le changement climatique va augmenter les perturbations d'écosystèmes, notamment les incendies et la mortalité d'arbres (stress thermique et hydrique).

Dans le cas d'un scénario intermédiaire d'émissions de gaz à effet de serre ou + (+ 2°C d'ici 2050), les projections climatiques montrent une diminution des taux d'absorption du CO<sub>2</sub> par les terres émergées et l'océan au cours de la seconde moitié du 21<sup>e</sup> siècle.

Les impacts liés à l'effet du changement climatique sur l'eau sont déjà observés dans chaque région, et les risques vont dépendre du niveau de réchauffement, et de l'efficacité des réponses mises en œuvre (gestion de risque, adaptation).

**Dans le monde, 60% des interventions d'adaptation portent sur les réponses face aux aléas climatiques liés à l'eau.**

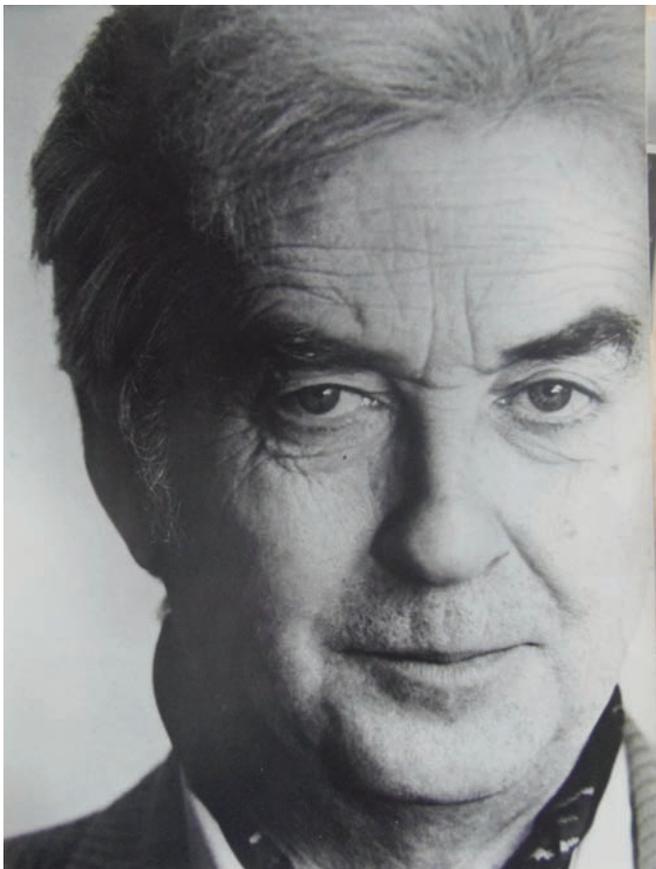
## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

Vitale à la survie de l'Homme, l'eau constitue le premier des besoins, oscillant entre abondance et rareté, traversant les siècles en dessinant la géographie en même temps que les angoisses de l'humanité. De l'inventivité romaine, ksourienne aux craintes moyenâgeuses, du boom de la notabilité jusqu'au stress hydrique, aux inondations et aux épisodes récurrents de sécheresse, notre compréhension de l'eau, jamais vraiment apaisée, ne cesse de varier à travers l'histoire.

Nous ne pouvons pas évoquer le sujet de la relation de l'homme avec l'eau sans aborder son caractère sacré.



## LE CARACTERE SACRE DE L'EAU: ENTRE MYTHES ET LEGENDES



Nous trouvons ce rapport de sacralité de l'eau dans toutes les cultures et religions à travers les âges, à la fois bienfait divin et maléfique,

Notre lien avec l'eau est ambiguë, entre vénération et crainte. L'eau au centre des liens sociaux, de la vie, de la création, des sources d'épanouissement et de procréation. L'eau est source de vie, elle est tout ce qui est vivant, « l'eau est en toute chose qui vit ». Elle peut également apporter la désolation, la mort.

Des croyances, des mythes et légendes ont accompagné les hommes pendant des siècles dans différentes cultures. Pour aborder succinctement ce vaste sujet, nous reprendrons l'analyse du philosophe Gilbert Durand, qui développe à partir de quatre directions essentielles du symbolisme aquatique :

- **l'eau germinale et fécondante**
- **l'eau médicale**, source miraculeuse ou boisson d'éternité
- **l'eau lustrale et baptismale**
- **l'eau diluviale**, symbole de purification et régénération du genre humaine,

Nous avons souhaité compléter ces quatre directions par le symbole de l'eau mortifère.

# C1a

« Dès la plus haute antiquité égyptienne et la culture néolithique de Walternienburg, comme déjà dans le Paléolithique ou les cultures néolithiques précolombiennes, les hiéroglyphes de l'eau – représentés soit par la ligne sinueuse de l'onde qu'a conservée notre zodiaque pour le Verseau, soit par la spirale de la conque des gastéropodes – sont l'emblème d'une vaste constellation anthropocosmique où l'humidité, la femme, les phases lunaires viennent surdéterminer l'image de la fécondité. Il semble bien naturel en effet que l'homme, ne fût-il que jardinier, cueilleur de fruits, de baies ou de racines, ait remarqué, dès l'émergence de l'espèce omnivore à laquelle il appartient, la liaison entre la pluie, la mousson, l'arrosage et la luxuriance de la végétation. La lune dans ses phases comme dans sa situation nocturne – c'est-à-dire dans la partie la plus fraîche de la journée où l'humidité se condense en rosée – ou dans sa fonction marémotrice, était tout naturellement liée à cet ensemble emblématique (M. Eliade, *Images et symboles*, et F. Cumont, *Les Mages hellénisés*). » Gilbert Durand



## L'eau germinale et fécondante

La fécondité est la signification primordiale de l'eau, à la fois mâle ou femelle selon les cultures (Ex : chez les Sumériens avec le semen virile, ou chez les anciens Mexicains, les Germains, la Mère primordiale),

La terre est fertilisée par les eaux venues du ciel ou par l'eau d'en bas, la mer avec les moussons, et réserves souterraines d'où jaillissent les sources. Quelque soit sa provenance l'eau, les hommes l'on rattaché à des divinités.

L'eau qui tombe du ciel (symbole des influences célestes) est incarnée par des divinités tel que Tlaloc, dieu de la pluie et de la végétation chez les Aztèques, Chac chez les Mayas, Anzar chez les Berbères ou encore Zeus, Seigneur du Ciel, dans la mythologie grecque.

Ces divinités sont invoquées pour venir féconder le sol et rendre la terre fertile. Danses rituelles, prières et cérémonies lui sont spécialement dédiées depuis les temps préhistoriques jusqu'à aujourd'hui par les Indiens, comme les Hopi ou les Tohono (sud-ouest des États-Unis).

Ces croyances se retrouvent également dans les religions monothéistes.

Dans la sourate « les abeilles » du Coran (versets 2 à 16), on peut lire ce qui suit : « ... C'est lui qui a fait descendre du ciel l'eau qui vous sert de boisson et qui fait croître les pâturages pour vos troupeaux. Grâce à lui, elle fait encore pousser pour vous les céréales, les oliviers, les palmiers, les vignes et toutes sortes d'arbres fruitiers... »

Dans la bible, c'est Dieu qui est maître des eaux : Il donne la pluie au temps voulu, Il retient l'eau des mers, Il abreuve la terre et la comble ainsi de richesses (Ps 65, 11).

Le Nil est l'exemple parfait de l'eau qui abreuve la terre et la rend fertile. Avec ses 6 700 km, c'est le plus long fleuve du monde. Pour l'Égypte antique (y compris aux époques grecque et romaine), le Nil est un véritable dieu, notamment lors de ses crues qui redonne naissance au fleuve.

La crue du printemps est un don sacré ; le fleuve se répand sur la terre qu'il fertilise. Selon la célèbre formule du grand historien grec Herodote, « l'Égypte est un don du Nil ». « Tu es le vivifiant des terre que Ré a créées », chantent les Egyptiens. « Tu donnes la vie aux animaux, Tu fais boire le pays entier lors de Ta descente céleste. » Les débordements de la crue sont considérés comme une forme de purification. Se noyer dans le fleuve, c'est s'unir, en un suprême hommage, à son dieu. Le mot égyptien qui signifie « noyer » dérive d'ailleurs de « prier ».

A partir de 330 avant J.C. (époque des Ptolémée) les Égyptiens construisent des nilomètres, grandes cryptes situées en dessous des temples, qui mesurent le niveau d'eau et contribuent symboliquement à la naissance de la crue. A l'origine, ils servent à renouveler l'eau du fleuve pour les besoins liturgiques du culte d'Isis et Sérapis. Leur rôle n'est pas seulement la représentation symbolique de la crue, mais aussi, quand celle-ci survient, d'être un rempart contre elle à la saison des pluies.

## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'eau médicale

La croyance en l'eau vive est universelle, elle est le symbolisme de la boisson de vie ou d'éternité, on l'a trouve chez les Amérindiens, les Hindous, les Finno-Ougriens. La liaison entre ces vertus médicinales de l'eau et sa vertu fondamentale de fécondité se trouve dans les rituels de régénération du dieu par le bain rituel (Eliade, Histoire des religions).

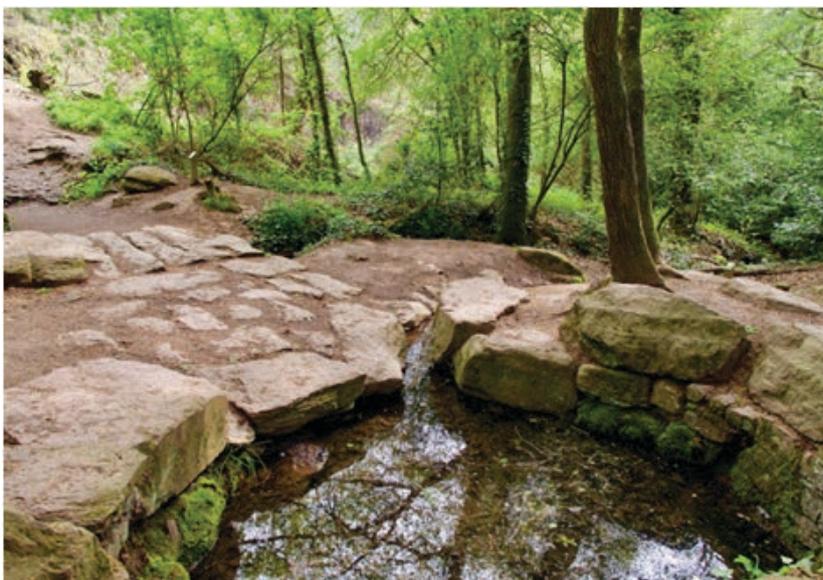
« L'élément eau symbolise aussi la régénérescence et accompagne le passage d'un état à un autre, de la vie à la mort, pour une nouvelle renaissance. Certains voient aussi en l'eau, symbole cosmogonique, un moyen de lutter contre leur condition humaine et recherchent une forme d'éternité qui, si elle n'est pas physique, sera symbolique. Ainsi, dans l'Évangile selon Saint Jean (parabole de la Samaritaine), Jésus dit : L'eau que je lui donnerai deviendra en lui une source jaillissant en vie éternelle. Or, de nombreuses sources et fontaines sacrées font l'objet de cultes et de rituels particuliers ancrés dans les croyances individuelles et collectives : les eaux sont guérisseuses, sources de jouvence, de régénérescence ou de pouvoir. » L'eau à découvert - Agathe EUZEN, Catherine Jeandel et Rémy Mosseri

Les anciens écrits chinois témoignent de ce culte pour l'eau régénérante. Des sources en montagne sont considérées comme l'élixir de vie, lieu de pèlerinage des empereurs de la dynastie Han.

Ces légendes peuvent se rapprocher des vertus de l'« eau vive » et des fontaines de jouvence telles que les multiples sources miraculeuses qui existent encore en France, de Sainte-Anne-d'Auray à Lourdes. Leur modèle mythique est, pour les pays chrétiens, une piscine miraculeuse qu'un ange vient agiter à l'instant des guérisons.

*« Il est inscrit en effet dans cette logique « buissonnante » du symbole que, puisque l'eau est l'inductrice de toute fécondité et qu'elle est à la fois liquide séminal et matrice humide et océane, elle peut également redonner, prolonger, sauver la vie puisqu'elle en est la donatrice première. » Gilbert Durand – L'eau médicale*

**L'immersion se retrouve dans de nombreuses pratiques religieuses ou païennes. A l'image de l'immersion de la statue de la Vierge, de la croix du Christ, de différentes statues de saints durant tout le Moyen Âge et les temps modernes, jusqu'à nos jours où les « saintes Marie » sont chaque année processionnellement plongées dans la mer.**

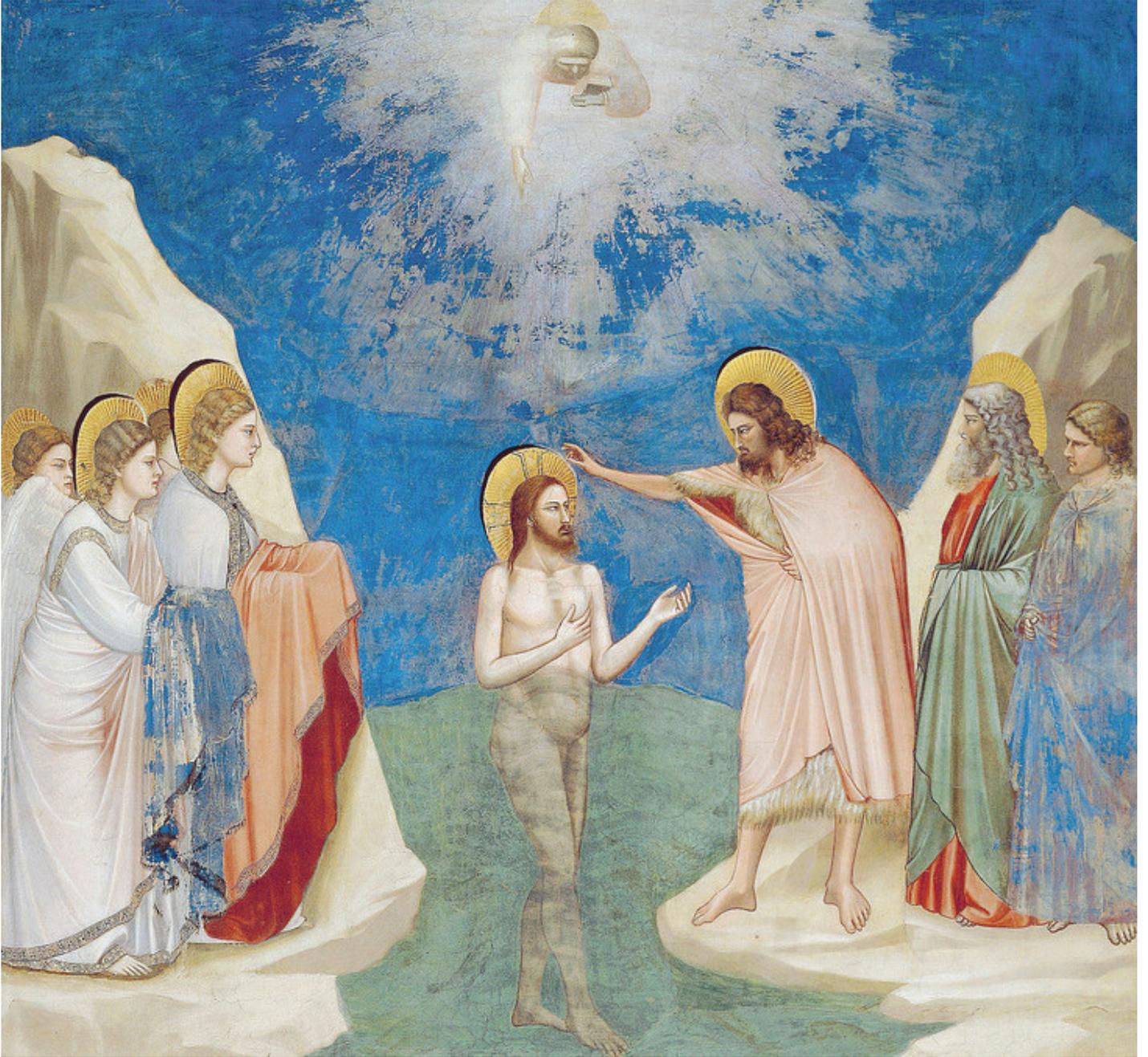


Fontaine de Jouvence de la Forêt de Brocéliande

« Bains et boissons de jouvence ont médicalement continué d'exister et se perpétueront dans la pratique du thermalisme qui, au Japon comme en Europe, remonte à la plus haute antiquité, en un point où l'efficacité médicale vient relayer la légende et le mythe. L'eau sous forme de boisson ou de bain et immersion est donc bien en quelque sorte le prolongement rituel du grand symbolisme aquatique de la fécondité : ce qu'ont fait à l'origine les eaux primordiales, dans certaines conditions une eau, voire un liquide, peut le refaire et redonner puissance, fécondité, santé et longévité à celui qui sait l'utiliser. » Gilbert Durand – L'eau médicale



## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES



*Le Baptême du Christ - Giotto - 1306 (Fresque de la Chapelle Scrovegni de Padoue)*

## L'eau lustrale et baptismale

« Aussi bien l'ethnologue (M. Eliade, op. cit.) peut-il énumérer la longue liste des pratiques quasi universelles d'ablution lustrale, d'aspersion ou d'immersion : Zoulous, Arabes, anciens Grecs et Romains, Juifs et bien entendu Hindous pratiquent sous une forme quelconque la purification par l'eau telle qu'elle nous est conservée en chrétienté sous la forme de l'aspersion d'eau bénite (cf. Psaume L) ou d'immersion ou de simple ablution baptismale (Luc, iii, 3, 16, Épître aux Romains, vi, 3, 4). Le baptême lui-même participe de cette ambivalence surdéterminante qui est celle de l'eau pure, à la fois purificatrice par contagion, fécondante et régénératrice. C'est ce que note très bien saint Jean Chrysostome (Homil. in Joh., xxv, 2) cité par Eliade : « Quand nous plongeons notre tête dans l'eau, comme dans un sépulcre, le vieil homme est immergé, enseveli tout entier ; quand nous sortons de l'eau, le nouvel homme apparaît simultanément. » Nous voyons poindre dans cette accentuation de l'eau baptismale imaginairement mortuaire une quatrième acception du symbolisme de l'eau. » Gilbert Durand – L'eau baptismale ou lustrale

Le besoin de purification reste encore très présent dans nos sociétés et s'intègre à la vie quotidienne de chacun, qu'il ait ou non un caractère religieux. Il s'exprime par divers rites qui préparent l'être humain à son insertion dans le monde du sacré, selon chacune des trois religions monothéistes que sont le judaïsme, le christianisme et l'islam, à travers les pratiques d'immersion, d'ablution et d'aspersion.

L'immersion entraîne une purification symbolique du corps et de l'esprit et une régénérescence permettant de renaître dans un monde nouveau. L'immersion dans l'eau baptismale chez les chrétiens symbolise alors une mort initiatique. Dans la cérémonie orthodoxe, comme dans les communautés baptistes, le baptisé est plongé entièrement dans l'eau; alors que chez les catholiques, lors du sacrement du baptême, verser un peu d'eau bénite sur le front suffit pour laver des péchés. L'eau sacrée purifie et régénère chaque être vers une nouvelle naissance. Cette catharsis, au centre de la pratique religieuse juive, se pratique par un bain rituel, ou Mikvé : l'eau vive assure la purification des femmes et des hommes tout au long de la vie, elle purifie celui qui a touché un mort ou un objet impur ou souillé .

« Les ablutions permettent aux croyants musulmans de quitter l'univers profane pour entrer dans celui du sacré. Leur prière rituelle, par exemple, qui se répète cinq fois dans la journée, ne peut être réellement accomplie que lorsque l'orant s'est rituellement purifié par ablutions, en suivant avec minutie les règles dont elles font l'objet. Ainsi, selon la sunnah Abou Daoud, quand le croyant fait ses ablutions et se lave le visage, tous les péchés qu'il a commis avec ses yeux partent avec l'eau, et quand il se lave les mains, tous les péchés qu'il a commis avec ses mains partent avec l'eau. Et quand il lave ses pieds, tous les péchés vers lesquels il s'est dirigé partent avec l'eau. En l'absence d'eau, les rituels de purification se font avec du sable ou une pierre arrondie ; le rituel de purification confirme ainsi son indépendance du fait de se laver.

Dans l'aspersion, seules quelques gouttes d'eau suffisent pour qu'un homme ou une femme soit purifié, symboliquement et moralement lavé de toute impureté. Une goutte d'eau pure suffit à purifier un océan ; une goutte d'eau impure suffit à souiller un univers, écrit le philosophe Gaston Bachelard. Ainsi, l'eau, pensée comme une substance, est aussi émettrice de force et de puissance. Chez les chrétiens, l'eau bénite, grâce à une simple aspersion des fidèles, permet d'éloigner le mal et d'invoquer le Saint-Esprit ; elle symbolise aussi la régénérescence semblable à celle obtenue par immersion dans le baptême. Chez les musulmans, l'aspersion est un symbole de fertilisation que l'on retrouve au moment d'une noce lors du rituel d'aspersion des convives féminines avec de l'eau parfumée. » L'eau à découvert - Agathe EUZEN, Catherine Jeandel et Rémy Mosseri

L'eau régénérante, mais également rite de passage, permettant de quitter le monde de l'enfance pour rentrer dans celui des adultes. Dans le peuple sahélien des « Soninkés », l'eau sert à passer de l'état de jeune fille à celui d'épouse : au cours de la cérémonie du mariage, un bain rituel est donné à la future mariée, avant de rejoindre sa belle-famille et de revêtir un nouveau rôle social.

## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'eau diluviale

« Le déluge est à la fois cataclysme vengeur et fin purificatrice d'un monde corrompu. Eliade a bien montré l'universalité des mythes diluviaux qui, des Sémites aux populations du Pacifique, de l'Atlantide aux légendes des Andes, associent l'engloutissement par l'eau au devenir, d'abord sous une forme lunaire, puis au devenir tout court, au Temps. Le déluge fait hésiter l'ethnologue entre une interprétation pessimiste et héraclitéenne du devenir et une interprétation sotériologique : « Les méchancetés, les péchés finiraient pas défigurer l'humanité ; vidée des germes et des forces créatrices, l'humanité s'étiolerait, décrépète et stérile. Au lieu de la régression lente en formes sous-humaines, le déluge amène la réabsorption instantanée dans les eaux, dans lesquelles les péchés sont purifiés et desquelles naîtra l'humanité nouvelle, régénérée » (M. Eliade, op. cit.). La valence positive du déluge est souvent symbolisée par l'arche, dont la barque n'est qu'un diminutif. Il n'est pas besoin d'insister sur le mythe de l'arche de Noé que chacun connaît (Gen., vi, 13), mais il nous faut nous arrêter au symbolisme des barques et des nacelles qui toutes sont, si l'on peut dire, le symbolisme « quintessentiel » de l'eau. De même que l'aspersion par l'hysope est une purification superlative, la barque concentre en elle les vertus de salvation, de fécondité, de naissance des eaux, au sein même de la tempête, de la colère aquatique et de la mort diluviale (G. Durand, Les Structures anthropologiques, « La Descente et la coupe »). Gilbert Durand – L'eau diluviale

**Les crues et les inondations engendrées par les cours d'eau, sont, avec le Déluge, le symbole du bien et du mal dans la fin du monde et l'avènement de l'autre. Avec elles, la destruction se fait purification et renouvellement ; la mort mène à une renaissance.**

Le mythe du déluge est un récit fondateur partagé par différentes cultures. Nous en trouvons une trace dans les textes mésopotamiens, écrits pour certains 2000 avant J.-C., notamment dans le récit babylonien intitulé l'épopée de Gilgamesh. On le retrouve dans la Genèse et les mythologies chinoise, indienne, africaine, polynésienne ou américaine ! Toutes évoquent des pluies torrentielles suivies de crues, jusqu'à l'apparition d'un oiseau mythique réinstaurant la vie et la végétation.

Dans la mythologies hindous. « La légende raconte qu'un jour Manu, le premier homme, effectuait ses ablutions quotidiennes lorsqu'il attrapa un petit poisson qui le supplia de le laisser en liberté. Manu le déposa dans une jarre mais le poisson grandit tellement qu'il dut le mettre dans un lac puis dans la mer. En remerciement, le poisson prévint Manu de l'arrivée imminente du déluge et lui donna un bateau. Manu s'y réfugia, en emmenant avec lui un couple de chaque espèce animale. Bientôt, le niveau de l'eau monta et la terre disparut. Le seul survivant fut le gigantesque poisson que, dans certains récits, on identifie à Vishnu, paré d'écailles d'or et d'une corne à laquelle Manu put amarrer son bateau, avec l'aide du serpent Vasuki qui lui servit de corde. » l'académie de l'eau.

# LE DELUGE

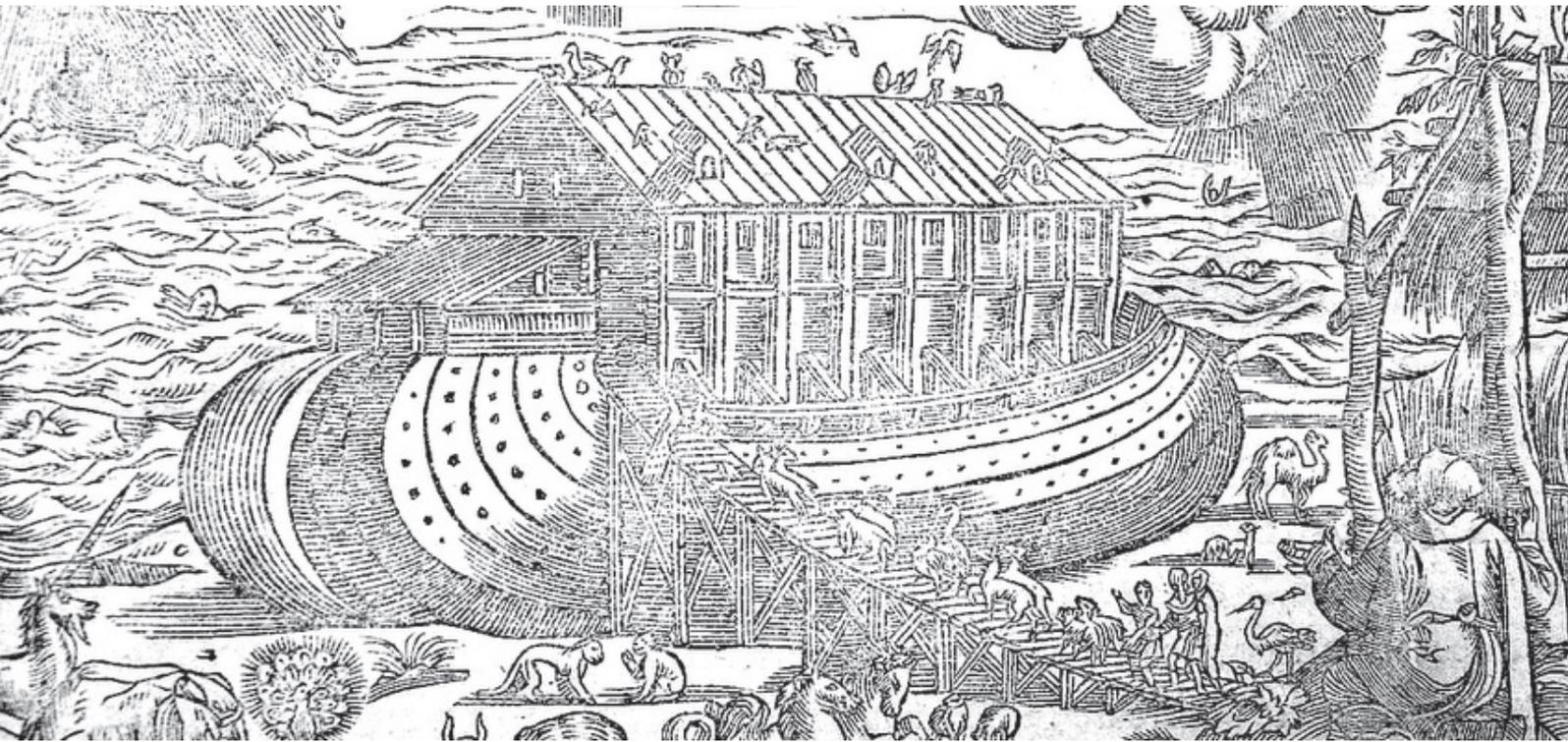
L'Épopée de Gilgamesh semble s'inspirer, dans son récit du déluge, du mythe babylonien d'Atrahasis. Elle reflète en tout cas une vaste tradition mésopotamienne relative à la grande inondation.

## GENESE

Le Seigneur ferme la porte de l'arche.  
Le déluge commence et dure quarante jours, après quoi Dieu fait cesser la pluie.  
Les eaux recouvrent la terre pendant près d'un an, et l'arche échoue sur les monts d'Ararat  
(Gn 7.10–8.5).

## GILGAMESH

Outanapishtim ferme la porte du bateau.  
Le déluge commence et dure sept jours.  
Il est si terrible que les dieux eux-mêmes prennent peur et vont se réfugier au plus haut des cieux. La grande déesse Ishtar, prise de pitié, regrette sa décision. Les eaux recouvrent la terre pendant un peu plus d'un mois. Le bateau échoue sur le mont Nitsir.



*Dessin de l'Arche de Noé pour illustrer la Génèse*

## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'eau mortifère

Source de vie, l'eau devient mortifère quand elle vient à manquer, tout comme par son abondance soudaine, lorsqu'elle devient destructrice et source de déluges ravageurs.

Elle a un côté maléfique, lorsqu'elle recouvre la terre. C'est le cas du Déluge (Gn 6, 5 – 8, 22), qui noie tout et d'où ne sortent que quelques êtres vivants. Ou de la Mer Rouge refluant sur les Egyptiens (Ex 14, 28). Le peuple hébreu pense d'ailleurs que la mer est un endroit peuplé par les démons et les forces mauvaises.

Autres lieux mortifères aquatiques, les marais et marécages, ils ont toujours suscité la crainte. Pas seulement parce que le moustique qui s'y reproduit est un grand assassin, mais parce qu'ils cachent des esprits malveillants. Les marais furent reconnus par l'Église catholique de nature diabolique. Les portes de l'Enfer s'ouvrent au fond de ces eaux noires. C'est pourquoi les âmes en peine hantent ces lieux de mort.

Dans les mythes antiques, l'eau du fleuve est celui qui nous amène dans le Tartare, un gouffre situé dans les entrailles de la terre. Sur le Styx, fleuve de la haine qui fait neuf fois le tour des Enfers, le nocher Charon emmène les morts au Dieu Hadès. Le Léthé lui symbolise le fleuve de l'oubli, où les âmes des morts oublient leurs vies antérieures. Partout, les fleuves relient toujours la vie à la mort.

Nous retrouvons cette idée d'oubli, de vol d'âme dans la Grèce et dans l'Inde anciennes ou un rêve de reflet dans l'eau est un présage de mort prochaine. On craint aussi que les esprits des eaux n'emportent l'âme avec eux, laissant l'être sans cet indispensable partie d'eux même pour le restant de ses jours.

Dans la symbolique des puits nous retrouvons l'idée de mort, c'est le « trou sans fond », la porte du néant, là où les candidats au suicide viennent justement « chercher la mort » (jusqu'au milieu du XXe siècle cette forme de suicide sera, du moins en milieu rural, la plus répandue avec la pendaison). Le puits fait communiquer avec le séjour des morts. Le son caverneux qui en remonte en est la preuve.



La sacralité de **l'eau** est véhiculée par les mythes et légendes mais il est également **le reflet de la réalité**, l'eau médicale des eaux thermales (soigne l'arthrite, les douleurs articulaires, soulager les affections cutanées), les pathologies dû à l'eau stagnante (lieu propice au développement de bactéries tel que la légionella)

## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'EAU DOMESTIQUEE

A l'aube de l'humanité, les populations se sont fixées dans des zones proches des points d'eau permettant ainsi d'avoir un accès direct et facile à la ressource.

Mais à partir de l'Antiquité et notamment à l'époque romaine, de puissants moyens ont été mis en œuvre en termes d'adduction d'eau avec la construction d'aqueducs et de réseaux acheminant l'eau vers les cités, les thermes et les palais.



On pourra noter la remarquable évolution urbaine des grandes villes du monde selon leur capacité à gérer l'eau (grise comme potable); un signe d'adaptabilité des Hommes pour améliorer son intégration dans l'environnement (limiter ses impacts pour mieux redistribuer les ressources naturelles).



Le Pont du Gard est un exemple exceptionnel des ponts construits dans le monde antique. Il réalise une triple performance avec ses trois niveaux d'arcades d'inégales dimensions et se caractérise par l'utilisation, pour la construction des arches des niveaux inférieurs, de rouleaux juxtaposés et composés de voussoirs portant des repères de positionnement gravés. Cet édifice exceptionnel dans la série des aqueducs romains résulte d'une adaptation poussée au régime fluvial du Gardon, dont les crues sont soudaines et dévastatrices. Les becs ménagés devant les piles sont destinés à résister aux hautes eaux dont l'écartement de l'arche basse principale (24,52m contre 21,87m pour les arches extrêmes) facilite le passage.

## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'EAU DOMESTIQUEE

#### L'APPROVISIONNEMENT EN EAU

L'histoire de l'eau et celle des hommes sont étroitement liées. Les premières implantations humaines ont eu lieu a proximité des points d'eau. A travers l'histoire, la conquête de l'eau par l'homme a été longue. Certaines périodes de l'histoire ne connurent pas ou peu de changements concernant les rapports des hommes et de l'eau, d'autres au contraire connurent de profonds bouleversements.

Au cours des siècles, pour avoir l'eau a leur disposition, les hommes ont inventé des moyens de puisage et des récipients pour le transport et le stockage.

La première intervention humaine est la création de puits il y a environ 7000 an en Mésopotamie (Jéricho). L'eau n'est plus seulement celle que l'on va chercher à la rivière, mais elle devient celle que l'on puise, pour laquelle on creuse et on invente des techniques pour l'extraire.

Les hommes mettent également au point des systèmes pour conduire l'eau sur les lieux de son utilisation.. Le transport s'effectuait grâce à de simples canaux, des digues en sable ou en roche, évoluant vers différents types de canalisation. L'Égypte utilisait des branches de palmier, la Chine et le Japon utilisaient du bambous. Par la suite, on a commencé à utiliser l'argile, le bois et même le métal.

Il est vraisemblable que les premiers systèmes d'alimentation en eau sont apparus en concomitance avec les premiers habitats urbanisés situés loin de rivières ( Ex : ville de Cnossos en Crète, au milieu du IIe millénaire av. J.-C.). Dans les médinas, les riads, les patios, les jardins intérieurs et dans les belles cités au Maroc, en Espagne, en Syrie, en Irak , en Iran, en Italie, en Tunisie, comme en Algérie, on trouve la présence des fontaines urbaines, signe de raffinement, d'urbanité et de bien-être.

**AQUAEDUCTUS = ACQUA + DUCERE**  
**CONDUIT D'EAU EN LATIN**

Initialement seuls de simples conduits ou tuyaux permettaient d'acheminer l'eau.

Les aqueducs vont se développer au fur et à mesure des progrès techniques permettant la construction d'ouvrages d'art :

- tunnels permettant aux canaux de franchir des hauteurs de collines importantes
- tranchées faites dans des collines quand leur hauteur n'est pas importante
- ponts-aqueducs nécessaires pour franchir des vallons ou des bras de mer en conservant une pente constante
- ponts-siphons (siphons inversés) pour passer des vallons importants avec mise en charge des conduites

On trouve le creusement de tunnels parmi les aménagements hydrauliques faits par les Hébreux pour l'alimentation en eau de la ville forteresse de Megiddo.

Sennachérib a fait construire un aqueduc pour alimenter la ville de Ninive pour lequel il a fait construire un pont-aqueduc à Jerwan de 280 m de longueur. Il est le plus ancien connu. Cette technique a été utilisée par les Phéniciens pour amener de l'eau douce du Kasimieh à Tyr. Des Phéniciens, cette technique serait passée aux Grecs et aux Étrusques, puis aux Romains.

Dans la Grèce antique, l'eau de source, l'eau de puits et l'eau de pluie ont commencé à être utilisé très tôt. A cause de l'expansion de la population urbaine, la Grèce a été forcée de stocker l'eau dans des puits et de la transporter à la population par l'intermédiaire d'un réseau de distribution. L'eau utilisée était emportée dans les égouts avec l'eau de pluie. La Grèce furent les premiers à s'intéresser à la qualité de l'eau. Ils utilisaient des bassins aérés pour purifier l'eau.

D'Athènes à Rome, les méthodes vont évoluer, s'affiner.

Les Romains furent les plus grands architectes et constructeurs de réseaux de distribution d'eau. Ils cherchèrent à systématiser la fourniture en eau, pour que le luxe devienne accessible.

Ils s'approvisionnaient en eau grâce aux rivières, aux sources ou aux eaux souterraines. Les Romains ont construit des barrages dans les fleuves, afin de former des lacs. L'eau de lac était aérée puis fourni à la population. L'eau de montagne était le type d'eau le plus populaire, grâce à sa qualité.

Pour le transport de l'eau, les aqueducs furent une invention déterminante. Ils vont permettre de transporter l'eau sur des dizaines, voir des centaines de kilomètres depuis les montagnes jusqu'aux villes. Ces ouvrages reposent sur le principes de la gravité, la source étant toujours située plus en altitude que le point d'arrivée du réseau. Le long de ce parcours, de nombreux points de contrôle sont dédiés à l'entretien et au nettoyage des installations. L'eau des aqueducs se déverse dans de grandes citernes pour être répartie dans la ville par l'intermédiaire de tuyaux en bois, terre cuite ou en plomb. L'eau est acheminée à travers la ville, vers les fontaines publiques, les demeures de l'empereur et des notables et les thermes. L'extraction de l'eau était protégée contre les polluants extérieurs. Après la chute de l'empire romain, le système des aqueducs est abandonné. Cet abandon est-il dû au problème de saturnisme lié à la présence de plomb dans les réseau ?



*L'aqueduc de l'Eifel (Allemagne) était un des plus longs aqueducs de l'Empire romain. Il montre l'avancement des capacités des architectes romains. (construit en 80 après J.-C.). Il acheminait l'eau sur 95 km (130km en prenant en compte toutes les ramifications) du massif de Eifel à la ville de Cologne. La construction est majoritairement souterraine, l'écoulement se fait uniquement par la force gravitationnelle.*



### *Le porteur d'Eau.*

*Ce porteur d'eau, à bien la mine  
De convertir son eau en vin,*

*Et d'en boire tant de chopine,  
Qu'il avalera tout son gain.*

Au Moyen-âge, de nombreuses villes sont apparues. Dans ces villes des installations en bois furent utilisées. L'eau était extraite des rivières ou des puits, ou depuis l'extérieur des villes. Rapidement, les conditions sont devenues non-hygiéniques, puisque les déchets et les excréments étaient déversés dans l'eau. Les personnes qui buvaient cette eau devenaient malades ou mourraient. Pour résoudre ce problème, les hommes ont commencé à boire de l'eau provenant de l'extérieur de la ville, ou les rivières n'étaient pas polluées. Cette eau était transportée dans la ville par les porteurs d'eau. Seules les personnes fortunées avaient recours aux porteurs d'eau, les plus modestes buvaient l'eau qu'ils trouvaient

L'alimentation en eau potable est également un sujet majeur au Japon.

L'abondance et la qualité généralement excellente de l'eau japonaise favorisent culturellement une collaboration naturelle entre l'Homme et ses ressources aquifères ; on utilise l'eau avec sagesse.

Le réseau d'alimentation en eau de Tokyo est assez ancien, il date de 1590 avec le projet intitulé Koishikawa Josui. Une technologie plutôt avancée pour l'époque : des conduites ou des tuyaux de bois ou de pierre transportaient l'eau jusqu'à des citernes, un système de siphons lui permettant le cas échéant de couler vers le haut ; des tuyaux furent installés dans le lit des rivières, et un réseau de conduites principales fut mis en place à travers la ville. De nombreuses citernes permettaient aux habitants de puiser leur eau à boire ou pour le nettoyage. C'était presque aussi pratique que de tourner un robinet de nos jours: chacun avait accès à autant d'eau que désiré, n'importe quand.



*Conduite enterrée en pierres qui faisait autrefois partie du réseau d'alimentation Kanda Josui, développé et construit par Koishikawa Josui (Alimentation en eau de la Koishikawa). Déplacée et reconstruite sur le site actuel.*



*Conduite de bois servant autrefois à fournir de l'eau aux habitants d'Edo (Tokyo). Faite d'une essence réputée pour sa solidité et construite de manière à être étanche.*



*Vestiges d'une citerne du vieil Edo (Tokyo), qui se présentait enterrée jusqu'aux deux-tiers environ. L'eau y arrivait au moyen de conduites, et s'y accumulait en attendant de servir.*



名水江戸百景  
上水橋  
徳川画

名水江戸百景

徳川画

Utagawa Hiroshige

« A Paris, du XVI<sup>e</sup> siècle au XVIII<sup>e</sup>, la batellerie et le commerce exigent des aménagements, construction de ports et de quais, qui ne favorisent pas l'activité des porteurs d'eau. L'évacuation des détritiques domestiques et hospitaliers dans l'eau de la Seine, les eaux résiduelles des teinturiers des blanchisseurs de toile des corroyeurs et des tanneurs des bouchers, coulent aussi à la rivière directement ou par la Bièvre que toutes les descriptions peignent comme un cloaque, exigent de la municipalité parisienne une politique de surveillance qui se traduit dans les ordonnances et des sentences constamment réitérées »  
Extrait de l'article de Daniel Roche Le temps de l'eau rare de Moyen Age à l'époque moderne.

Les périodes de la Renaissance et du siècle des lumières correspondent à une prise de conscience politique et écologique. L'eau de bonne qualité est rare et on peine à la stocker et surtout à la répartir intelligemment partout et pour tous. Il n'y a pas de stockage entre la source et la fontaine, l'écoulement se fait de manière continue, par gravité. Une petite fontaine à bec versoir représente environ 10 à 20 m<sup>3</sup>/jour. L'eau passe de fontaine en fontaine, avec une répartition qui va de la plus pure à la moins noble (eau potable, humains, animaux, agriculture..). On prend alors conscience de l'intérêt de préserver la ressource en l'économisant. La pollution de l'eau devient également de plus en plus problématique avec les conséquences sur la santé. Désormais visible, la pollution excède la population et inquiète l'élite par son ampleur. On cherche à assainir l'eau, à mieux la distribuer tout en établissant des normes d'hygiène plus strictes.

En 1778, la compagnie des eaux de Paris est créée, sa mission apporter l'eau à chaque habitation par l'entremise de l'eau de la Seine. Vu l'ampleur de la tâche, la compagnie fait faillite. Napoléon Bonaparte entreprend de creuser le canal de l'Ourcq et installe des fontaines dans toutes les cours d'habitation de la capitale. Les porteurs d'eau vestiges du moyen-âge sont toujours présents, ils assurent tant bien que mal le ravitaillement des bourgeois.



*Seaux de porteurs d'eaux devant la fontaine des Moulins, Paris 1866.*

Le 14 décembre 1853, Napoléon III signe le décret officialisant la naissance de la compagnie générale des eaux. Point de départ, des grands travaux à Lyon, à Nantes, Bordeaux et Paris.

Pour l'approvisionnement, se créer des bassins de rétention, tel que le réservoir de Passy à Paris, construit en 1858 et stockant 60 000m<sup>3</sup> d'eau. L'approvisionnement de l'eau se normalise. Mais à la fin du 19ème siècle, et les avancées scientifiques, on finira pas décréter cette eau impropre à la consommation. Depuis la nuit des temps, les hommes se méfient de l'eau qu'ils boivent autant qu'ils en connaissent le caractère précieux.

Le premier système d'approvisionnement en eau potable, filtrée par sable de silice, pour alimenter une ville entière fut construit à Paisley, en Ecosse en 1804 par John Gibb, dans le but d'approvisionner en eau sa blanchisserie et la ville entière.

**A Paris, en 1806, il y eu un grand projet d'installation de traitement de l'eau, travail sur la potabilisation. L'eau était décantée pendant 12 heures avant d'être filtrée. Les filtres étaient constitués de sable et de charbon de bois et étaient remplacés toutes les 6 heures.**

En 1827, l'anglais James Simpson améliore le filtre mis au point par Gibb et installé la première alimentation en eau publique au monde pour la société Aqueduc de Chelsea.

**L'arrivée de l'eau courante à domicile de la quasi-totalité des habitations françaises est assez récente puisqu'elle date de la fin des années 1980.**

LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

L'EAU DOMESTIQUEE

L'EAU ET L'HYGIENE



**« Nous buvons 90 % de nos maladies »**

*Louis Pasteur*

Le terme "hygiène" provient du nom de la déesse de la santé Hygie, fille d'Esculape (Asclépios), dieu guérisseur chez les grecs. Son rôle était d'enseigner les manières les plus saines à adopter au quotidien. L'étymologie souligne donc le lien existant entre l'hygiène et la prévention en matière de santé.

Ce lien entre santé et eau se retrouve dans ses attributs : la patère, coupe antique et le serpent, qu'on retrouve sur le caducée des médecins.



Les grands principes de l'hygiène sont connus depuis l'antiquité. L'usage du bain était répandu dans les plus anciennes civilisations humaines. On retrouve sa trace chez les Egyptiens, les Hébreux, les Assyriens, les Perses et les Chinois. Dans la plupart des cas, le bain était intimement lié aux préceptes religieux et à la symbolique purificatrice de l'eau. L'histoire des bains publics commence en Grèce, au VI<sup>e</sup> siècle avant notre ère, avec la pratique de l'entraînement physique (la pratique du sport étant l'une des caractéristiques de la civilisation grecque antique). Les installations sont contiguës au gymnase.

Le bain permettait ainsi de se détendre après l'effort musculaire.

A l'origine, les bains étaient froids. Les bains chauds ayant mauvaise réputation, suspectés d'amollir le corps tandis que l'eau froide "aguerrit le caractère".

Mais l'usage des huiles et du sable (les athlètes s'enduisaient de sable pour retenir la transpiration) justifient les bains d'eau chaude, ce sont les premiers bains de vapeur.

Les établissements de bains grecs étaient des lieux où l'on pouvait se retrouver pour s'adonner surtout à l'exercice physique, mais aussi se restaurer et discuter de sujets philosophiques.

De tous les vestiges encore visibles dans un grand nombre de villes de l'Empire romain, les thermes (thermae, mot d'origine grecque qui signifie chaud) comptent parmi les plus impressionnants témoignages de l'art architectural.

L'existence de thermes fut facilitée par la maîtrise des ingénieurs romains d'un bon nombre des principes d'hydraulique et de distribution d'eau. La quantité d'eau était importante pour approvisionner ces thermes gigantesques : la capter, l'acheminer par des aqueducs et la stocker dans de monumentales citernes...

Chiffre édifiant : la consommation quotidienne d'eau par habitant s'élevait environ à 1 000 litres dans la Rome antique... contre environ 137 litres en France de nos jours (source Ifen 2002).

On peut encore aujourd'hui admirer les ruines monumentales des thermes de Dioclétien (qui recevaient plus de 3 000 baigneurs sur 150 000 m<sup>2</sup>) et celles des thermes de Caracalla.

Les thermes romains, gratuits, mêlaient toutes les couches sociales de la population et constituaient l'une des principales sources de loisirs offertes aux citoyens de Rome. Si les Romains se rendaient aux thermes pour l'hygiène corporelle et les soins complets du corps, ces lieux avaient aussi une fonction sociale importante : les thermes faisaient partie intégrante de la vie urbaine romaine. On s'y lavait, on s'y reposait, on y faisait du sport, on se cultivait dans les bibliothèques contiguës, on y rencontrait ses amis, on pouvait aussi y traiter des affaires ou se restaurer.

Les thermes de Cluny, thermes gallo-romains (I<sup>er</sup>-III<sup>e</sup> siècles) à Paris, sont l'un des témoignages les plus spectaculaires de l'architecture antique conservé sur le sol de la Gaule.

Contrairement à certaines idées reçues, le Moyen Age fait une bonne place à l'hygiène.

L'hygiène redevient même un art de vivre : on se lavait pour être propre, mais aussi par plaisir. Se laver, se baigner, était donc une habitude dans les villes du Moyen Age. On allait alors "aux étuves". Les bains publics sont mixtes et l'on s'y baignait nu. Si, pour l'essentiel de la population, il s'agissait avant tout de se nettoyer, certains y recherchaient également plaisir et volupté.

Les petites cuves (baignoires) pouvaient accueillir des couples et dans les grandes cuves plusieurs personnes. Des collations étaient servies. Des chambres à coucher, permettaient aux baigneurs « de se reposer ».

A la fin du 15<sup>e</sup> siècle les bains publics ont mauvaise réputation et ferment peu à peu, l'épidémie de peste et l'apparition de la syphilis condamnent les plaisirs du bain, le mot d'ordre devient ainsi : "Estuves et bains, je vous en prie, fuyez-les ou vous mourrez". déclaration de Guillaume Bunel en 1513 (Professeur de la Faculté de Médecine de Toulouse).



# DE LA RENAISSANCE AU XVIII<sup>ème</sup> SIÈCLE : L'APPARENCE PRIME SUR LA PROPRETÉ

« ... La toilette de Louis XIV, décrite par le Duc de Saint-Simon, met en évidence l'absence de l'eau. Le seul rituel de lavage qu'observe le Roi-Soleil consiste à se rincer les mains avec de l'esprit de vin. C'est que la toilette au XVII<sup>e</sup> siècle obéit à de tout autres repères que les nôtres. Elle cherche précisément à éviter l'eau, considérée comme nocive, mais elle fait, en revanche, une très large place aux produits odorants. »

Annick Le Guérer, "Les parfums à Versailles aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles. Approche épistémologique", dans Odeurs et Parfums, éditions du Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Paris, 1999. Article édité en ligne sur Cour de France.fr le 1<sup>er</sup> juin 2008.

A partir de la fin de la Renaissance, les bains disparaissent. Plus question de chanter les louanges du bain : il faut se méfier de l'eau et n'en user que très modérément.

Par réaction, les médecins commencent à penser que le bain lui-même est malfaisant pour le corps, que les miasmes de la nature pénètrent d'autant plus facilement à l'intérieur du corps, que les pores sont dilatés sous l'effet de la chaleur, laissant un libre passage aux maladies. La toilette se résume à des gestes d'ablutions du visage et des mains.

A la place, on va se parer. Les parfums, poudres et autres pommades, venus d'Italie sont à la mode. Plutôt que d'éliminer la saleté, on en camoufle l'odeur en usant d'artifices. La propreté est celle du linge, non celle du corps, à Versailles on change de toilette 5 fois par jour. Se développe alors la "toilette sèche", en se frottant avec des linges.

L'apparence prime sur la propreté réelle des corps.



Ce repli progressif de l'hygiène corporelle perdurera jusqu'à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Dans les années 1770, Paris, dont la population représentait alors moins de 500 000 personnes, comptait neuf établissements de bains. Ces établissements vont se multiplier au XIX<sup>e</sup> siècle et associeront pour une grande part d'entre eux des piscines avec des cabinets de bain.

La surmortalité urbaine, identifiée dès le XVIII<sup>e</sup> siècle est un sujet de préoccupation majeur : on vit moins longtemps en ville qu'à la campagne. Les médecins, attribuent au milieu (aux airs, aux eaux et aux sols) la responsabilité de cette surmortalité : la ville se comporte comme un marais artificiel. Ville insalubre : jonchée d'eaux stagnantes, de déjections humaines et animales, de résidus des activités industrielles , avec des rues étroites empêchant le renouvellement de son air.

Pour faire face, les médecins, relayés par les architectes et les ingénieurs, proposent une rectification complète de l'espace urbain fondée sur la séparation des éléments (air, eau, sol), l'utilisation d'une eau propre et courante pour le nettoyage urbain, l'évacuation rapide et souterraine des eaux sales et/ou pluviales, le renouvellement de l'air. Cette rectification de « la distribution vicieuse des villes » (Patte, 1769) place la circulation au cœur du projet de transformation urbaine. La place de l'eau en ville est alors profondément transformée.

Dans les villes les plus précocement équipées et donc rectifiées – Paris, Toulouse, Dijon en France , l'espace urbain est asséché. L'eau ne court qu'une heure par jour dans les nouveaux caniveaux, et très vite rejoint l'égout. Le revêtement des rues (pavés, macadam, puis, au tournant du XIX<sup>e</sup> siècle, goudron) contribuent à leur imperméabilisation. Les petites rivières urbaines sont transformées en égouts et enterées. Celles qui ont une fonction de transport sont canalisées. Des quais sont construits de façon à limiter l'insalubrité des berges et à fluidifier le trafic (Barles et Guillerme, 2014). De tout ceci émerge une distinction nette entre eaux utiles (courantes) et eaux nuisibles (eaux stagnantes, eaux usées, eaux de ruissellement, certaines eaux souterraines) et un déploiement infrastructurel qui marque profondément l'espace comme le milieu urbain. Ces nouveaux aménagements permettent la libération de l'espace urbain des contraintes hydrologiques, d'une meilleure fluidité de la circulation des urbains, puis des voitures. La chaussée bombée succède à la chaussée fendue à ruisseau central, image de la mise de côté de l'eau dans l'espace public.

*Les deux rives de la Seine à hauteur des Tuileries  
Gaspard Gobaut*



Ce n'est qu'à la fin du XIXe siècle, que l'hygiène commença réellement à reprendre ses droits mais l'ampleur de la tâche était conséquente : en 1850, un Français prenait en moyenne un bain tous les deux ans.

Il a longtemps fallu lutter contre de nombreux préjugés. Dans une société majoritairement rurale, beaucoup pensaient que la saleté constituait une protection contre l'intrusion des maladies. Le bain était considéré comme une forme d'agression du corps, voire une menace pour la santé. De plus, une odeur forte pour les hommes était considérée comme un signe de puissance.

L'amélioration progressive de l'hygiène a permis un allongement de l'espérance de vie. Dans le domaine de l'eau, les nouvelles préoccupations sanitaires ont contribué au développement des adductions d'eau, de l'évacuation des eaux usées, du traitement de l'eau potable et ont encouragé l'hygiène corporelle.

Le revers de l'hygiénisme est cependant le rejet aux marges des villes des nuisances et autres pollutions. Les cours d'eau sont considérés comme l'exutoire naturel des eaux usées. La capacité d'autoépuration est d'abord considérée comme pouvant venir à bout de ces contaminations (Dmitrieva, 2017), mais montre ses limites. Les promoteurs des réseaux dénoncent cette situation – par exemple Koch, quand il titre le second volume de son Assainissement des agglomérations, « La protection des milieux naturels et le traitement des effluents urbains » (Koch, 1935). S'y ajoute le très lent déploiement de ces infrastructures à l'échelle

nationale : en 1946, on estime que 12 % des immeubles sont raccordés à l'égout, soit 20 % de la population (Loriferne, 1987, p. 53) et l'on compte à peine cinquante stations d'épuration en France en 1950 (Chocat, 1997, p. 395). Le constat de la dégradation de la ressource conduit en 1964 au vote de la loi relative au régime et à la répartition des eaux, et à la lutte contre leur pollution (loi no 64-1245 du 16 décembre 1964). Cependant, celle-ci ignore les eaux pluviales, généralement considérées comme non contaminées, bien que leur canalisation ait été précisément motivée par des considérations de salubrité.

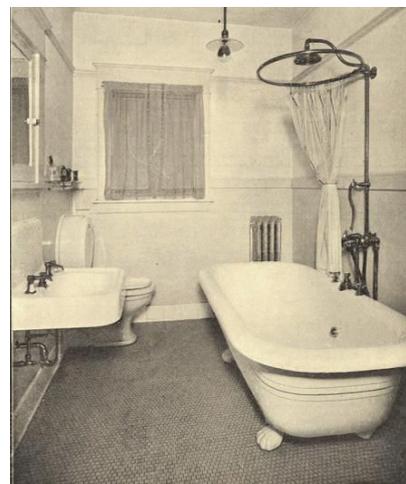
## SALLE DE BAIN

**1978: 1 logement sur 4 en possède une**

**2011: 99% des logements sont équipés**

La culture de l'hygiène est peu à peu diffusée, à partir de la fin du XIXe siècle, par le corps médical, l'armée et les différents mouvements syndicaux. Les médecins s'approprient très vite le discours de "l'hygiène nouvelle", concept novateur pour l'époque. Ils ont une influence décisive en matière d'information et "d'hygiénisation" de la population, luttant en cela contre les anciennes croyances. Les instituteurs ont, quant à eux, favorisé l'acculturation progressive de générations d'enfants en matière d'hygiène corporelle. Signe des temps, dès 1883, l'école de Jules Ferry supprime la leçon de catéchisme pour la remplacer par la leçon d'hygiène. La "visite de propreté" effectuée chaque matin par l'instituteur dans la classe est instaurée.

Ainsi, les symboles de notre hygiène vont peu à peu se répandre dans la population. La salle de bain, dans sa conception moderne, est d'origine britannique. Elle est une pièce toute entière consacrée à la toilette.



## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'EAU DOMESTIQUEE

#### LA GESTION DES EAUX USEES ET DES EAUX PLUVIALES

Avec l'accroissement des populations, des interrogations sur les eaux usées ont commencés à se poser. Comment les évacuer, les collecter et les nettoyer ? En effet, la dépollution des eaux usées est devenu un sujet préoccupant au fil de l'Histoire.

- De -2500 à -1 500 av. J.C : dans la Vallée de l'Indus, les eaux usées étaient accueillies dans de petites fosses creusées au bas des murs des maisons, puis transférées vers un réseau de canalisations situé sous terre et recouvert de briques. Ce réseau menait à un système plus grand d'égouts, qui rejetait les eaux usées hors de l'agglomération.
- VIe siècle av. J.C / La « Cloaca Maxima » : bâti sous le règne de Tarquin L'Ancien, ce grand collecteur avait pour mission de drainer les marais. Il accueillait les eaux pluviales et les eaux usées de Rome et les versait dans le Tibre.
- Fostat et Constantinople : la cité égyptienne et l'ancienne Byzance, construites suivant le modèle de Rome, ont bâties des maisons dotées de fosses d'aisance ou de latrines. Au IIIe siècle, ces ouvrages furent délaissés pour des raisons politiques et financières.
- Du moyen-âge au XIXe siècle : les systèmes d'évacuation des eaux sales mis au point par les Romains, ne s'utilisent plus en Europe.

La question de l'évacuation des eaux usées s'est posée dès que les premières civilisations ont créé les premières villes. Des égouts existaient, il y a longtemps à Athènes, à Jérusalem, en Inde.

A Rome, par exemple, le premier système d'égout est construit vers 600 avant notre ère par le roi Tarquin l'Ancien. Les romains prévoyaient des infrastructures souterraines lorsqu'ils bâtissaient une ville pour l'évacuation des égouts.



*Latrines romaines à Ostie*

Pour les maisons isolées ou les habitations d'un hameau, jusqu'au milieu du XXe siècle, les solutions ont toujours été simples. La terre absorbait les eaux sales rejetées à sa surface, comme les eaux pluviales provenant des toits. Parfois, les eaux usées sont conduites à des puits perdus creusés dans des terrains perméables. L'évacuation pose des problèmes lorsque les gens habitent dans des bourgs et des villes. Au Moyen Age, des tuyaux accolés aux murs des maisons conduisent les eaux usées sur les chaussées. S'il n'y a pas de tuyau, les eaux usées sont jetées dans la rue par la fenêtre. Une rue pavée est creusée en son milieu et les eaux s'écoulent dans ce caniveau central. Les notions de salubrité étaient souvent négligées. La majorité des maisons ne disposent pas de fosse d'aisance. Cette situation reste inchangée jusqu'au XIXe siècle et mène à plusieurs épidémies à travers l'Europe.

La première rue avec un trottoir et un caniveau de chaque côté est aménagée à Paris en 1782. Les eaux s'écoulent suivant la pente naturelle vers un ruisseau, un cours d'eau ou un égout à ciel ouvert. Des ruisseaux sont devenus des égouts avec l'augmentation de la population. Les abbayes possèdent des systèmes d'égouts très développés, mais dans les villes, l'évacuation des eaux usées et des ordures ne fait pas partie des priorités.

Dans les grandes villes d'Europe, c'est au milieu du XIXe siècle que les premiers réseaux d'assainissement modernes firent leur apparition, prenant ainsi en compte l'enjeu et les risques encourus sur la santé publique. Plus d'un siècle plus tard, l'équipement de toutes les agglomérations n'est pas encore achevé. Quand l'eau est distribuée dans les appartements, la quantité utilisée augmente fortement. Il faut donc un réseau d'évacuation efficace. C'est ce que l'ingénieur Belgrand et le préfet Haussmann réalisent à Paris, à partir de 1850, sur le modèle de ce qui existe en Angleterre. Les travaux de l'ingénieur Belgrand ont permis d'évacuer les eaux usées en les rejetant dans la Seine, loin des points de puisage au nord-ouest de la capitale.

En 1833, le premier réseau rationnel d'égouts est créé pour recueillir les eaux de pluies et celles du nettoyage des rues, déversées par les bornes fontaines. Les égouts peu à peu permettent à l'eau de circuler sous la ville qui parallèlement se développe et respire : ses déchets sont drainés par le réseau souterrain qui la débarrasse de ses eaux usées, acheminées vers les champs d'épandage pour fertiliser les cultures autour de la capitale.

En 1867, pendant l'Exposition universelle, le grand public peut visiter les égouts dans des galeries dont la hauteur a été augmentée pour faciliter le travail des hommes.

En 1894, c'est le tout-à-l'égout : les égouts de Paris, réseau unitaire, entraînent désormais les matières solides avec les eaux usées et les eaux de ruissellement. L'irrigation à partir des eaux usées est de plus en plus utilisée, jusqu'en 1909 où elle commencera à décroître.

En 1898, première grande loi sur l'eau pour organiser les différents usages de l'eau qui se sont largement développés avec la révolution industrielle. L'État intervient pour la première fois pour réglementer des usages par un système d'autorisation de type "police des eaux". Il s'agit de veiller à ce que le développement industriel reste compatible avec des impératifs de salubrité et donc de sécurité publique.

## **La généralisation de la canalisation souterraine des eaux pluviales contribue à l'artificialisation de l'espace urbain.**

La circulation souterraine dessine des bassins versants plus ou moins indépendants de la topographie urbaine, tandis que la régulation généralisée des cours d'eau en fait des canaux plus que des rivières. L'ensemble donne une illustration parfaite de l'entreprise de travaux publics telle qu'elle est définie par Henri Masson en 1945 : « son rôle est essentiellement de violenter la nature pour l'asservir aux besoins des hommes. L'entrepreneur est, en effet, toujours en lutte avec la nature qu'il modifie ou transforme pour la remplacer par ses propres ouvrages » (Masson, 1945).

Les années 1970 interrogent le modèle des infrastructures en réseau. L'expansion urbaine de l'après-guerre met à l'épreuve des réseaux d'abord conçus pour les centres anciens denses. Ces réseaux anciens, situés en aval, sont sous-dimensionnés au regard des nouveaux volumes drainés par les zones urbaines périphériques récemment urbanisées, et provoquent des inondations par débordements et des rejets polluants dans les cours d'eau, dont l'état est extrêmement dégradé malgré la loi de 1964 (Carré et Lestel, 2017).

La conception des villes nouvelles de l'agglomération parisienne, sont l'occasion de nombreuses expérimentations. À Marne-la-Vallée par exemple, construite sur des territoires initialement agricoles, un système infrastructurel est créé quasiment ex nihilo. La solution des réseaux enterrés n'est pas envisageable car trop coûteuse et techniquement complexe sur ce territoire (sols argileux imperméables et à faibles pentes), les eaux pluviales seront gérées par un système d'évacuation en surface. Les ruisseaux existants ou créés fonctionnent comme de grands collecteurs à ciel ouvert ; ils sont jalonnés de bassins de retenue, capables d'accueillir un certain volume d'eau et en régulent l'écoulement jusqu'à la Marne (Barles, 2012). À cette époque, les réseaux d'évacuation des eaux pluviales sont considérés comme une entrave au développement urbain (IAURIF, 1982).

*La commission Loriferne marque le début des recherches autour de la maîtrise de l'eau pluviale en milieu urbain, soutenue par l'État – avec notamment le programme de recherche « L'eau dans la ville » du Plan urbain dans les années 1980 –, et la naissance de l'hydrologie urbaine. Un microcosme alliant recherche institutionnelle et universitaire, responsables territoriaux et professionnels, s'organise, notamment autour du Groupe de recherche Rhône-Alpes sur les infrastructures et l'eau (GRAIE), qui allie des missions de recherche, d'observation et d'action. Les techniques dites « alternatives au tout-réseau » ou « compensatoires à l'imperméabilisation » sont au cœur des réflexions menées. Elles permettent de retarder l'arrivée des eaux pluviales dans les réseaux et donc de réduire les dimensions des infrastructures ou bien d'éviter les débordements polluants. L'étude menée par l'IAURIF en 1982 sur « la maîtrise des ruissellements polluants » résume cette logique : « [n]e pouvant modifier les paramètres pluviométriques il faut diminuer l'importance des surfaces imperméables et retenir ou infiltrer une part de l'eau avant qu'elle n'atteigne le réseau » (IAURIF, 1982).*



Le panel de techniques alors élaboré varie très peu jusqu'à aujourd'hui : bassins de retenue à ciel ouvert ou enterrés, noues, tranchées drainantes, puits d'infiltration, toitures réservoirs ou végétalisées, revêtements poreux. Dans les années 1990, alors que la deuxième loi sur l'eau (loi no 92-3 du 3 janvier 1992) impose des procédures de gestion et des objectifs de réduction des pollutions aux communes urbaines, les techniques alternatives sont placées sous le sceau de la modernité. La volonté d'aller vers de l'innovation technique se retrouve au cœur de l'hydrologie urbaine des années 1990, dans la modélisation mathématique et le développement de la gestion dynamique ou en temps réel des réseaux (commande à distance des vannes grâce à un ordinateur central).

Les techniques alternatives et la réhabilitation des cours d'eau sont aussi l'occasion de compositions paysagères et de structuration du tissu urbain et sont présentées comme de véritables opportunités pour le cadre de vie urbain.

Dans cette période des premiers sommets environnementaux internationaux, les gestionnaires considèrent que les citoyens ont un désir croissant d'accès à la nature. Les bassins sont donc perçus comme des espaces attractifs. Pour les urbanistes, ce sont des aires de loisirs et de sport, équipement vert de l'habitat nouveau. Les rues forment les épines dorsales des cheminements piétonniers selon un modèle urbain proche de la cité-jardin avec une hiérarchisation des voies typique de l'époque moderniste.

À la fin de la période, on retrouve ces principes de maillage de l'espace en surface, et de différenciation des systèmes techniques selon l'intensité des pluies. La chaussée en V plutôt que bombée, les seuils des maisons rehaussés, la trame viaire qui suit la topographie pour conduire l'eau vers des espaces verts stockants et infiltrants, tous ces éléments intègrent la gestion de la pluie à la conception de l'espace urbain et de l'habitat.

Les cours d'eau sont également investis comme éléments du cadre de vie : le GRAIE s'intéresse à la valorisation des rivières en ville et en banlieue dès les années 1980.

L'aménagement des plans et cours d'eau est teinté, dès les années 1980, de notions d'écologie, avec la prise en compte des propriétés des végétaux. Les berges doivent être sinueuses, des îles créent des refuges pour les oiseaux, à l'abri des promeneurs. Les écosystèmes jouent un rôle bénéfique pour la qualité de l'eau.



La stagnation et les écosystèmes sont utilisés pour son épuration. La bonne capacité d'auto-épuration du bassin est liée à un écosystème diversifié et équilibré.

Les techniques fondées sur des savoirs écologiques trouvent aussi une application dans l'aménagement des berges. Les propriétés physiques du végétal sont mises à profit pour conforter les berges : le végétal absorbe et disperse l'énergie du cours d'eau, au contraire du béton qui la répercute et donc s'érode. Les techniques du génie végétal mélangent approches hydraulique et écologique, utilisant des milieux ripariens spécifiques, légèrement restructurés par des bois, pieux, boutures, pierres et tissus ou filets.

La loi sur l'eau de 1992 impose un niveau de traitement des effluents urbains et cherche à territorialiser la gestion de l'eau avec l'instauration d'outils de planification (mise en place des schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux), avec la « gestion équilibrée de la ressource » (Hellier et al., 2009). La directive-cadre européenne (DCE) de 2000 (directive 2000/60/CE), complétée par la loi sur l'eau et les milieux aquatiques de 2006 (loi no 2006-1772 du 30 décembre 2006), va plus loin. Elle instaure l'objectif du « bon état écologique des masses d'eau », étant désormais admis qu'il est nécessaire à la préservation de la ressource : des critères écologiques – présence d'habitats et d'espèces de faune et de flore dans les cours d'eau – s'ajoutent aux exigences de qualité. Les gestionnaires ont pour la première fois des contraintes, non pas de moyens, mais de résultats (Bouleau, 2017).

## **La ville est considérée comme parasitaire dans le cycle de l'eau depuis les années 1970. En s'étalant, elle imperméabilise les sols et dénature le cycle de l'eau.**

Des solutions sont cherchées dans les processus de fabrique urbaine : il s'agit de penser l'aménagement de l'eau en amont des projets urbains, et d'intégrer son assainissement à la planification urbaine. Cette approche est renforcée par le tournant législatif de la DCE. L'exigence de bon état écologique des cours d'eau impose un contrôle plus strict des effluents urbains et une relecture écologique des réseaux hydrographiques. La conception des eaux pluviales comme polluées, et non plus seulement comme vecteur de pollution lors de pluies exceptionnelles, rend nécessaire la gestion en amont des bassins versants et des réseaux, tandis que l'emprise du tissu urbain sur les cours d'eau apparaît comme illégitime et contre-productive pour la maîtrise des variations des débits des cours d'eau.

## **La notion de « cycle de l'eau », prémisse de la plupart des modèles techniques développés, devient dans les années 2000 la matrice de la gestion de l'eau en ville.**

Elle doit permettre de solidariser enfin les différents secteurs de gestion (assainissement, protection contre les inondations, production d'eau potable, préservation des cours d'eau). Cependant, cette volonté de transversalité se traduit plutôt par une superposition de documents de planification dédiés à la gestion de l'eau par les systèmes infrastructurels à l'échelle urbaine, ou par les milieux à l'échelle des bassins versants, qu'à une « gestion du cycle de l'eau » indexée sur l'hydrologie, liant infrastructures historiques et gestion et protection des milieux.

La ville doit restaurer la perméabilité des sols, pour gérer les petites pluies, et stopper le drainage des pollutions des surfaces urbaines jusqu'aux cours d'eau. En effet, il est scientifiquement établi dans les années 2000 que les petites pluies qui ruissellent en milieu urbain atteignent les cours d'eau via les réseaux, après s'être concentrées en polluants. C'est leur concentration, les dépôts cumulatifs, le mélange avec les eaux usées, le nettoyage du réseau et la remise en suspension de ces dépôts qui peuvent provoquer des chocs de pollution » (CERTU, 2003). Ceci justifie de préférer à toutes autres techniques alternatives celles qui permettent l'infiltration directe des petites pluies, mais également de mettre en place, comme c'est pratiqué aux États-Unis depuis les années 1980 au moins, la régulation des débits rejetés par les parcelles dans les réseaux des collectivités. Des zonages associés aux règlements d'assainissement, d'abord au niveau départemental dans l'agglomération parisienne, limitent les rejets aux réseaux (Carré et Deutsch, 2015). L'assainissement n'est donc plus conçu selon la logique de temporisation et d'épuration de bout de tuyau, mais aussi selon une logique de réduction, voire de suppression des eaux ruisselées et d'intolérance à la pollution délétère, non plus pour les citoyens, mais pour les milieux aquatiques. Les techniques d'infiltration et de gestion de la pluie in situ cherchent à recréer, via des techniques rustiques de plus en plus tournées vers le végétal, le cheminement « naturel » – avant imperméabilisation des sols – de la pluie, en vue de protéger des milieux aquatiques devenus précieux pour la préservation de la ressource en eau et plus généralement de la biodiversité.

Les approches techniques fondées sur les sciences écologiques prennent de l'ampleur ; aux bienfaits des espaces aquatiques urbains, s'ajoutent la résilience climatique et la préservation de la biodiversité. La « connexion des milieux aquatiques au quartier doit être réalisée en ménageant une transition progressive entre milieu urbain – où la nature doit trouver sa place – et le cœur de la nature, à préserver de la pression urbaine » (CEREMA, 2015, « Intégrer les milieux humides dans l'aménagement d'un quartier »).

## Les milieux humides portent des réponses adéquates aux enjeux climatiques urbains, tels que l'îlot de chaleur.

L'exigence de bon état écologique bouleverse plus radicalement la conception des cours d'eau : le modèle de restauration hydromorphologique implique de revenir sur plus de deux siècles de rectification. Deux approches sont présentées : la restauration passive, « simple suppression des forces de dégradation (enrochements de protection de berges, barrages) [qui] suffira généralement pour que le cours d'eau se réajuste rapidement, tant du point de vue physique qu'écologique [...] » repose sur la dynamique naturelle du cours d'eau, tandis que la « restauration active [...] nécessaire sur les cours d'eau peu puissants, peu actifs et à faibles apports solides [...] nécessitera des travaux plus coûteux et donnera a priori des résultats moins spectaculaires » (Adam et al., 2007).

Les nouveaux dispositifs servant à aménager les eaux pluviales et les cours d'eau dans la ville peuvent être considérés soit comme une révolution culturelle, dans un espace urbain conçu à partir de sa minéralisation, soit comme une démonstration superficielle de prise en charge des enjeux environnementaux, de peu d'effet réel dans le système technique. L'analyse de l'évolution de la doctrine d'évacuation des eaux pluviales et d'aménagement des cours d'eau urbains nous offre quelques éléments de réponse, au moins pour ce qui est des réflexions à l'origine de ces nouveaux objets. Leur visibilité et leur végétalisation correspondent à un parti pris technique réel : les préceptes techniques tendent, depuis les années 2000, à considérer les milieux naturels comme plus efficaces que les dispositifs techniques classiques, car vecteurs d'une plus grande résilience de l'espace urbain, qui peut, par l'aménagement des écosystèmes, s'adapter aux variations climatiques et saisonnières, et restaurer ses ressources. Les milieux naturels font donc partie des infrastructures urbaines.



Bassin d'une zone humide dans un écoquartier à Rouen

## LA RELATION ENTRE L'HOMME ET L'EAU A TRAVERS LES AGES

### L'EAU DOMESTIQUEE

#### EXEMPLES DE GESTION TRADITIONNELLE DE L'EAU DANS LES PAYS ARIDES

Il s'agit d'un ensemble de techniques de captage des eaux souterraines au moyen de galeries drainantes. Cette technique est née en Iran, où elle porte le nom de qanât (ou qanat ou kanat).

On la nomme *fajjarah* en **Syrie**, *falj* (ou aflaj) en **Oman** et en **Arabie Saoudite**, *magara* en **Jordanie**, *foggara* en **Algérie**, *khettara* au **Maroc**, *kriga* (ou ngoula) en **Tunisie**, *taphet* au **Moyen-Orient**.

Des systèmes similaires sont appelés *karez* au **Pakistan** et au **Baloutchistan**, *kehriz* (ou kiariz) au **Turkménistan**.

## QANÂT, KHETTARA ET FOGGARA



*« La technique du qanat a très probablement été développée en Perse vers le début du 1er millénaire avant notre ère, puis elle se serait répandue lentement vers l'est et l'ouest. »*

*Alignement des puits  
de visite d'un qanat*

# Le cas Algérien : les foggaras

L'Algérie possède le plus grand désert (10 millions de m<sup>2</sup>) et la plus grande quantité d'eau souterraine du continent africain.

Il existe deux étages hydriques qui prédominent dans ces régions. La première est une nappe phréatique localisée à une profondeur proche de la surface. Elle se recharge avec les eaux superficielles, pluviales ou usées, peu utilisée en raison de son fort taux de salinité.

La seconde réserve, la plus importante, est la nappe albiennne, l'aquifère du Sahara septentrional. Cette réserve s'étend sur plus d'un million de km<sup>2</sup> sous l'Algérie, la Tunisie et la Libye. Elle recèle environ 31 000 milliards de m<sup>3</sup> d'eau. Ces chiffres sont à prendre avec précaution, les eaux souterraines n'étant pas vraiment quantifiables.

Dans le sud du pays, le Sahara qui semble si hostile et aride, est en réalité un des endroits du monde où l'être humain a fait preuve de la plus grande ingéniosité en capturant l'eau sans autre énergie que la gravitation.

Les foggaras sont des galeries souterraines drainantes, creusées avec une faible pente (de 1 à 2%) d'amont en aval, assez hautes et larges pour qu'un homme puisse y circuler sans trop de difficulté.

L'écoulement de l'eau en provenance de la nappe albiennne (nappe du Continental Intercalaire, l'eau provient principalement du plateau de Tadamaït) est gravitaire. Au départ, cela fonctionne comme des drains qui collectent l'eau dans la roche réservoir. Ces foggaras peuvent avoir plus de 10 km de longueur. Elles sont équipées de puits d'aération qui ont servi au creusement des galeries ainsi qu'à leur entretien et comme cheminées d'aération par où se dégage la vapeur d'eau qui risquerait, par condensation et corrosion chimique, de faire ébouler la voûte de la galerie.

La foggara draine la nappe d'eau grâce à la différence de pression qui existe entre la galerie drainante et la surface de la nappe aquifère. Le débit drainé est proportionnel à la hauteur rabattue de la nappe d'eau.

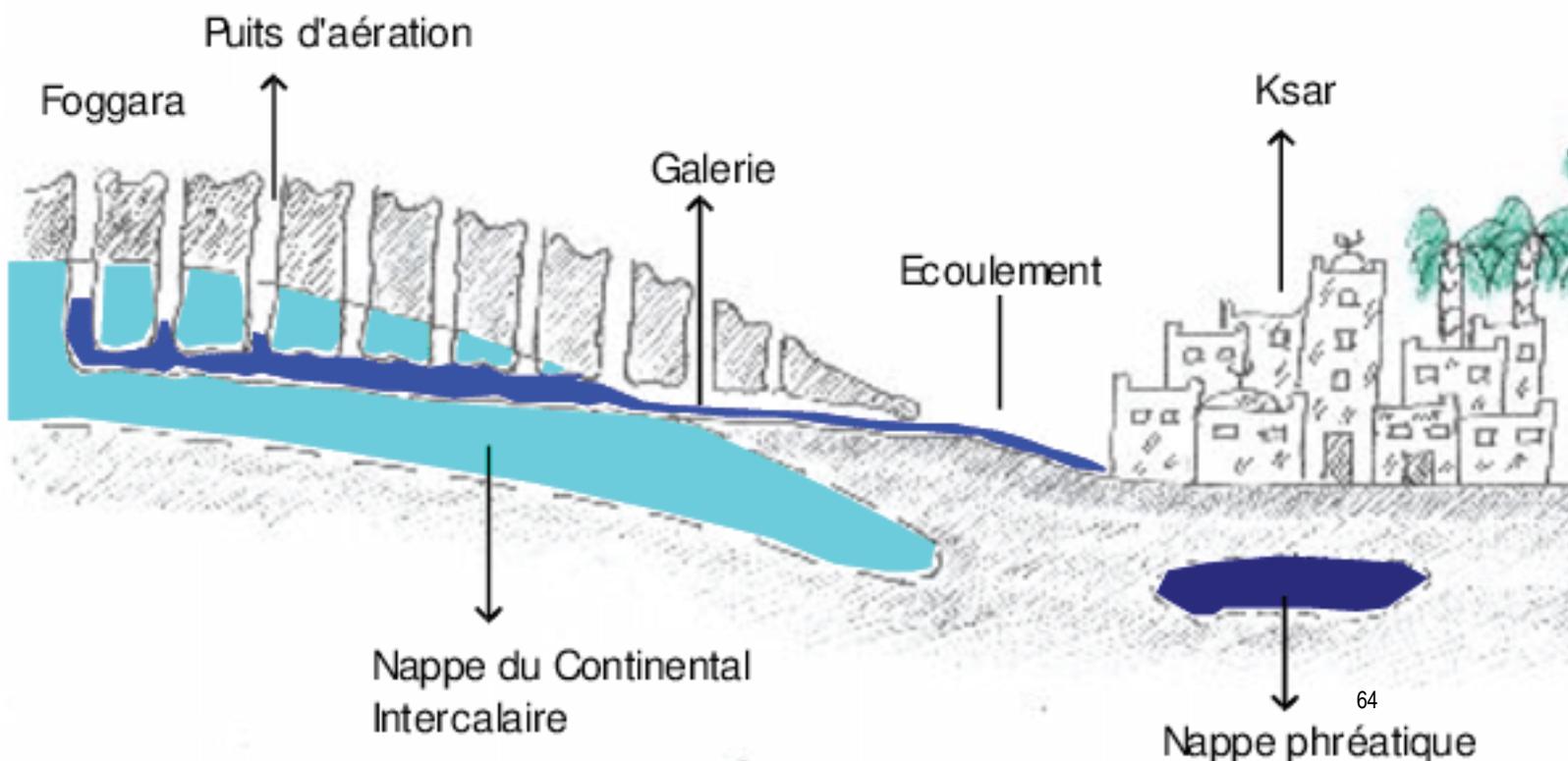
Sa galerie est divisée en deux parties : En amont, la longueur drainante à l'intérieur de la nappe et en aval, la longueur de transport qui amène l'eau vers la surface.

La répartition de l'eau se fait par un système de peignes (kasria ou qasri) installés dans la partie la plus élevée de la palmeraie ou du Ksar ( construits en briques d'adobe).

Chaque famille achemine ensuite sa part d'eau vers son jardin, par un système de canalisations appelées séguias (autrefois taillés dans le grès).

Il existe environ un millier de foggaras. Le peu d'entre-elles qui sont encore entretenues le sont par les oasisiens qui continuent à cultiver.

*A Beni Abbes, la foggara est alimentée par une source. A Ghardaïa, dans la vallée de Mزاب, la foggara qui est unique en Algérie, a été conçue pour récupérer les eaux de crues des oueds. Le surplus de la crue, qui est imprévisible et se produit de plus en plus rarement, est récupéré en aval dans une retenue appelée ahbass pour réalimenter la nappe. L'eau est par conséquent redirigée vers le sous-sol. Un système ingénieux utilisant la capacité des aquifères à stocker et à filtrer l'eau boueuse de l'oued qui après son séjour sous-terre est alors potable et est puisée selon les besoins par des puits artésiens.*



Il existe environ un millier de foggaras. Le peu d'entre-elles qui sont encore entretenues le sont par les oasisiens qui continuent à cultiver.

L'ingéniosité du procédé réside dans sa conception et son adaptation aux conditions de la vie et du climat sahariens : il supprimait les corvées d'eau épuisantes, qui prenaient l'essentiel du temps des habitants, et assurait un approvisionnement à débit constant, sans risque de tarir la nappe d'eau et en limitant l'évaporation au minimum.

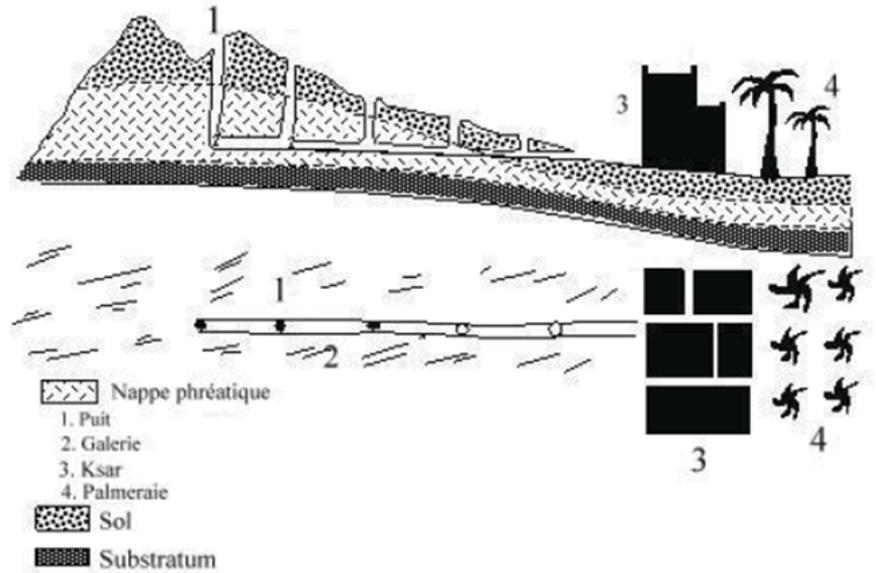


Schéma synoptique de la foggara des montagnes

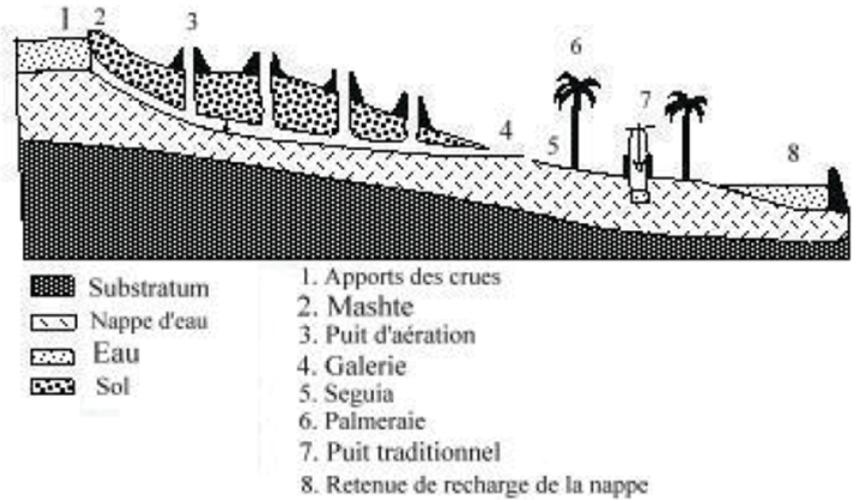


Schéma synoptique de la foggara des crues

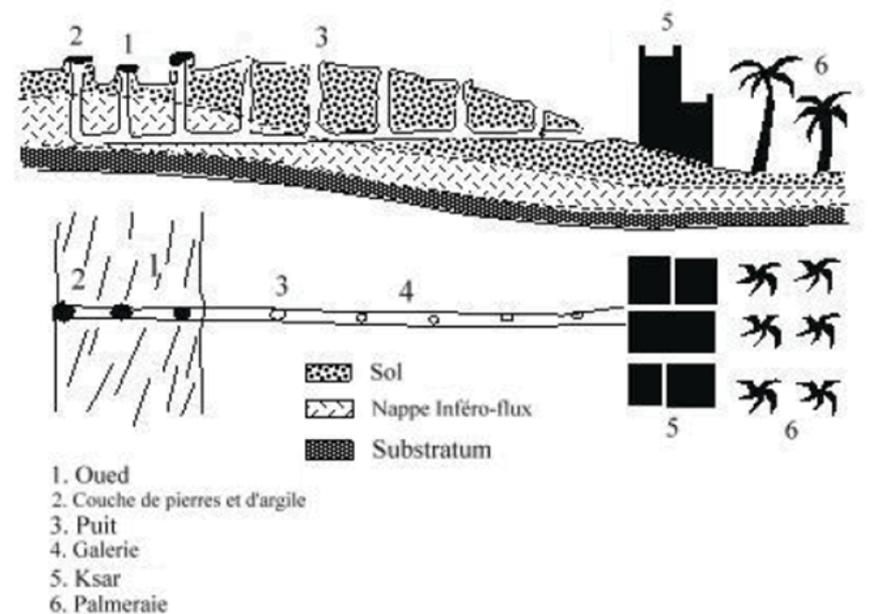
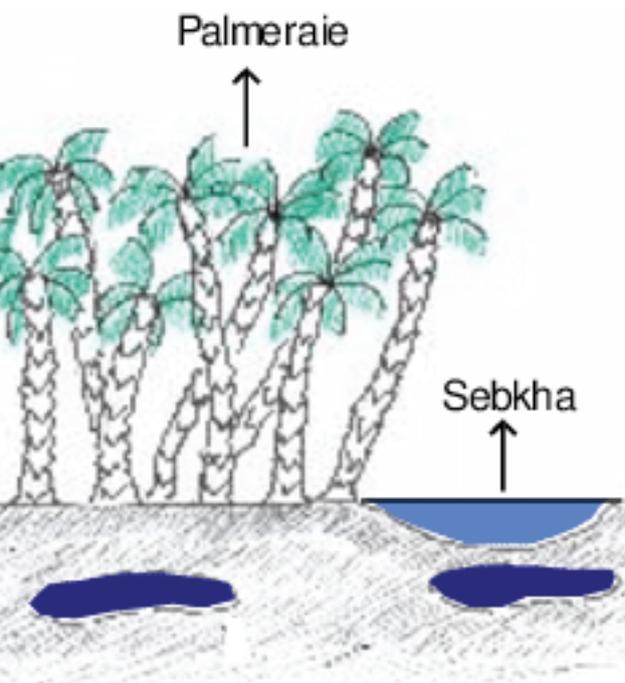


Schéma synoptique de la foggara des oueds (ex : vallée de Mزاب)

# D1

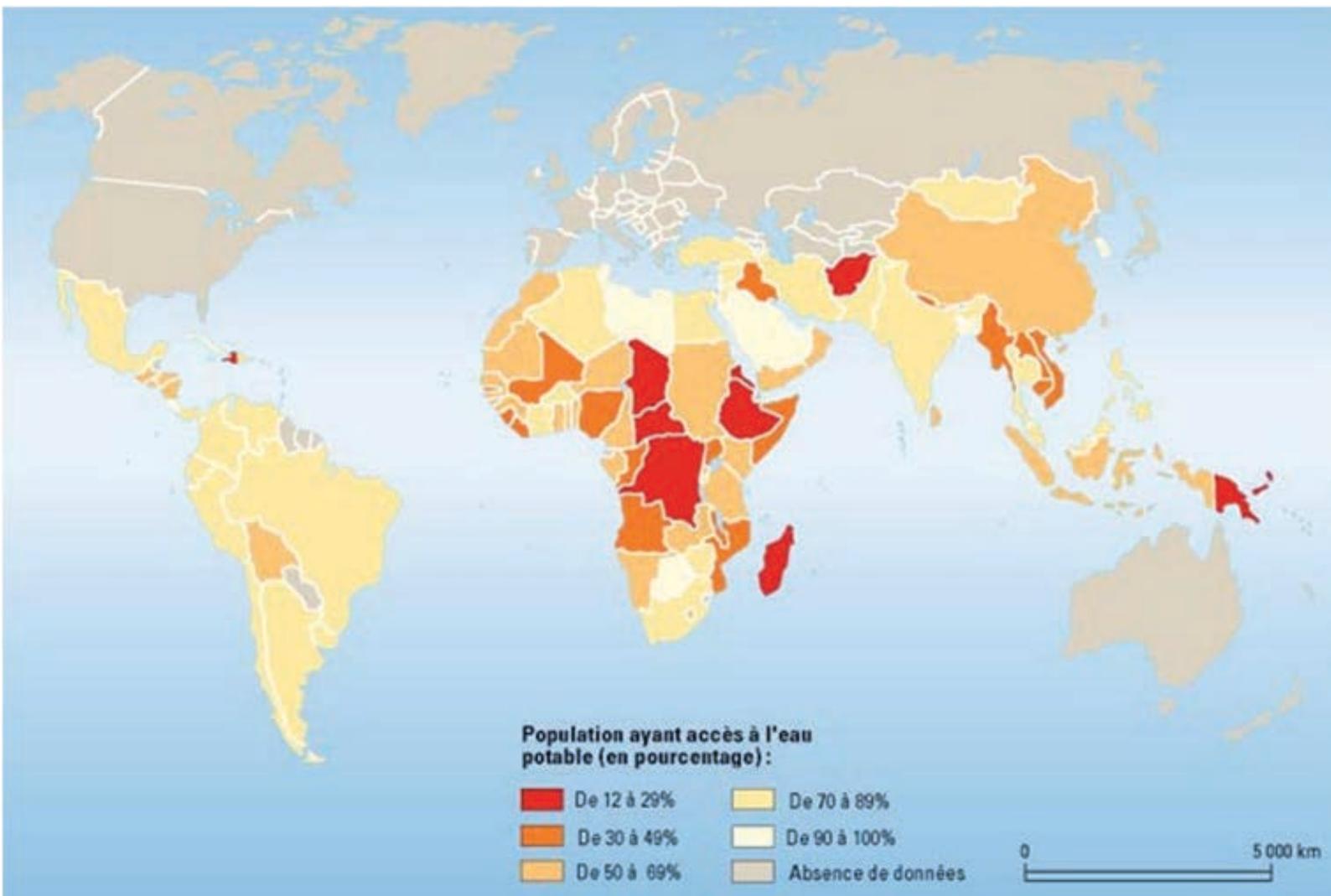
## DISPARITE DE LA RESSOURCE SUR TERRE

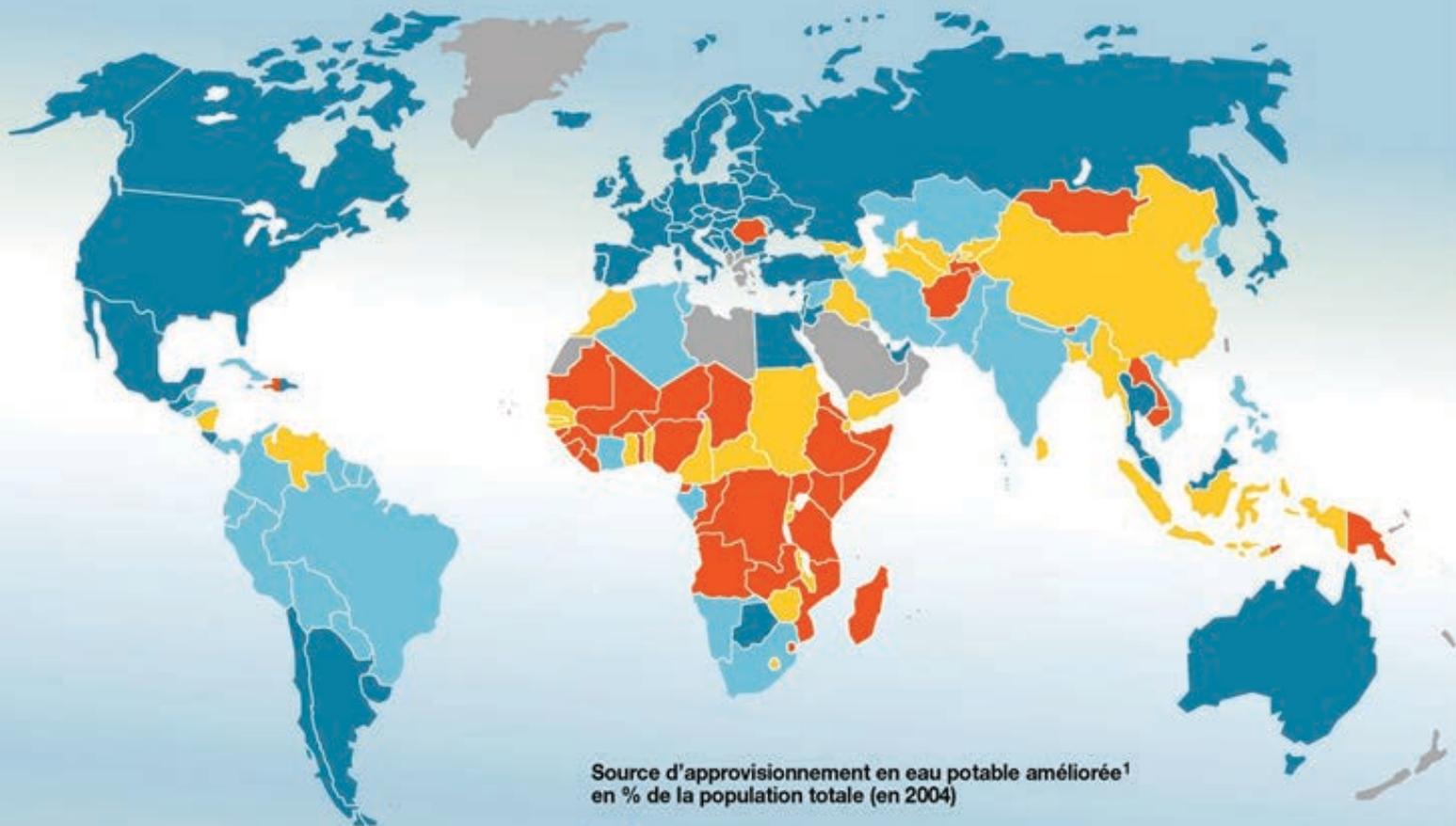
### ETAT DES RESSOURCES SUR TERRE

11 % de la population mondiale, soit 844 millions d'individus, n'a pas accès à l'eau potable en 2015 selon le rapport 2017 sur les progrès en matière d'assainissement et d'alimentation en eau (en anglais) de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et de l'Unicef. De réels progrès ont été réalisés dans les dernières décennies : par rapport à 2000, le nombre de personnes ayant accès à l'eau potable est passé de 5 à 6,5 milliards. L'eau potable est, avec l'alimentation et le logement, un pilier essentiel de la qualité de vie. D'abord pour une question d'hygiène : l'eau souillée

est l'un des vecteurs majeurs des maladies qui font le plus de morts sur la planète, notamment les diarrhées. Ensuite, parce qu'on ne peut vivre sans eau potable : ceux qui n'y ont pas accès sur place sont forcés de consacrer une grande part de leur temps et de leur énergie à s'approvisionner, en se déplaçant vers des sources aléatoires et dont la qualité est mal contrôlée. L'OMS considère que l'on a accès à l'eau s'il faut se déplacer à moins de trente minutes aller-retour, ce qui est déjà considérable.

## DISPARITE ENTRE PAYS DU NORD ET PAYS DU SUD





1. Selon la définition de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de l'UNICEF : raccordement des habitations au réseau, borne-fontaine, puits foré, puits creusé protégé, source protégée, citerne d'eau de pluie.

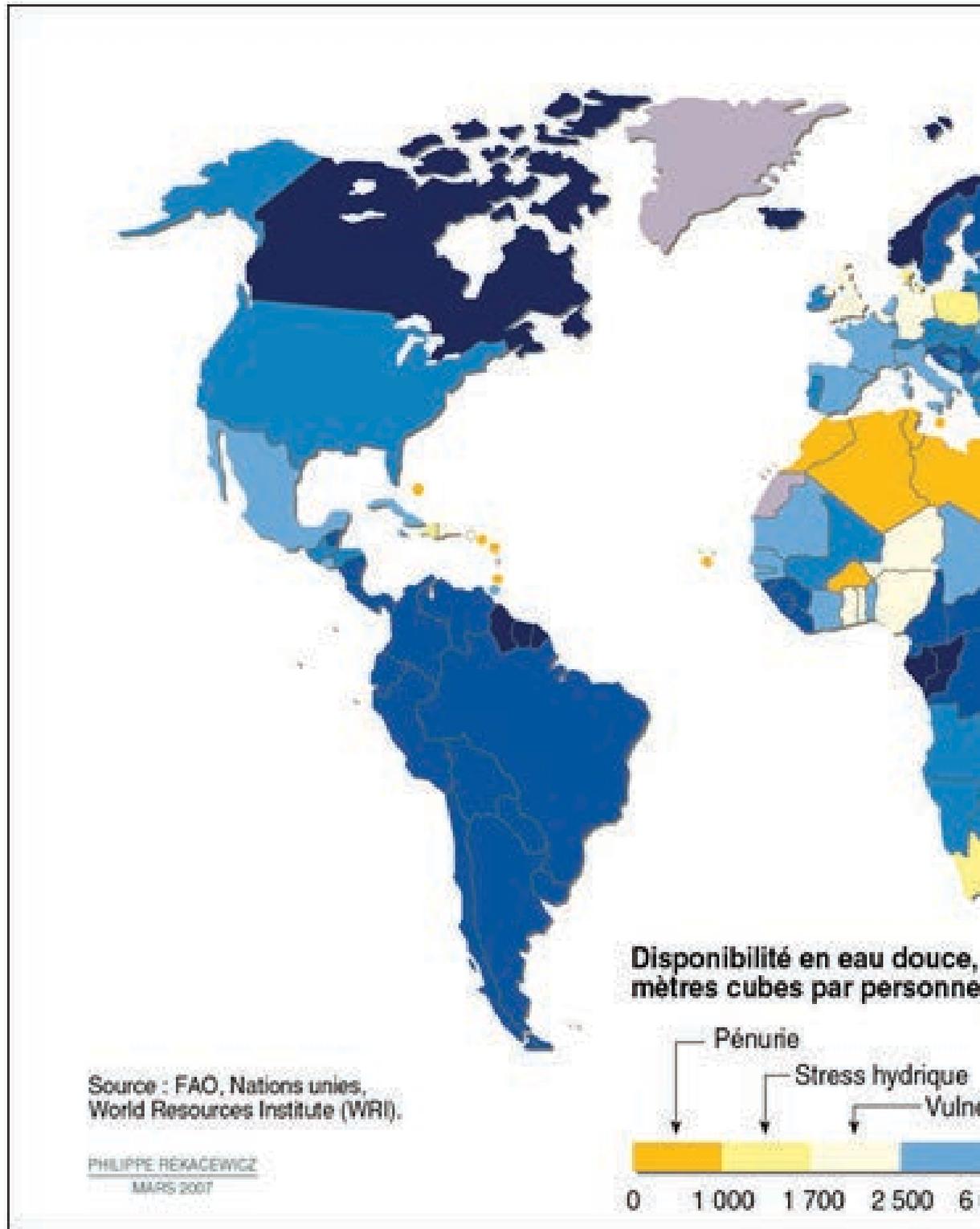
Sources : Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et Unicef, *Meeting the MDG drinking water and sanitation target*, 2006.

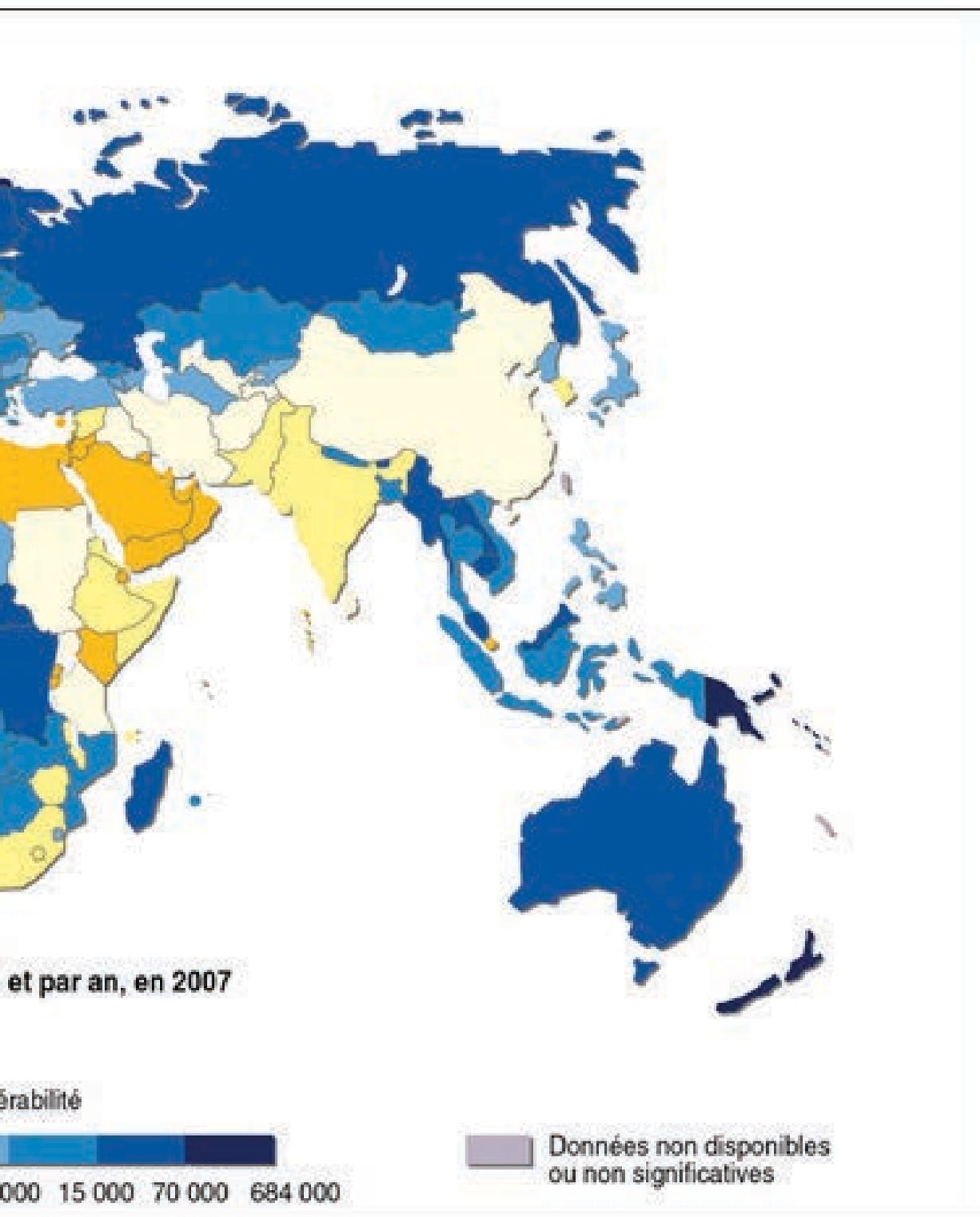
PHILIPPE RENACEWICZ  
MARS 2008

30 % de la population mondiale n'a toujours pas accès à des services d'alimentation domestique en eau potable (OMS – UNICEF)  
Article publié en 2017

**Le constat planétaire doit être fait en distinguant  
EAU POTABLE (puits, citernes)  
et  
EAU POTABLE SALUBRE (robinet)**

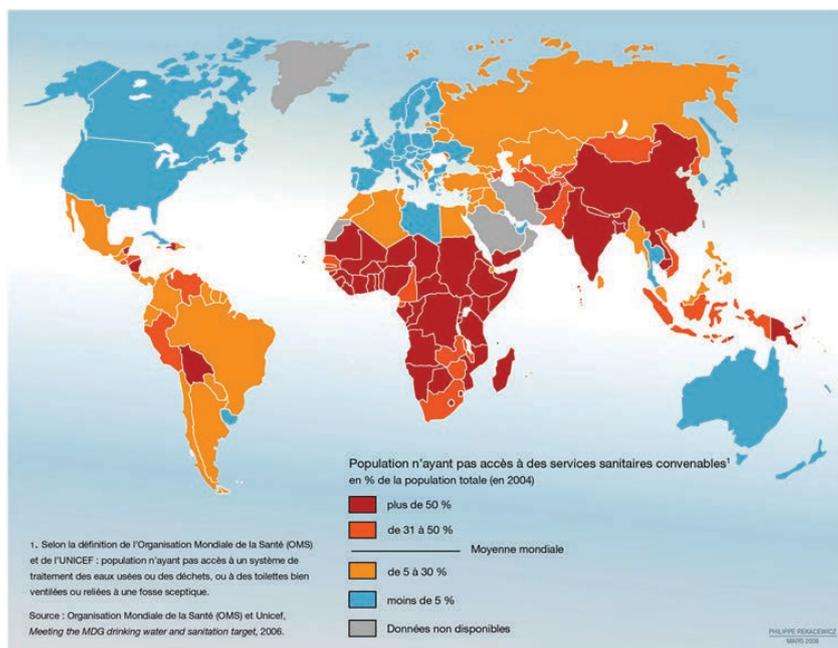
# DISPONIBILITE EN EAU DOUCE

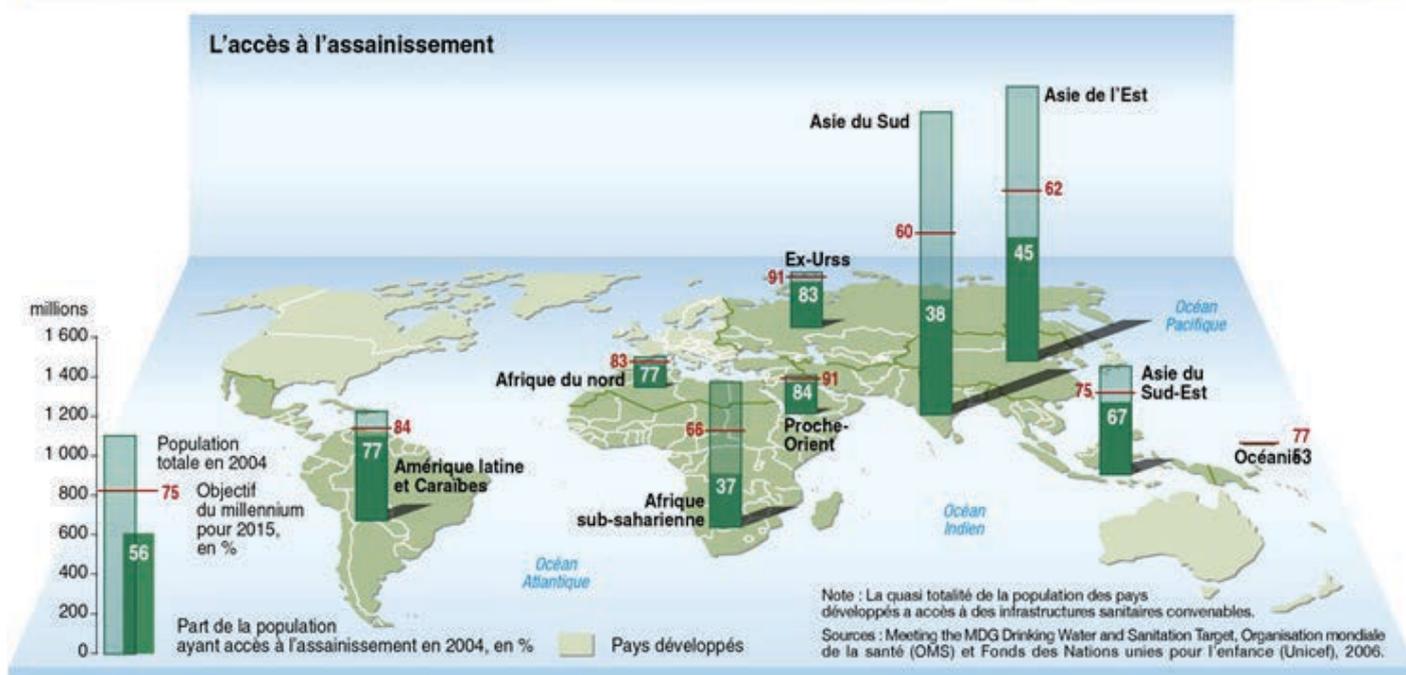
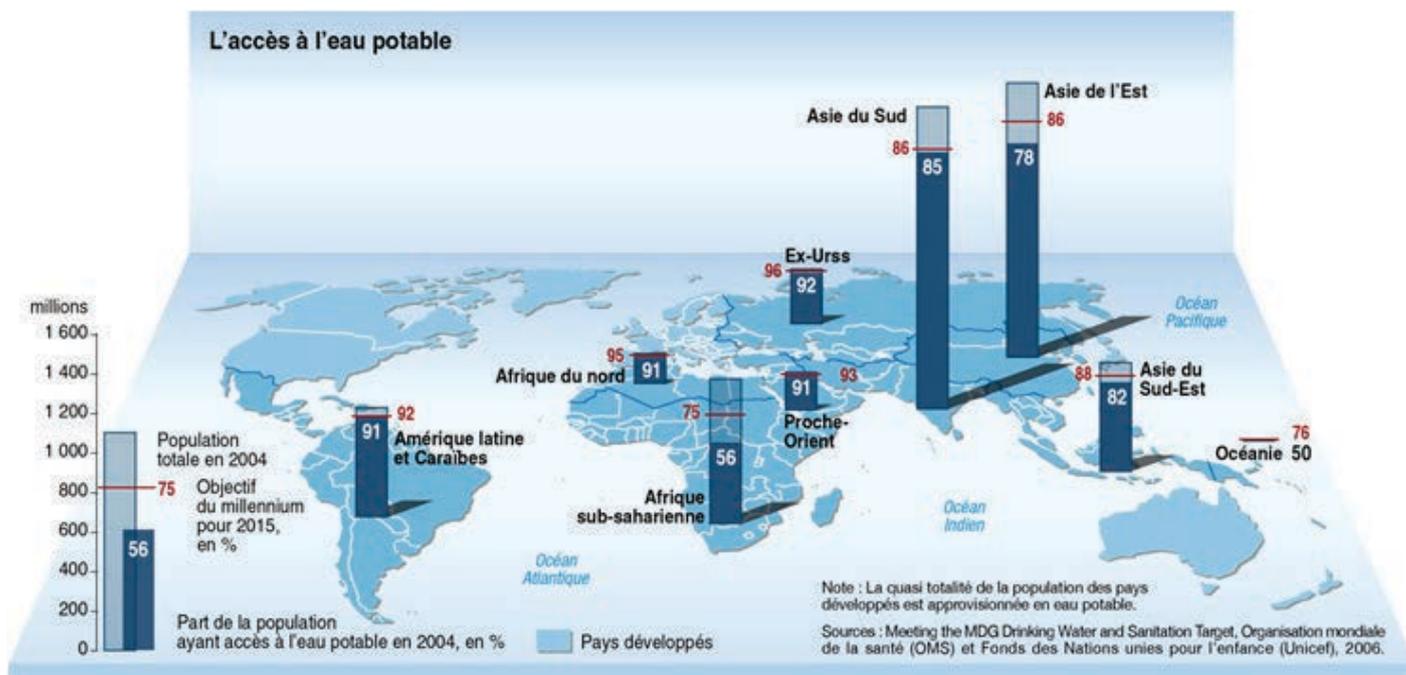




**LES PENURIES NE SONT PAS NECESSAIREMENT DANS LES PAYS OU LE MANQUE D'EAU SE FAIT SENTIR**

*Les pays touchés par un manque d'approvisionnement d'eau sont ceux qui ne bénéficient pas d'un accès aux services sanitaires convenables.*





Malgré des chiffres encourageants (en 2004: 56% de la population mondiale a accès à l'eau potable et bénéficie également de réseaux d'assainissement), on s'aperçoit que les disparités ne sont pas proportionnelles entre l'accès à l'eau et l'accès à un réseau d'eaux usées.

Ses écarts entre pays, mais aussi au sein d'un même pays, provient de plusieurs facteurs souvent imbriqués les uns aux autres.

## DISPARITE DE LA RESSOURCE SUR TERRE

### LES DIFFERENTS ENJEUX

Nous relevons 4 critères majeurs qui expliquent les difficultés mondiales à considérer l'eau comme un bien commun



### ENJEUX FINANCIERS

La Conférence sur l'eau et le développement durable qui s'est tenue à Paris du 19 au 21 mars 1998 à l'initiative de la France, a appelé à un nouvel ordre mondial de l'eau dont de nombreux signes de raréfaction sont considérés, avec le réchauffement climatique, comme la principale menace planant sur l'humanité au cours du début du troisième millénaire. L'eau est, en effet, en passe de devenir dans les prochaines années le plus grand marché en même temps que le plus grand défi mondial de notre planète.

Sans frontière, l'eau gravite et ruisselle sur tous les continents. Elle constitue, en tant qu'élément majeur de l'environnement, un patrimoine commun à l'ensemble de l'humanité et les contraintes qui pèsent sur elle en font désormais un enjeu stratégique mondial.

Les concentrations de population ont des conséquences lourdes dans certains points du globe à cause de prélèvements excessifs dans les réserves d'eau souterraine: ainsi la nappe phréatique de Pékin baisse de 2m par an, tandis que celle de Bangkok a diminué de 25m depuis 1950. Le maintien de l'équilibre des nappes aquifères face à la croissance de la demande est un impératif.

Avec 1.5 milliard de personnes qui n'ont pas accès direct à l'eau potable et 4 milliards d'individus qui ne sont pas raccordés à un réseau d'assainissement collectif, on mesure l'ampleur des moyens à mettre en oeuvre pour atteindre une situation acceptable en terme de gestion des eaux.

La concentration urbaine accélère également les besoins. En 1950 il y avait 3 agglomérations de plus de 10 millions d'habitants. Il y en a une vingtaine actuellement. Il y en aura une cinquantaine en 2025.

source:

*Le financement des investissements dans l'eau: un enjeu mondial pour le développement durable - Guy Leclerc - 2002*

### ENJEUX DE GOUVERNANCE

Si l'eau brute est une « res communis », un bien commun gratuit, la distribution d'eau potable jusqu'au consommateur a un coût, de même que la collecte et le traitement des eaux usées. Cela se traduit par une facturation auprès de l'abonné. La responsabilité de l'organisation du service public de l'eau et de l'assainissement incombe à collectivité (commune ou intercommunalité). Propriétaire des installations, elle choisit et contrôle son opérateur et fixe les tarifs du service public.

L'exploitation du service est soit assurée en régie par les services de la collectivité (opérateur public), soit déléguée par la collectivité à une entreprise privée (opérateur privé) dans un cadre contractuel et de mise en concurrence. Les relations entre les abonnés et les services de l'eau (et de l'assainissement) sont quant à elles définies par un règlement de service (article L224-12 du Code Général des Collectivités Territoriales – CGCT –).

Selon l'enquête sur les services d'eau et d'assainissement réalisée par le SoeS auprès des communes en 2008, « parmi les 36 664 communes de la métropole et des DOM ayant un service d'eau potable, 74,5 % l'assurent totalement ou partiellement via un service intercommunal, desservant 69 % de la population. 47,5 % des communes gèrent le service d'eau potable en régie (en majorité des petites communes de moins de 3500 habitants), assurant une couverture de 30% de la population. « Le reste de la population, soit 60 %, étant alors desservi par un service d'eau délégué.

La loi n°2010-1563 du 16 décembre 2010 de réforme des collectivités territoriales augure d'une refonte de l'intercommunalité, avec une possible réorganisation des services publics de l'eau et de l'assainissement. En effet, cette loi renforce le rôle des Commissions Départementales de coopération intercommunale (CDCI), instituées par les articles L.521-42 à L.521-44 et R.5211-19 à R.5211-27 du CGCT. Elles deviennent force de proposition sur la carte intercommunale de leur département, en arrêtant des périmètres « pertinents » (sans qu'il soit forcément question de seuils démographiques ou de nombre minimum de communes) voire en remettant en cause l'organisation actuelle en syndicats intercommunaux. Par ailleurs, sur recommandation de la CDCI, la loi permet maintenant au Préfet d'imposer tels ou tels regroupements dans l'intérêt général. Cela représente un enjeu considérable où les représentants élus des collectivités au sein du collège de la CDCI et des futures intercommunalités auront la responsabilité non seulement de garantir l'accès à tous à un service public vital, mais aussi de devenir des formes actuelles de gestion du service de l'eau et de la protection de la ressource.

source:

*La gouvernance locale de l'eau - L'eau potable et ses enjeux Actu-Environnement.com publié le 10/01/2011*

Selon l'ONU, 80% des eaux usées domestiques sont rejetées sans traitement dans la mer (via cours d'eau).



## ENJEUX ECOLOGIQUES

La politique de protection des captages contre les pollutions diffuses vise à restaurer la qualité de la ressource en eau utilisée pour la protection d'eau potable. Cette politique interroge l'agriculture dans sa relation à l'eau et mobilise différentes approches et outils des politiques agro-environnementales : démarches territoriales, outils de la PAC, recherche de la double performance économique et environnementale en agriculture, mobilisation de la profession agricole.

Au début des années 2000, suite notamment à l'adoption de la Directive européenne cadre sur l'eau, une prise de conscience de la nécessité de préserver les captages d'eau potable contre les pollutions diffuses a émergé. En effet, si l'eau distribuée dans les réseaux d'eau potable est de bonne qualité, la qualité de la ressource en eau brute est dégradée par endroits par les nitrates et pesticides et les traitements peuvent s'avérer coûteux.

Le Grenelle de l'environnement puis les conférences environnementales de 2013 et 2016 ont affirmé l'importance de protéger les captages les plus menacés. 500 captages dans un premier temps, puis 1000 captages au total ont ainsi été identifiés comme prioritaires à protéger. Ces captages prioritaires sont identifiés dans les schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE). Les Assises de l'Eau de 2019 ont réaffirmé l'ambition de protection des captages pour garantir une eau de qualité à la source.

La démarche de protection repose sur la réalisation d'un diagnostic territorial puis l'élaboration d'un plan d'action territorial concerté, sous l'égide des collectivités propriétaires des ouvrages. Cette approche permet de définir avec les acteurs locaux les actions à mettre en œuvre, en fonction des enjeux et opportunités de chaque territoire. Dans certains cas, un outil réglementaire, le dispositif des zones soumises à contraintes environnementales, peut être mobilisé.

Afin d'améliorer l'efficacité des démarches de protection des captages, un centre de ressources captages, hébergé par l'Office français pour la biodiversité, a été mis en place en 2017. Son objectif est de renforcer les compétences des acteurs impliqués.

---

source:  
<https://agriculture.gouv.fr/enjeux-environnementaux-leau-les-sols>



## ENJEUX SANITAIRES

La présence de micro-organismes (bactéries, virus et parasites) dans les eaux de consommation est le plus souvent due à une dégradation de la qualité de la ressource en eau, à une mauvaise protection ou un manque d'entretien des ouvrages de captages, à une défaillance du traitement de désinfection ou à une contamination de l'eau lors de son transport ou stockage dans le réseau.

La présence de micro-organismes dans l'eau de consommation peut engendrer un risque à court terme pour le consommateur, le tableau clinique des pathologies engendrées est le plus souvent bénin pour la population générale (troubles gastro-intestinaux, diarrhées, ...).

Les méthodes pour rechercher les germes pathogènes dans l'eau sont longues et complexes, c'est pourquoi la qualité bactériologie de l'eau est appréciée à partir de la recherche de germes témoins de contamination fécale (*Escherichia coli* et entérocoques). La mise en évidence de ces germes dans l'eau témoigne de la possibilité de présence de germes pathogènes.

---

source:  
<https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/eaux/eau>

Pour être rejetées dans les milieux aquatiques sans provoquer de pollution, les eaux usées issues des zones d'habitation doivent être épurées. Réalisée en station d'épuration en zone d'assainissement collectif, ou grâce à des dispositifs autonomes en zone d'assainissement non collectif, l'épuration permet d'éliminer les matières solides et les substances dissoutes dans les eaux usées

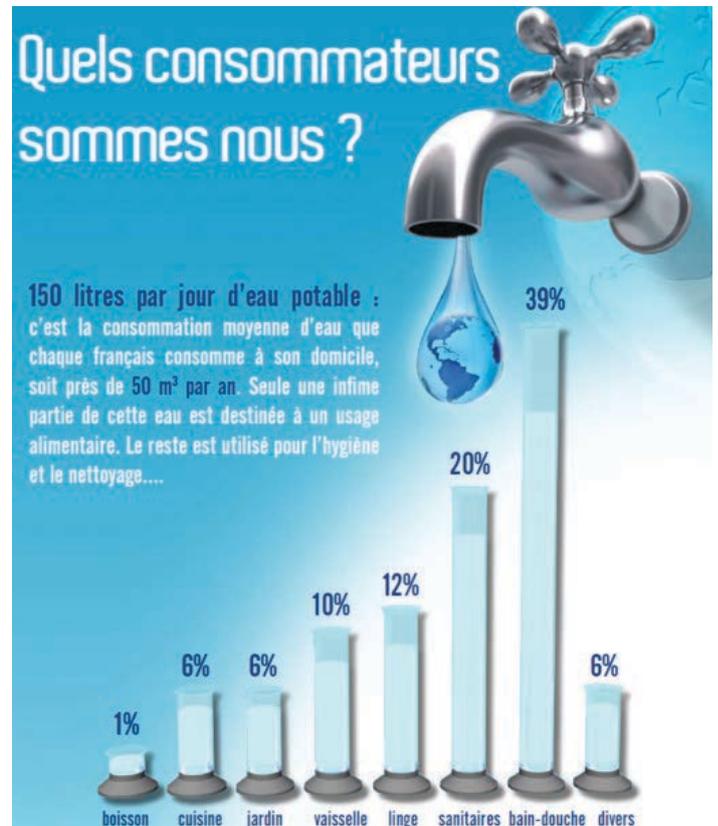
---

source:  
<https://www.eaufrance.fr/l'assainissement-des-eaux-usees-domestiques>

## DISPARITE DE LA RESSOURCE SUR TERRE

### EXEMPLES DE VILLES DANS LE MONDE

**... TOUT LE MONDE N'A PAS LE MEME NIVEAU DE RESSOURCES ...**



Selon les prévisions de l'ONU, la population de la Terre atteindra près de 10 milliards d'habitants d'ici à 2050. Ainsi, 22 % de la population mondiale vivra dans une mégalopole, et ces personnes seront particulièrement vulnérables. Actuellement, 62 % des villes ayant une population de huit millions d'habitants ou plus sont situées sur les côtes.

#### **PARIS : héritage des grands bâtisseurs**

Paris précurseur dans la gestion de l'eau.

Eau de Paris, la régie publique affiche une politique de gestion durable de l'eau et privilégie des investissements raisonnés et la réduction des pollutions à la source plutôt que des investissements démesurés dans des usines de dé-pollution de l'eau énergivores.

#### **MEXICO: mégalopole tentaculaire à réparer!**

Des services mal opérationnels et privatisés et un manque d'investissement dans les infrastructures ont créé une situation très inégale de distribution de l'eau. Les plus vulnérables de la ville sont exposés à des pénuries fréquentes et à des risques de santé publique.

#### **TEL AVIV: là où chaque goutte compte: la science financée / une économie du bon sens**

Israël est devenu leader en retraitement des eaux usées. Le site de la société IGUDAN (station d'épuration immense qui traite près de 40% des EU de tout le pays) emploie une centaine de personnes seulement. La station permet de purifier 85% des effluents. L'eau est réutilisée à 85% dont 50% utilisée pour l'agriculture. Cette eau est relativement bon marché et permet d'économiser l'eau potable. Elle permet également de limiter la pollution des rivières et de la mer.

#### **TOKYO: maîtrise du gigantisme et risques gigantesques**

L'agglomération de Tokyo compte 39 millions d'habitants. Les risques de Tsunami sont élevés. Les industries polluantes nombreuses. Le moindre incident peut prendre des proportions que les autorités ne peuvent pas contrôler (ex. contamination de l'eau potable par iode-131).

Elle se situe dans une zone à haut risque de la crise océanique. Elle est particulièrement menacée par les « crues centennales ». La plus grande menace est l'accélération de l'affaissement du sol : Tokyo s'est affaissée de près de quatre mètres au cours du XXe siècle. L'affaissement des sols, ou subsidence, est un processus naturel dans les régions de delta, mais cette accélération extrême devient une sorte d'automutilation : l'extraction des eaux souterraines et le compactage des sols par le poids d'un essor effréné des constructions font des ravages. Les mégalopoles s'affaissent, parfois vingt fois plus vite que l'augmentation du niveau de la mer. Pour faire face à cette phénomène, Tokyo, a imposé des restrictions strictes de pompage des nappes souterraines.

### **PHOENIX: la métropole la plus chaude des Etats-Unis s'organise et montre l'exemple**

- > jardins communautaires
- > cool pavement
- > vêtement rafraîchissants (par évapotranspiration)

Ville menacée de pénurie d'eau

### **CALCUTTA: la pêche comme solution**

Le système de réutilisation des eaux usées de Calcutta, le plus vaste du monde, recycle près de 90% des déchets de la ville pour l'aquaculture et l'agriculture. Cette pratique comporte des risques sanitaires et est mis en péril par une urbanisation grandissante et une pollution des zones humides.

### **NOUAKCHOTT: sous le sable ou sous l'eau ?**

Toute la partie basse de sebkhas située le long du littoral avec ses sols quasi imperméables et une nappe salée à très faible profondeur constitue une sorte de réceptacle ultime pour les eaux. Ces zones, dont le sol est saturé par les eaux usées du fait de l'absence de réseau d'assainissement et par les fuites du réseau d'eau potable, se retrouvent désormais systématiquement inondées en période d'hivernage lors des épisodes de pluie. Nouakchott est l'une des capitales du monde les plus menacées par le changement climatique. Outre l'augmentation probable des pluies en saison d'hivernage provoquant des inondations auxquelles la ville doit déjà faire face, elle est également menacée par l'élévation du niveau de la mer et l'érosion du cordon dunaire qui la protège (voir étude de cas p.87).

### **SINGAPOUR: enjeu stratégique et problèmes d'indépendance: vers une gestion durable de l'eau**

La politique visionnaire de Singapour en matière de traitement de l'eau est devenue une référence mondiale. Mais elle reste vulnérable. On prévoit notamment un doublement de l'utilisation de l'eau d'ici 2060.

### **SAO PAULO: le paradoxe de la crise de l'eau**

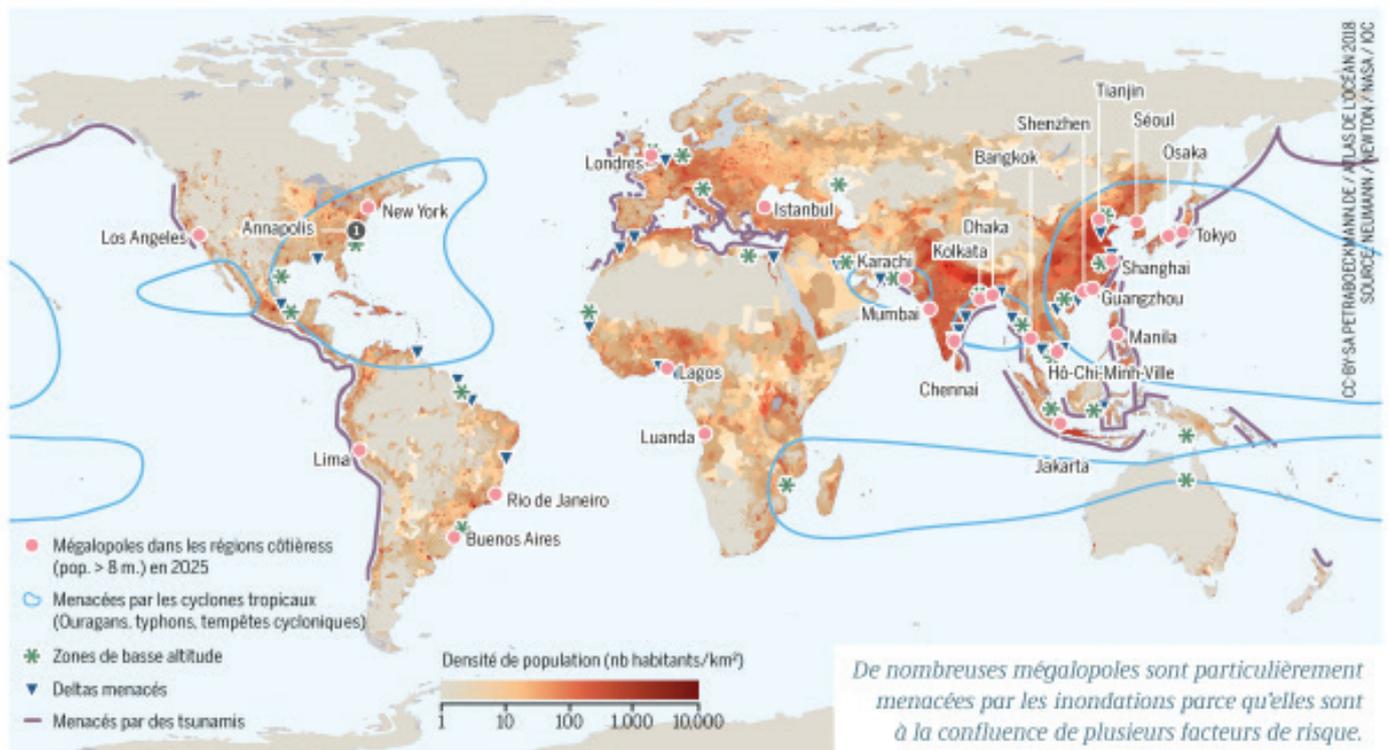
Comment une ville qui repose sur 1.500 km de fleuves, de rivières et de sources, manque d'eau potable.

La triste réponse : la plupart sont sous le béton. Au nom du "développement", pendant le dernier siècle, São Paulo a enterré ou détourné ses cours d'eau. Et ceux qui avaient survécu ont été transformés en égout où se déversent eaux sales et déchets industriels.

Un autre facteur du manque d'eau est dû à la déforestation qui a bouleversé l'équilibre naturel et favorisé l'apparition de sécheresses. La bruine présente a disparu de Sao Paulo.

La plupart des bâtiments sont construits sur les nappes phréatiques, l'eau est pompée puis rejetée dans les égouts pendant toute la vie utile du bâtiment.

## Mégalopoles : développements dangereux



*De nombreuses mégalopoles sont particulièrement menacées par les inondations parce qu'elles sont à la confluence de plusieurs facteurs de risque.*



VILLE	CLIMAT	DENSITE Hab / km²	PIB/HAB \$	PLUVIOMETRIE mm / an	ACCES A L'EAU POTABLE	RESSOURCES Distance et stockage	TRAITEMENT EAU AVANT DISTRIBUTION	DISTRIBUTION AUX HABITANTS	REJET Eaux usées / égouts	REMARQUE
PARIS	Tempéré Chaud	20 500	\$57 600	720	100% des foyers / entreprises	cours d'eau (Seine et Mame): sources parfois à > 150 km // 102 zones de captage // 5 réservoirs	capacité de fournir équivalent 2 J de conso.	au plus proche des besoins en moyenne 120 L/J/hab 2000 km de conduites		Depuis 1er janvier 2010, Paris a fait le choix de faire reprendre la gestion du service des eaux, longtemps éclaté entre plusieurs acteurs et largement confié au privé, à une gestion public de l'eau, via la régie Eau de Paris, opérateur municipal. Eau de Paris est la première entreprise publique de l'eau en France. En 2021, le taux de rendement du réseau, qui atteint 2 000 kilomètres de canalisations visibles pour l'eau potable, était de 90%, contre 80% pour la moyenne nationale. Programme Parispluie pour récupérer l'eau de pluie.
MEXICO	Tempéré Chaud	6 200	\$5 000	715	79% des ménages ont accès à l'eau potable (2017)  35% population n'a pas accès	Aquifère sous la ville (couvre 2/3 des besoins) + Cutzamala (130 km)  Stockage Grand Canal (capacité restante de 10%)	très faible 60% eaux souterraines contaminés	32% de perte (environ 1000 litres / sec.) 1000 camions citernes / J = 2 M hab. coupures d'eau fréquentes  11% des maisons reçoivent moins de 2x par semaine de l'eau potable  La coordination du système d'eau de Mexico (SACMEX) a admis que plus de 40% de l'eau courante de la ville est perdue pour des fuites  Gestion par 4 sociétés privés depuis 1990 (ex. VEOLIA + SUEZ)	94% réseau assainissement mais 10% correctement traités 90% réutilisés pour irrigation terres cultivables	Le Mexique peut être considéré comme un pays divisé en deux grands territoires lorsque l'on aborde le thème de l'eau. La Commission Nationale de l'Eau signale que le nord et le centre du pays possèdent une disponibilité d'eau limitée alors que le sud se caractérise par une abondance naturelle d'eau pour une population moins nombreuse.  record mondial de consommation eau bouteille (eau robinet filtrée) Affaissement du sol d'environ 7,5 m depuis 1900 Investissements lourds pour traitement EU mais problèmes de gestion financière
TEL AVIV	Tempéré Chaud	9 060	\$43 000	413		banlieu de la ville (très proche) 75% eau potable obtenue par traitement eau de mer	performant	370 000 m3 à travers 110 km de canalisations	leader mondial récupération des eaux usées (pluie + égouts): 85% recyclées cf. site de SHAFDAN	Investissements et technologie: - désalinisation eau de mer; - eau potable produite à partir de vapeur atmosphérique;
TOKYO	Tempéré	6 500	\$33 000	1 482	100% des foyers ont accès					A la point de la technologie mais risque de contamination radioactive de Nodé (problème d'évacuation de l'eau de refroidissement des centrales nucléaires)
PHOENIX	Désertique Chaud	1 200	\$29 600	180	au plus proche des besoins	Fleuve Colorado (2/5 des besoins) Gros investissements mais tarissement depuis hausse T° et faibles pluies				ville pensée pour la voiture = trop gourmande en énergie Conseils d'optimisation de la ressource promus depuis 2008 par une campagne intitulée Water Use It Wisely (WUIW)
CALCUTTA	Tropical Mousson	21 800	\$1 600	1 190	Forage à plus de 300 m de profondeur pour avoir de l'eau saine (présence de cyanure)	12 000 ha de marais à 20 km du centre ville (gestion public et privé)	jacinthes d'eau = capturent et fixent les métaux lourds + introduction d'alvins (larve de poisson) qui consomment le phytoplancton avant que les algues soient toxiques		Pas de système d'épuration. Les pêcheurs et les agriculteurs de Calcutta recyclent les eaux usées des toilettes. Il s'agit d'un réseau de canaux qui conduisent à des marais. Là, plantes et poissons «nettoient» l'eau qui part vers la mer.	Système peu coûteux mais pas suffisant pour éviter la boue des marais. Les eaux usées sont rejetées dans une grande étendue de zones humides appelées « East Calcutta Wetlands » (ECW) située à 10 km à l'Est de la ville. Le système de réutilisation des eaux usées de Calcutta, le plus vaste du monde, recycle près de 90% des déchets de la ville pour l'aquaculture et l'agriculture. Cette pratique comporte des risques sanitaires, diarrhées ou helminthiases ...
NOUAKHOTT	Désertique Chaud	960	\$1 300	47	potences Points d'eau Fontaines	Fleuve Sénégal = bien commun entre Mauritanie, Sénégal, Guinée, Mali	Sur les 1,2 millions de personnes que compte la ville, moins d'un tiers de la population est raccordée au réseau d'eau.		pas de réseau d'assainissement donc problème de pollution + pas assez de fosses sceptiques	manque 20 000 m3/J au dessous du niveau de la mer = risque d'inondation. Face à ces nombreuses menaces, un projet d'appui à la résilience environnementale et au développement durable de la ville de Nouakchott, financé par l'Union européenne, a été mis en œuvre par la région de Nouakchott. Il repose notamment sur la restauration du cordon dunaire, la relocalisation des populations en situation de risques, un projet pilote de "quartier-éponge" contre les inondations ou encore l'assainissement de l'ensemble de la ville. En 2018, les infrastructures d'assainissement collectif existantes à Nouakchott se limitaient à un réseau linéaire de moins de 70 km, une station d'épuration et quatre stations de pompage concentrées dans une partie du centre-ville et desservant moins de 5 % des ménages de la capitale. Selon le ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement, ces infrastructures ne sont pas fonctionnelles pour la plupart, « en raison de leur obsolescence et de la forte agressivité de leur environnement d'exploitation ».
SINGAPOUR	Equatorial	8 360	\$55 000	2 150	1,73 M m3 / jour  165 L/J/Hab en 2000 141 L/J/Hab en 2018 obj 130 L/J/Hab en 2030	Majorité de barrages de retenues (pour éviter contamination des eaux de ruissellement) = 35% importé de Malaisie: ex. barrage de Linggiu (rivière Jahor) + 30% usine de purification (NEWater) + 20% eau de pluie (17 réservoirs = collecte 2/3 eau de pluie): ex. Marina Bay répond à 10% des besoins + 15% usines de dessalement: osmose inverse à Tuas (conso énergie importante)	récupération des eaux usées (3è mondial) usines de désalinisation: - osmose inverse - électro-déionisation - flottation à air dissous + ultrafiltration	réseau urbain  bouteilles d'eau recyclées (EU) vendu en supermarché = NEWater	recyclage des eaux usées surtout pour alimenter l'industrie = réduit la pollution maritime Changi, usine de récupération d'eau de haute technologie.	enjeux d'indépendance de la ville-état depuis 1965 l'approvisionnement en eau durable = priorité nationale déclarée par Lee Kuan Yew à l'origine de l'indépendance de Singapour  Public Utility Board (Agence de l'eau) depuis 1965 = gestion complète y compris formation et sensibilisation  seule solution pour conserver une souveraineté = diversifier l'origine de l'eau potable (Importation de Malaisie, EWater (eaux usées purifiées), eau de pluie, désalinisation). Le gouvernement réaménage le territoire pour « protéger les sources d'eau ». Il développe la ville pour assurer une rétention en eau sur deux tiers du territoire, tout en intégrant les plans d'eau au tissu urbain (Tortajada, Joshi, et Biswas 2015, 54)
SAO PAULO	Subtropical Humide	7 800	\$55 000	1 454	85 % des domiciles en centre ville sont branchés à l'eau potable  En périphérie <30% desservis régulièrement en eau (pas de bonne qualité)  Dans les Favelas: branchements clandestins, et pas de réseau d'égout (recensement IBGE 2000)	6 lacs de barrage (pluie + cours d'eau): ex. barrage Paulo de Paiva Castro (30 km au Nord du centre ville) = alimente 45% des habitants + lac artificiel de Guarapiranga (sud) + Usine de traitement de Sao Lourenço (50km Sud Est et 330 m de dénivelé) + Mutualisation = 20 km de canalisation pour raccorder les réserves de Sao Paulo avec Rio de Janeiro	stations d'épuration	système de Cantareira géré par société publique SABESP	Centre ville: 64% branchement à l'égout réseau unitaire  Favelas / périphérie: pas d'égout	le Brésil possède 13% des réserves d'eau douce du monde  La brune a disparu = 5000 sources naturelles asséchées  Fleuve Tietê est trop pollué  Soixante ans d'absence de politique publique d'eau et d'assainissement ont, dans les communautés défavorisées, suscité l'émergence de pratiques individuelles (familiales) et collectives d'adaptation aux carences en services de base = organisation au quotidien pour 1 membre de la famille, collectifs montés pour construire des canalisations...

# EXEMPLES DE VILLES DANS LE MONDE des Hommes et des eaux



## VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

Avant d'imaginer les solutions pour une ville plus équilibrée et respectueuse des cycles naturels, l'homme doit puiser dans le passé en connaissance du présent et puisant dans son imaginaire.



## LA POPULATION MONDIALE SERAIT DE 8,6 MILLIARDS A L'HORIZON 2030 SELON L'ONU

1	DELTA DE LA RIVIERE DES PERLES	HONG KONG	69 760 022 hab.
2	TOKYO	JAPON	42 796 714 hab.
3	SAO PAULO	BRESIL	36 315 721 hab.
4	JAKARTA	INDONESIE	35 143 473 hab.
5	MANILLE	PHILIPPINES	28 644 207 hab.
6	DELHI	INDE	26 454 086 hab.
7	SEOUL	COREE DU SUD	26 000 782 hab.
8	SHANGAI	CHINE	24 870 895 hab.
9	LE CAIRE	EGYPTE	24 439 785 hab.
10	MUMBAI	INDE	24 337 933 hab.

Liste des 10 villes les plus peuplées dans le monde  
<https://www.populationdata.net/palmares/villes/>

## VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

### VILLES IMAGINAIRES, VILLES IMAGINEES



**1927**  
**METROPOLIS**  
*Fritz Lang*

Vision d'une mégapole mécanique, ultra dense et divisée en strates.  
 La vision s'inspire de New-York et ses gratte-ciels.  
 La ville haute où vivent les familles intellectuelles dirigeantes, dans l'oisiveté, le luxe et le divertissement.  
 La ville basse où les travailleurs font fonctionner la ville et sont opprimés par la classe dirigeante.  
 On oscille entre lumière et obscurité.  
 L'Homme vit au rythme incessant des machines.

*« Les immeubles semblaient être comme un voile vertical, scintillant et très léger, comme un décor luxueux, suspendu dans un ciel sombre pour éblouir, distraire et hypnotiser »*  
*Fritz Lang*  
*découvrant New-York en 1924*



**1982**  
**BLADE RUNNER**  
*Ridley Scott*

Vision de Los Angeles en 2019.  
 Ville poussiéreuse, chaude, difficile d'accès et très dense.  
 L'air paraît insuffisant.  
 La vie en dehors des constructions est quasi nulle.  
 Aucune présence de végétation.

**La vision de Vincent Callebaut semble être plus réaliste que l'imaginaire du passé. Sa vue d'artiste nous parle grâce à une mise en scène pertinente de techniques connues qui nous paraît donc accessibles, et qui est en adéquation avec les analyses récentes que l'on possède sur la biodiversité et l'impact de l'Homme.**

**On part d'images négatives pour arriver à une vision plus acceptable, plus humaine en harmonie avec le vivant.**



**2016**

PARIS 2050

*Vincent Callebaut*

Un Paris « éco-renouvelable » qui réduit ses émissions de gaz à effet de serre de 75% en 2050 ? Voici les objectifs clairement affichés du « Plan Climat Énergie » de la Mairie de Paris. Développé par l'agence Setec Bâtiment et l'architecte Vincent Callebaut, le projet d'anticipation « Paris Smart City 2050 » ne cesse de surprendre par sa vision futuriste. L'étude vise à intégrer les dernières innovations technologiques en matière d'énergie positive ainsi qu'une réflexion sur la mutation des bâtiments parisiens afin qu'ils produisent de l'énergie sans polluer. Mais il s'agit également de penser les lieux de vie pour qu'ils soient pleinement ancrés dans la société urbaine.

**L'eau se trouve sous forme d'humidité grâce à la forte présence de la végétation.**

**La Seine participe également au cycle de l'eau.**

**Au niveau des sols «durs», au niveau du piéton, des aménagements urbains mettent en scène l'eau.**



**2021**

CONCOURS FONDATION JACQUES ROUGERIE

*Mention Spéciale du Prix Focus*

Les architectes japonais Yoshitomo Izumi, Shungo Kusano, Sei Mabashi, Wataru Maruyama, Yudai Motomura, Yuto Tauchi et Marina Ouchi ont remporté la mention spéciale du prix focus pour «Sea nurse», un centre d'apprentissage durable pour restaurer l'environnement marin en régénérant le corail blanchi par le réchauffement climatique.

*« Réfléchir sur la vie aquatique permet d'avancer sur un futur qui me paraît inévitable : la conquête par l'homme d'autres planètes »*

*Jacques Rougerie*

*interview Le Figaro - 2013*

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

### DIAGNOSTIC ET PISTES DE RÉFLEXION POUR UNE GESTION VERTUEUSE

**Sobriété et économie d'usage - Gestion des fuites**

**Récupération / traitement des eaux usées et de pluie**

L'étude des différentes villes, accentue l'idée que l'eau est devenue un enjeu majeur, voir l'enjeu majeur du développement urbain et met en évidence les disparités criantes. (80% des eaux usées des pays en développement s'écoulent dans le milieu naturel sans avoir été traitées).

Cette analyse nous a permis de mettre en évidence les orientations possibles pour une meilleure gestion de la ressource «Eau» et d'identifier les défaillances fréquentes sur l'ensemble du globe :

- Les fuites d'eau dû à des réseaux vétustes ou/et une maintenance insuffisante
- le traitement des eaux en amont et en aval souvent défectueux
- une urbanisation sans prise en compte de l'enjeu «eau» et de vision à long terme
- une pollution généralisée (*selon une étude de l'université de Stockholm, l'eau de pluie serait impropre à la consommation. En Antarctique, la pollution est 14 fois supérieure aux recommandations américaine pour l'eau potable*)

«L'eau est un besoin local auquel il faut répondre localement» (*Erik Orsenna - l'avenir de l'eau*).

Les solutions doivent être spécifiques aux problématiques du lieu, sa géographie, ses ressources...

Il est néanmoins possible de proposer des pistes génériques de réflexion.

### ***Dans le monde, 50% de l'eau puisée par le réseau d'une collectivité n'est jamais redistribuée aux usagers***

Pour réduire les fuites, outre le changement des réseaux vétustes, mettre en place des systèmes de veille pour identifier les fuites potentiel. En France, elles représentent environ 20%, avec des disparités allant de 4% (Le Mans et Rennes) à 54% (Dignes les Bains). (*Le monde - 7 janvier 2015*)

Détecter les fuites : La start-up israélienne Utilis a mis au point un moyen de détecter des fuites d'eau dans l'infrastructure hydraulique d'un pays, en observant la Terre depuis l'espace, grâce à une technologie initialement développée pour trouver de l'eau sur Mars et Vénus.

En France la société Altereo a conçu Hpo, une solution basée sur l'intelligence artificielle, permettant le renouvellement ciblé des canalisations et branchements.

Fotech en Angleterre, a mis en œuvre, LivePIPE, utilisant la technologie DAS (distributed acoustic sensor) de détection photonique qui transforme un câble en fibre optique passant le long d'un réseau de canalisations d'eau en des milliers de capteurs de vibrations, capables de détecter une perturbation sur toute la longueur de la canalisation.



## **GESTION DURABLE DE L'EAU EN MILIEU URBAIN**

**PRÉSERVER LA RESSOURCE - ÉDUCUER - SENSIBILISER**

**CONSOMMER MOINS - CONSOMMER MIEUX**

**RÉDUIRE LA POLLUTION**

**RECYCLER EFFICACEMENT LES EAUX USÉES**

**DIFFERENCIER LES EAUX GRISES DES EAUX VANNES**

**RÉCUPÉRER LES EAUX PLUVIALES**

**RENDRE LA VILLE PERMÉABLE**

**ADAPTABLE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES**

**REDONNER LA PLACE A LA NATURE - A L'HUMAIN**

**CONSTRUIRE AVEC L'EAU**

« Eau propre et assainissement »

est l'intitulé de l'objectif de développement durable n°6 défini par l'ONU pour parvenir à un monde meilleur. Cet objectif vise un accès universel et équitable à l'eau potable, à l'hygiène et à l'assainissement d'ici 2030, en particulier pour les populations vulnérables. Il appelle également à une gestion durable de cette ressource, et mentionne la réduction du nombre de personnes souffrant de la rareté de l'eau. Cet objectif intègre la notion de gestion transfrontalière de cette ressource, essentielle à la gestion durable mais aussi favorable à la paix et à la coopération.

La ville de demain existe t'elle déjà?

L'architecte visionnaire Paolo Soleri nous met au défi de penser les villes comme des entités biologiques et nous présente une philosophie pour un nouveau type de vie urbaine : l'arcologie , un organisme de la taille d'une ville conçu pour exister en harmonie avec la nature (Text sourced from <https://www.organism.earth/library/document/arcology>) . La ville prototype d'Arcosanti dans l'Arizona en est une ébauche.

De nouvelles villes ont vu le jour, villes avec pour ambition d'être des villes durables :

- La ville de Masdar (ou source en arabe) à 16km de l'aéroport d'Abu Dhabi
- The sustainable city of Dubai
- Le projet utopique « the Line» en l'Arabie saoudite.

Ces solutions techniques et onéreuses sont spécifiques à un territoire et à un certain niveau de vie, elles ne peuvent pas être transposables mondialement.

The sustainable city - Dubai

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

### DIAGNOSTIC ET PISTES DE RÉFLEXION POUR UNE GESTION VERTUEUSE

Sobriété et économie d'usage - Gestion des fuites

Récupération / traitement des eaux usées et de pluie

### Eau et Sobriété

Dans de nombreuses villes étudiées (Phoenix, Tel Aviv ...), des campagnes de sensibilisation ont été réalisées pour encourager des comportements plus sobres.

Avons-nous besoin d'eau potable pour tous les usages ?

Ne peut-on pas prioriser? Prévoir une eau saine et potable uniquement pour certaines utilisations?

Ne peut-on pas recycler une partie de l'eau utilisée en interne (recyclage de l'eau de douche pour les toilettes, ou le système d'EcoVéa de Jedo permettant d'économiser jusqu'à 80% de l'eau en utilisant une partie des eaux d'écoulement pour les réutiliser)?

Moins consommer d'eau, c'est diminuer le quantité d'eau traitée.



### Les eaux pluviales

L'imperméabilisation des villes a entraîné le phénomène de ruissellement, en saturant lors des fortes pluies les stations d'épuration.

La prise en compte de l'eau de pluie dans le milieu urbain peut être multiple :

- en favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol (recharge les nappes phréatiques)
- en récupérant l'eau de pluie pour la réutiliser (arrosage, nettoyage, les sanitaires ...)
- en aménageant des espaces d'eau en ville apportant de la fraîcheur (noues, plan d'eau..)

### «Les eaux usées, cocktail toxique ou précieux»

*documentaire de Max Lebsanft.*

Moins de 80 % des eaux usées du monde retournent dans l'écosystème sans être traitées ou réutilisées (estimations de l'ONU). Le traitement des eaux est un véritable enjeu sanitaire. Une gestion des eaux usées globale et durable, associée à l'assainissement et à l'hygiène, est essentielle pour améliorer la santé humaine, la sécurité alimentaire, le développement économique, l'emploi et réduire la pauvreté.

Avec la raréfaction des ressources hydriques, le développement des centres urbains et l'augmentation de la demande en denrées alimentaires, la réutilisation des eaux usées devient de plus en plus attractive et viable. On estime qu'aujourd'hui, plus de 10% de la population mondiale consomme des denrées alimentaires produites avec des eaux usées.

## Eaux vannes - Eaux grises

**Traiter efficacement les eaux usées coûte cher et a un impact sur l'environnement d'où l'intérêt de dissocier le traitement des eaux grises et eaux vannes.**

### Les eaux-vannes

Elles sont exclusivement issues des toilettes. Également appelées eaux noires, elles charrient des matières fécales, de l'urine ainsi que des produits toxiques tels que des résidus de médicaments. Ce sont les eaux usées les plus polluantes en raison de la présence de rejets organiques azotés et de germes (virus ou bactéries) potentiellement pathogènes.

Dans l'éco quartier de Lübeck en Allemagne, les eaux vannes transitent par des canalisations sous vide vers une unité d'hygiénisation à haute température puis vers un digesteur anaérobie qui produira un biogaz et un « digestat » (valorisé en agriculture).

D'autres pistes de recherche ont lieu dans ce domaine, pour limiter la consommation d'eau (toilettes sèches).

### Les eaux grises

Les eaux grises concernent toutes les autres eaux usées de la maison. Il s'agit de l'eau de la douche, de la baignoire, du lavabo ou de la machine à laver. Les eaux grises contiennent moins de polluants que les eaux vannes (20 fois moins de matière organique) et peuvent être réutilisées.

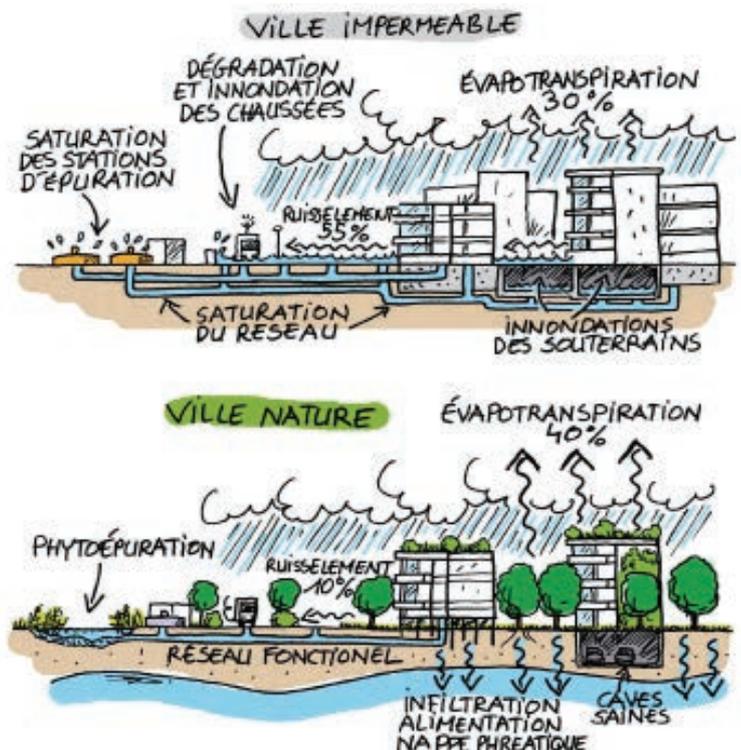
Les eaux grises peuvent être réutilisées ou traitées par phytoépuration (lagunage naturel, filtres plantés de roseaux, jardins filtrants..)

La station d'épuration du futur (imaginée par l'institut Fraunhofer de Stuttgart) : une bioraffinerie autonome en énergie, qui revalorisera les boues d'épuration, déchets organiques, les graisses de cuisson... en phosphore et azote.

Sources :

« Économie et biodiversité – Marc Barra, Laurent Hutinet, Gilles Lecuir »

« L'assainissement écologique des eaux usées domestiques Vers un mode de gestion durable – Dominique Dupont »



Illustrations : Boris Transinne

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

**SOLUTIONS ADAPTEES A DE GRANDES AGGLOMERATIONS**

Considérer les eaux usées comme une ressource et non comme une nuisance



Site de retraitement des eaux usées à proximité de Tel-Aviv, le **Shafdan's Wastewater Treatment System**, a été mis en place dans ce but. Visité le 6 juin 2017 par une délégation de journaliste de l'Association française de journaliste agricole (AFJA).

Le site traite 370 000 m<sup>3</sup> d'eau usées en provenance de 2,5 millions d'habitants, soit près d'un tiers des habitants du pays. « Tout est à destination de l'agriculture », a expliqué un membre du Shafdan. Pour cela une canalisation de 120km de long apporte l'eau jusque dans le Sud du pays. Shafdan utilise des techniques de recyclage des eaux usées classiques (filtrage des grosses particules, bassins de décantation, digesteurs, etc) mais également un système de filtrage sur un an à travers le sable. Shafdan exploite ainsi le réservoir d'une nappe phréatique qu'elle approvisionne par la surface et dont l'eau est filtrée par une strate de sable. Ce sable est régulièrement retourné ce qui permet de détruire, grâce aux rayons lumineux, les dernières bactéries et autres éléments. Le prix de l'eau en Israël est déterminé par le gouvernement et l'agriculteur ne paye qu'un tiers du prix (de 0,55 à 0,75 euros / m<sup>3</sup>, selon les sources).

**Les solutions développées par la société IGUDAN en Israël:**

- gère 40% des eaux usées du pays
- transforme les eaux usées en eau propre: 85% recyclé
- 1/2 des 85% utiles pour l'agriculture
- les boues résiduelles permettent de produire du biogaz + des engrais
- usine qui emploie environ 100 personnes
- usine autonome en énergie (solaire)
- usine qui intègre un centre de formation

# ÉTUDES DE CAS DE LA VILLE DE NOUAKCHOTT

par les Ateliers internationaux de maîtrise d'œuvre urbaine en 2014.

«Nouakchott, l'avenir pour défi - Adaptation et mutation d'une ville vulnérable».

## A court terme, maîtriser l'eau dans la ville et créer des réseaux locaux d'assainissement

L'eau, élément vital, moteur et si rare à Nouakchott est devenu au fil des années négatif et nuisible. Il présente désormais des risques vis-à-vis des populations. Toute la partie basse de sebkhas située le long du littoral avec ses sols quasi imperméables et une nappe salée à très faible profondeur constitue une sorte de réceptacle ultime pour les eaux. Ces zones, dont le sol est d'ores et déjà saturé par les eaux usées du fait de l'absence de réseau d'assainissement et par les fuites du réseau d'eau potable, se retrouvent désormais systématiquement inondées en période d'hivernage lors des épisodes de pluie. A très court terme, il est impératif de concevoir un système de gestion des eaux et de s'orienter vers une intégration de zones de rétention ou de lagunage. Les systèmes d'assainissement et de drainage doivent nécessairement être adaptés à la topographie générale très plate de la ville, avec de multiples points bas plus ou moins imperméables. Cette gestion doit s'effectuer à l'échelle locale.



Les lagunes peuvent avoir un attrait paysager

Source : Dessin Isabel Fiadero

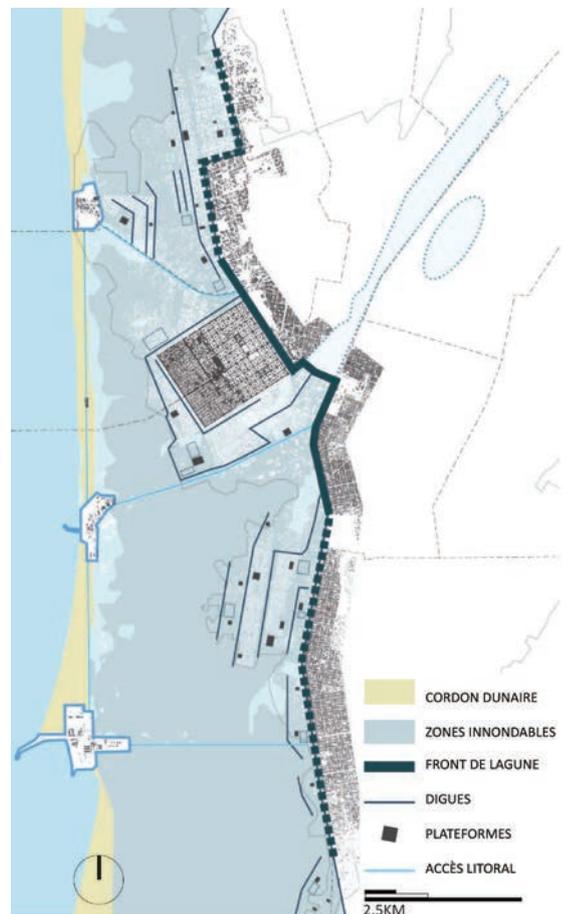
## A long terme, redonner sa place à l'eau

Nouakchott est l'une des capitales du monde les plus menacées par le changement climatique. Outre l'augmentation probable des pluies en saison d'hivernage provoquant des inondations, elle est également menacée par l'élévation du niveau de la mer et l'érosion du cordon dunaire qui la protège. C'est donc également sur le plus long terme qu'elle doit bâtir une stratégie de gestion des eaux et anticiper pour mieux être en capacité de s'adapter aux risques climatiques. Toutes les équipes, avec des modalités différentes, se sont prononcées pour la nécessité de redonner, à long terme, sa place à l'eau dans les sebkhas. Plutôt que de lutter avec des solutions extrêmement coûteuses, elles proposent de considérer la mutation des sebkhas vers une zone lagunaire. A terme, celle-ci pourra être une opportunité pour la ville en remplissant plusieurs fonctions notamment :

- › en jouant un rôle de tampon protecteur entre la mer et la ville
- › en offrant un attrait paysager et de loisirs
- › en créant une nouvelle réserve de biodiversité
- › en ayant un rôle épurateur des eaux usées de la ville
- › en autorisant de nouvelles activités économiques (aquaculture, agriculture, loisirs et tourisme)

Il faut d'ores et déjà penser à rendre ces zones totalement inconstructibles afin d'anticiper l'expansion urbaine et créer un plan concerté avec les populations concernées pour accompagner progressivement et de manière contrôlée la réinstallation dans les zones de lagune.

Source : [https://www.ateliers.org/media/workshop/documents/nouakchott\\_fr.pdf](https://www.ateliers.org/media/workshop/documents/nouakchott_fr.pdf)



VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

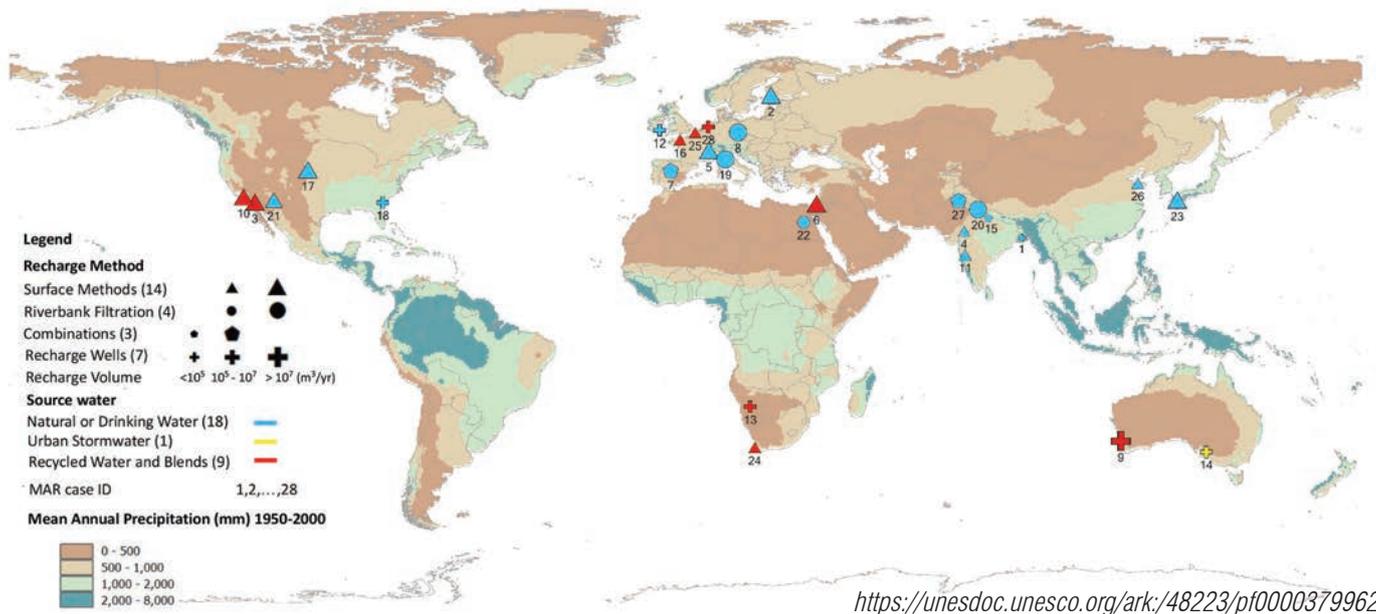
AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTÈME PLANÉTAIRE

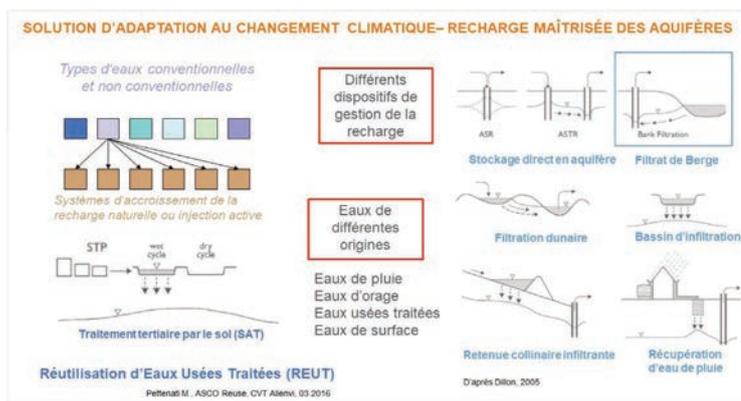
### SOLUTIONS POUR AUGMENTER LA RESSOURCE

Gestion durable des eaux souterraines : de la recharge naturelle à la recharge maîtrisée

Locations of 28 MAR Schemes in "Managing Aquifer Recharge: A Showcase for Resilience and Sustainability" published by UNESCO



Utilisée depuis quelques décennies mais relativement peu répandue, la recharge dirigée des nappes phréatiques par l'homme peut représenter dans certains territoires un complément utile à leur recharge naturelle par les eaux de pluie. Cette pratique nécessite une bonne connaissance hydro-géologique et une analyse des coûts et bénéfices socio-économiques de ces dispositifs.



C'est une pratique qui vise à augmenter les volumes disponibles d'eau souterraine en favorisant, par des moyens artificiels, son infiltration jusqu'à l'aquifère. Elle fait partie d'un panel de solutions innovantes, avec la réutilisation des eaux non conventionnelles (eau de pluie ou eaux usées traitées), ou le dessalement de l'eau mer par exemple. Cette technique nécessite une bonne connaissance du sous-sol et de la nature de l'aquifère sous-jacent. La nappe doit en effet pouvoir stocker l'eau un certain temps et dans des conditions d'interactions hydro-biogéochimiques entre l'eau et roche assurant une qualité acceptable.

Schéma présentant des procédés de recharge maîtrisée (bassin d'infiltration et injection directe) FR

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

### SOLUTIONS POUR AUGMENTER LA RESSOURCE

Trouver des solutions en amont et en aval sans puiser d'autres ressources altérables, non renouvelables.

*Le 24 octobre 2017 a eu lieu l'inauguration de la ferme pilote HELIO de production d'eau potable à partir d'eau de mer et utilisant uniquement les énergies renouvelables. Fonctionnant selon le principe de la distillation solaire, HELIO traite tout type d'eau. Accueillie par La Ville de St Raphaël et la CAVEM, la ferme pilote HELIO est installée au Vieux-Port de St Raphaël*

*Le projet HELIO est co-financé par la Région Paca, L'Etat, BRI France et l'Union Européenne (Fonds Européen de Développement Régional).*



*exemple de désalinisation de l'eau de mer sans énergie altérable*

*Cette solution de dé-salinisation est vertueuse en ce qui concerne la consommation d'énergie mais qu'en est il de son impact écologique et notamment sur la gestion de la saumure. L'élimination de la saumure est un vrai enjeu environnemental devant être pris en considération et étudié lors de l'implantation d'une unité de dessalement. «La saumure est plus dense, elle s'enfonce dans les fonds marins et crée une stratification qui va asphyxier les espèces vivant dans ces fonds», explique Christophe Mori enseignant chercheur. «Cela a notamment des répercussions sur l'herbier de Posidonie. Cette plante est un véritable puits de carbone».*

*Des recherches, notamment au sein de l'université de Stanford, étudient la valorisation et la réutilisation de la saumure.*

## VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

### AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

# REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

## SOLUTIONS POUR AUGMENTER LA RESSOURCE

### Récupérer l'eau présente dans l'atmosphère

Dans le roman de science-fiction *Dune*, de Frank Herbert, les habitants de la planète désertique Arrakis utilisent des pièges à vent pour capturer l'humidité de l'air et la stocker dans des réservoirs. Ce défi technique est crucial dans les régions désertiques de notre planète pour atteindre une certaine autosuffisance en eau. Plusieurs solutions existent déjà mais elles ne sont pas dénuées d'inconvénients. Par exemple, les « filets à brouillard » condensant les brumes matinales sont efficaces... pour peu que le climat et le relief s'y prêtent. Ils sont notamment utilisés au Pérou ou aux îles Canaries, mais en réalité, peu de régions arides sont concernées ! D'autres dispositifs sont fondés sur l'absorption de l'humidité par des matériaux dessiccants comme des gels de silices ou des zéolithes, mais ils nécessitent des taux d'humidité importants (de l'ordre de 70 %, atteint dans certaines zones désertiques la nuit), ou une source d'énergie externe.

Omar Yaghi et ses collègues, de l'université de Californie à Berkeley, viennent de proposer un autre dispositif, utilisant des matériaux de type MOF (des réseaux métalloorganiques poreux), qui permet de récupérer efficacement l'eau, même avec une très faible humidité.

Facilement synthétisables, modulables, les MOF suscitent un réel engouement de la part de la communauté scientifique, notamment pour leurs propriétés de stockage de gaz comme le dihydrogène, le méthane ou le dioxyde de carbone : les nanopores qu'ils forment ont la taille et les propriétés idéales pour retenir ces petites molécules.

L'équipe d'Omar Yaghi a mis au point des MOF capables d'absorber et de stocker de grandes quantités d'eau. Ainsi le MOF-801, à base de zirconium, a des propriétés d'adsorption de l'eau remarquables. Dès 2017, des essais ont montré qu'avec un taux d'humidité faible, de l'ordre de 20 %, un kilogramme de MOF-801 captait jusqu'à 2,8 litres d'eau dans l'air. Il suffit ensuite de chauffer le matériau à 65 °C pour qu'il relargue l'eau. Dans ces conditions, cependant, il a fallu utiliser un dispositif de refroidissement externe pour collecter l'eau liquide.

Omar Yaghi et ses collègues ont modifié le MOF-801 en le chargeant avec du graphite non poreux à hauteur de 33 % de sa masse afin d'améliorer sa conductivité thermique et sa capacité d'absorption. Pour favoriser le cycle adsorption-relargage d'eau en conditions réelles, telles qu'on les trouve par exemple dans le désert de Sonora, en Arizona, les chercheurs ont exploité la variation des conditions entre la nuit (10 à 15 °C, 40 % d'humidité) et le jour (35 à 40 °C, 5 % d'humidité). Le protocole est d'une simplicité remarquable : le MOF-801 est placé sur un plateau à l'intérieur d'un récipient qui sert de collecteur d'eau. La nuit, ce récipient est ouvert : le MOF-801 se charge en eau extraite de l'air. Le jour, le récipient est fermé par un couvercle transparent et correctement orienté face au soleil. La température du MOF augmente alors considérablement, provoquant la libération de l'eau. Ainsi libérée dans l'enceinte du récipient, elle se condense sur les parois isolées de la chaleur du désert par une couche de terre, et coule au fond.

Installé dans le désert de Sonora, ce dispositif contenant 825 grammes de MOF-801 a produit 55 grammes d'eau liquide potable en un seul cycle jour-nuit. D'autres MOF moins onéreux ont montré en laboratoire des performances plus remarquables encore, autorisant les ingénieurs à imaginer une large utilisation de leur dispositif.

Un des obstacles pour l'instant est le prix du zirconium qui constitue le MOF-801. L'équipe d'Omar Yaghi a cependant annoncé qu'elle a mis au point un nouveau composé, le MOF-303, à base d'aluminium, qui pourrait avoir une capacité de piégeage de l'eau deux fois plus importante que le MOF-801. Cette nouvelle génération de MOF présente des perspectives très intéressantes.



*Omar Yaghi et ses collègues préparent leur dispositif pour capter l'humidité de l'air. Il contient un composé poreux qui piège l'eau durant la nuit puis libère le liquide dans la cuve fermée durant la journée, quand la température monte.*

## Metal Organic Frameworks

Source:

Martin Tiago, journaliste indépendant

<https://www.pourlascience.fr/sd/technologie/des-mof-pour-recuperer-l-humidite-de-l-air->

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTÈME PLANÉTAIRE

### CONSTRUIRE EN ZONE INONDABLE

Éviter l'artificialisation des sols

Travailler avec les aléas climatiques et les variations des niveaux des eaux



En réponse, une nouvelle forme d'urbanisme a vu le jour : les villes éponges ou « sponge cities ». Inspirée de méthodes hollandaises, elle a été popularisée par un programme lancé fin 2014 par la Chine. Son objectif est d'améliorer la résilience urbaine face aux inondations torrentielles et de sécuriser leur approvisionnement en eau. D'ici 2030, 80% des aires urbaines devront être capables d'absorber et réutiliser 70% des eaux de pluie qui les touchent. Pour cela, 12 milliards de dollars de subventions publiques et d'investissements privés sont débloqués. Ils financent des centaines de projets de rénovation dans les grandes métropoles chinoises.

**« Dans la nature, la majeure partie des précipitations s'infiltré dans le sol ou rejoint les eaux, mais cet écoulement est détourné par les revêtements imperméables. Désormais, seulement 20-30% des eaux de pluie sont absorbées par les sols des zones urbaines, ce qui entrave la circulation naturelle et a pour conséquence des engorgements et des inondations. »**

La particularité de cet urbanisme « d'éponge » est de rendre à la ville sa perméabilité. Pour cela, la première méthode consiste à recréer des espaces naturels que l'urbanisation a chassé. Toitures végétalisées, marais, lacs urbains, parcs... Tous absorbent une partie des eaux et permettent de ralentir l'afflux dans le réseau de la ville. Outre les espaces naturels, il est possible de construire des routes en béton poreux ou des espaces de jeux pour enfants qui se transforment en bassin de rétention en cas d'inondation.

*«L'objectif est de répondre à deux problématiques auxquelles font face les villes: la surchauffe et les inondations. En effet, à cause de l'asphalte, les villes absorbent la chaleur et repoussent l'eau ! La ville éponge est donc une façon d'aider la ville à faire face à ces problèmes, et ce en s'inspirant de la nature.»*

Mickaël Carlier, président de Novae  
interview:

<https://novae.ca/les-villes-eponges-nouvelle-facon-de-penser-nos-milieus-urbains/>

Exemple dramatique de l'imperméabilisation : en 2010, le documentaire The Big Uneasy révèle comment l'urbanisme est en grande partie responsable des dégâts de l'ouragan Katrina sur la Nouvelle Orléans en 2005. L'enquête nous apprend qu'en 1965, l'ouragan Betsy, d'intensité comparable n'avait inondé que 20% de la ville, contre 80% avec Katrina. Entre les deux événements, des digues sont élevées, des drains sont installés, mais aucun espace vert. La Nouvelle Orléans est alors une île de béton dans le delta du Mississippi.

En 2016, la ville de Wuhan est frappée par de fortes pluies qui paralysent le centre ville. La disparition des lacs est rapidement dénoncée. La ville comptait en effet 127 lacs dans les années 1980, elle n'en compte plus qu'une trentaine aujourd'hui du fait de son urbanisation massive. Pionnière du programme **Sponge City**, la ville recrée depuis quelques années de gigantesques zones humides.

Source:

<https://www.demainlaville.com/la-ville-eponge-modele-de-resilience/>

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

CONSTRUIRE EN ZONE INONDABLE

Construire et aménager la ville en zone inondable c'est possible !



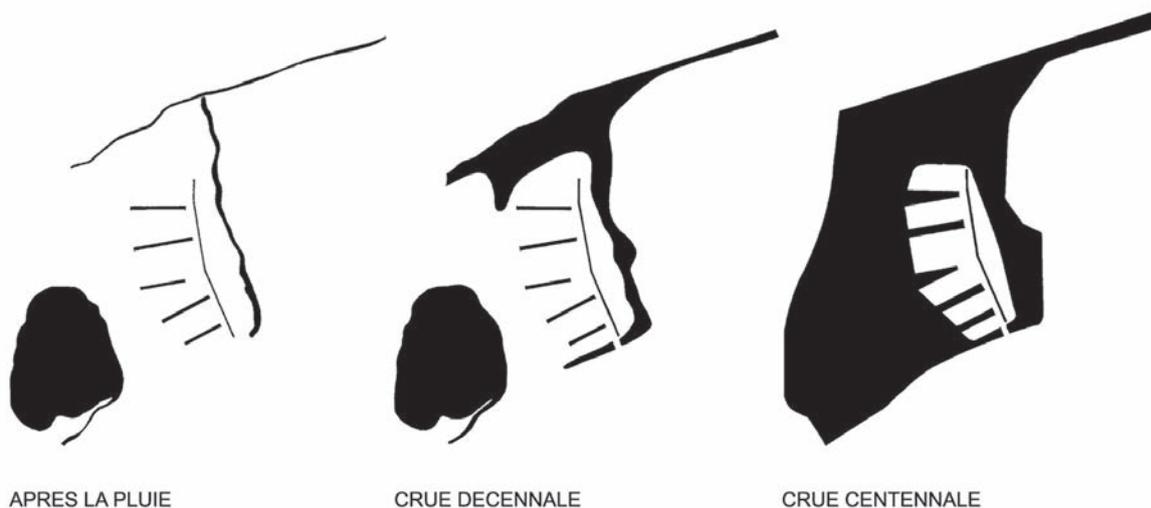
Grand Prix National 2016

Comment mieux bâtir en terrains inondables constructibles  
Linder Paysages



LE PROJET  
«LES RIVES DE BOHRIE»  
A STRASBOURG  
FAIT LA PART BELLE  
A LA VEGETATION  
POUR DES RAISONS  
TECHNIQUE DE GESTION  
INTELLIGENTE DE L'EAU

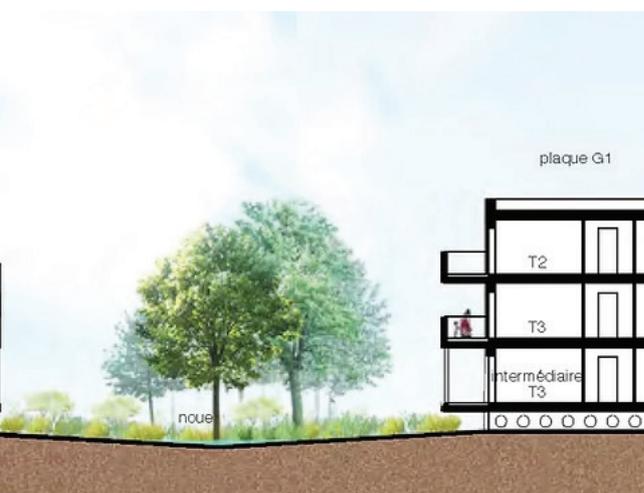




APRES LA PLUIE

CRUE DECENNALE

CRUE CENTENNALE



*En bordure de l'étang du Bohrie, sur un site inondable, en frange de l'urbanisation constituée de pavillonnaire et de grands ensembles, le quartier définit une forme d'« habiter la nature ».*

*La ville se retourne vers le grand paysage au droit d'un quai constituant l'espace public fédérateur du quartier (« la ville à quai »).*

*Il s'ouvre vers l'espace de renaturation qui développera des milieux riediens ainsi que des boisements ello-rhéniens. La voiture, discrète, sera regroupée au sein de parkings collectifs (silos notamment).*

Catherine Linder, architecte paysagiste

## Une qualité paysagère autour de l'eau :

Le quartier est structuré autour de l'eau avec l'étang du Bohrie, le cours d'eau de l'Ostwaldergraben et les zones humides saisonnières et permanentes. L'eau est ainsi mise en scène dans les espaces naturels (fossés, mares, prairies humides, etc...) développant une végétation particulière. Les fossés peu profonds (« noues ») seront secs en temps normal, et remplis d'eau après les pluies. L'eau s'évacuera par la suite vers l'Ostwaldergraben. Les circulations piétonnes, chemins sur digues, pontons d'accès aux berges de l'étang, permettront de profiter de ce paysage. La végétalisation importante du site participera au déploiement de la trame verte sur le territoire.

## Habiter la nature

Une large place sera laissée libre de toute urbanisation. En effet, sur les 50 hectares du périmètre du projet, *seules 30 % de la surface seront urbanisés*. Les espaces libres seront occupés par :

- une prairie hygrophile (végétaux qui ont besoin de beaucoup d'humidité pour se développer) en légère dépression par rapport aux espaces bâtis et permettant de stocker les eaux en cas de crue;
- un espace de renaturation permettant à la biodiversité de se développer cet espace est déjà en place et en gestion par le conservatoire des sites alsaciens;
- deux bois existants et conservés par le projet;
- un espace dédié à 90 jardins familiaux;
- un espace de maraîchage;

Source:

<https://www.linderpaysage.com/les-rives-du-bohrie>

VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

## REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

### FACE A LA SÉCHERESSE

Construire en prévision des sécheresse à venir

L'été 2022, a été la confirmation des modifications majeures du climat liées au réchauffement climatique avec des canicules à répétition et des sécheresses en découlant.

Pour limiter ce phénomène, des adaptations sont possible :

- Réduire les surfaces minéralisées et expansion du végétal (réduisant ainsi les îlots de chaleur)
- Redonner une place à l'eau (remise à ciel ouvert des anciens cours d'eau)
- Réduire les émissions de chaleur anthropique (ex : action sur la mobilité ...)

### SÉCHERESSE : UNE FATALITÉ?

Sécheresse et désertification. La végétation au cœur du combat, combat mené par Lélia Wanick et Sebastião Salgado. Avec 2 millions d'arbres plantés (293 espèces différentes) en 20 ans, ils ont redonné vie à la région de Minas Gerais, recréant un écosystème.

Les arbres, qui couvrent 30% des terres émergées, créent et protègent les sources d'eau mais absorbent plus d'un tiers du dioxyde de carbone émis par les activités humaines. Rasés, brûlés, dégradés, ils ne jouent plus leur rôle de capteurs de CO<sub>2</sub>, en sont même émetteurs . Et menacent d'assoiffer la planète.

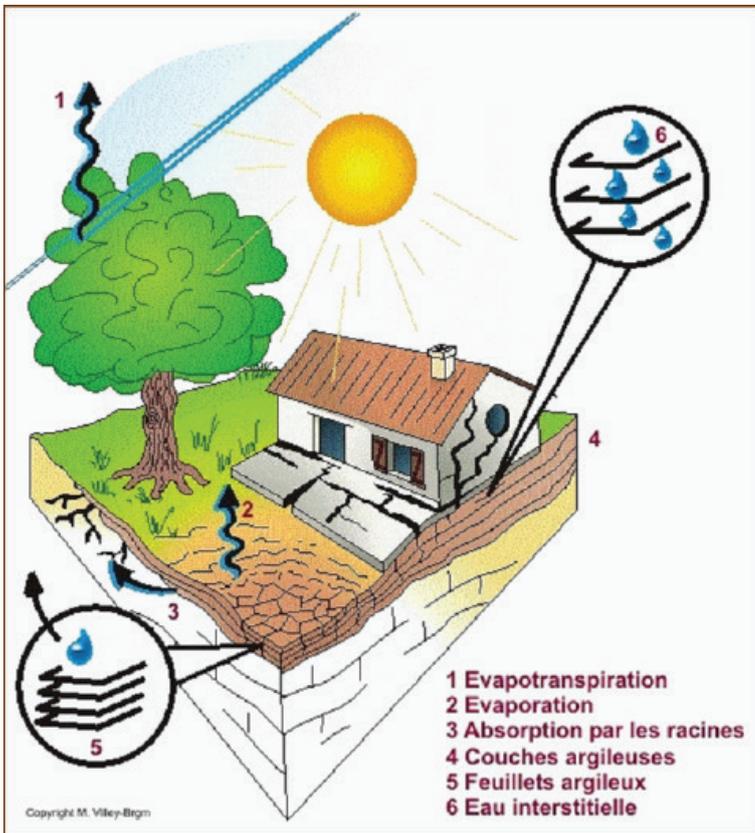


*La pluie vient du sol. Quand il n'y a plus de végétation et de zones humides, il n'y a plus de pluie.*

## SÉCHERESSE ET SOLS ARGILEUX

Les sols argileux se modifient en fonction des variations de quantité d'eau dans le terrain. Lors des périodes de sécheresse, le manque d'eau entraîne un tassement irrégulier du sol en surface : on parle de retrait. À l'inverse, un nouvel apport d'eau dans ces terrains produit un phénomène de gonflement.

Pour des pays au climat tempéré, comme la France, les argiles sont souvent saturées en eau, ce qui limite le gonflement d'un terrain. Les mouvements les plus importants sont donc observés en période sèche. Les sinistres engendrés entraînent des coûts de réparation très lourds et peuvent même, aboutir à la démolition de la maison lorsque les frais nécessaires à sa réparation dépassent sa valeur.

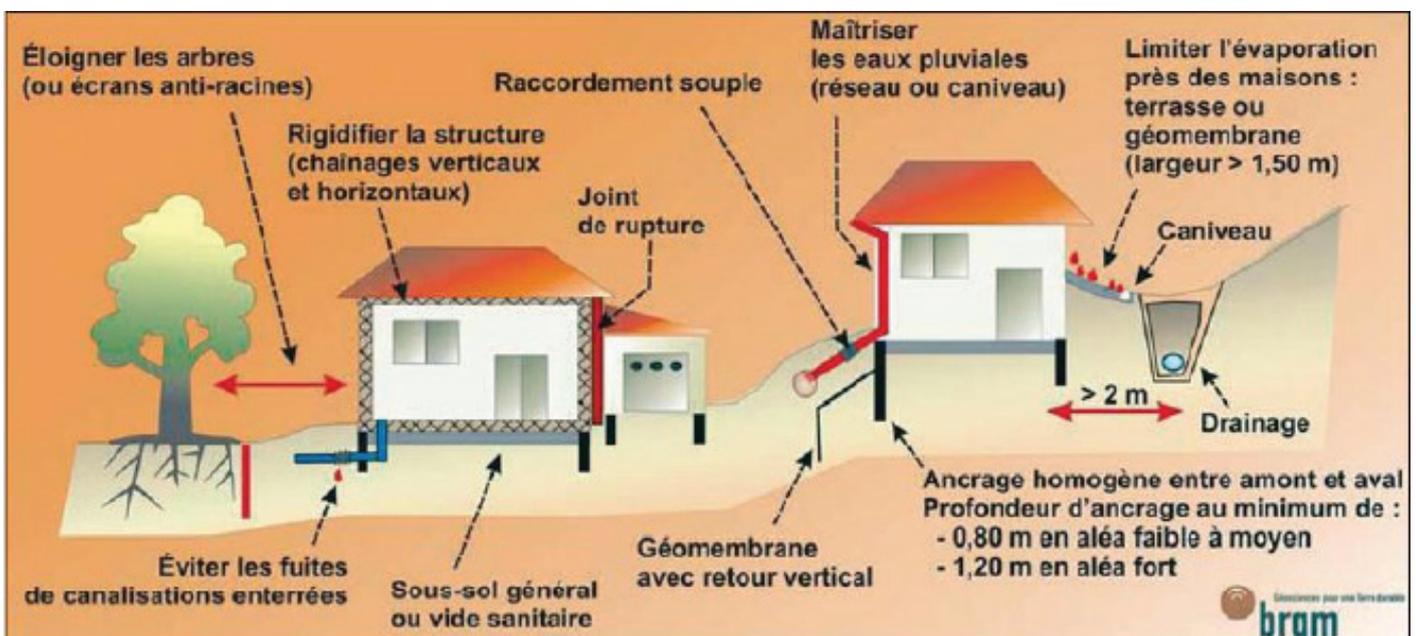


Les mouvements de sol induits par le retrait gonflement des argiles constituent un risque majeur en raison de l'ampleur des dégâts matériels qu'ils provoquent, notamment parce qu'ils touchent la structure même des bâtiments. Les bâtiments sont principalement des maisons individuelles avec des fondations peu profondes.

Ce phénomène, représente 38 % des coûts d'indemnisation du dispositif Cat Nat (catastrophes naturelles) après les inondations.

Afin de prévenir ces désordres, une carte identifiant les zones à risque avec l'importance de l'aléa a été élaboré par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Dans les zones exposées (moyen à fort risque), une étude géotechnique de conception sera indispensable. Cette étude et des préconisations adaptés permettront d'éviter toutes détérioration futures du bâti.



## VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

### AUJOURD'HUI: DES SOLUTIONS

# REPARER LA VILLE L'ÉCOLOGIE AU COEUR DU SYSTEME PLANETAIRE

## LES VERTUS D'UNE EAU NATURELLE

### Responsabilité d'une histoire et bienfaits d'une gestion vertueuse de l'eau

Ville de l'ancienne province d'Echizen dans la préfecture de Fukui, Ono a bâti son histoire et sa culture autour des ressources naturelles abondantes dont elle bénéficie, et notamment de sa nappe phréatique.

La ravissante ville d'Ono fut édifée par Kanamori Nagachika en 1576 sur le modèle de Kyoto, ce qui lui vaut le surnom de «petite Kyoto du Hokuriku». Comme perdue au milieu des montagnes, elle constituait à cette époque un point stratégique de la route du Minokaido qui reliait les provinces d'Echizen et de Mino.

Les habitants d'Ono se feront un plaisir de vous accueillir dans cette petite ville chargée d'histoire, entourée de montagnes attrayantes et qui a su exploiter les bienfaits de son exceptionnelle réserve d'eau pour continuer à prospérer. La ville d'Echizen-Ono se caractérise en effet par sa nappe phréatique abondante et ce n'est pas un hasard si l'on décida de bâtir, il y a plus de 4 siècles de là, la capitale du seigneur Kanamori Nagachika dans cette plaine humide où jaillissent en quantité de nombreuses sources naturelles. Le centre-ville a été conçu dès sa construction au XVI<sup>e</sup> siècle avec un système complet d'approvisionnement et d'évacuation d'eau. Ce réseau de puits et de canaux de drainage est toujours utilisé par les habitants pour leurs besoins quotidiens et son taux de rendement de distribution reste de 20%. La plupart des ménages consomment de l'eau venant directement de la nappe au point que la gratuité de l'eau relève d'une évidence pour les locaux. 70% des ménages possèdent leur propre puits (soit 8 163 puits privés) et aujourd'hui encore, il est courant de forer un puits lors de la construction d'une nouvelle maison, ce qui constitue un cas unique au Japon. L'eau est donc un élément essentiel, qui fait partie du quotidien des habitants et qui a joué un rôle crucial dans l'histoire et la culture de la ville, dans des secteurs comme l'agriculture, la gastronomie, l'industrie et l'urbanisme.

## Ono, cité de l'eau



*Dans les années 70, la ville de ONO au Japon (prix de l'Eau du Japon en 2013 décernée par le Ministère de l'Environnement) a subi une sécheresse historique réduisant la plupart des 8163 puits privés (70% de la population). Historiquement fondée sur l'abondance de l'eau, la ville d'ONO est aujourd'hui gérée par des politiques de protection de la nappe phréatique. L'assemblée dédiée à mesurer les niveaux des nappes, entretient les sources et gère également une «zone humide» de 196 ha de forêts de hêtres qui alimente la nappe. Le système est vertueux.*

*L'étang Karikomi  
Ville d'Ono*



Source du Hongan



Source O-shozu



Source du Hongan



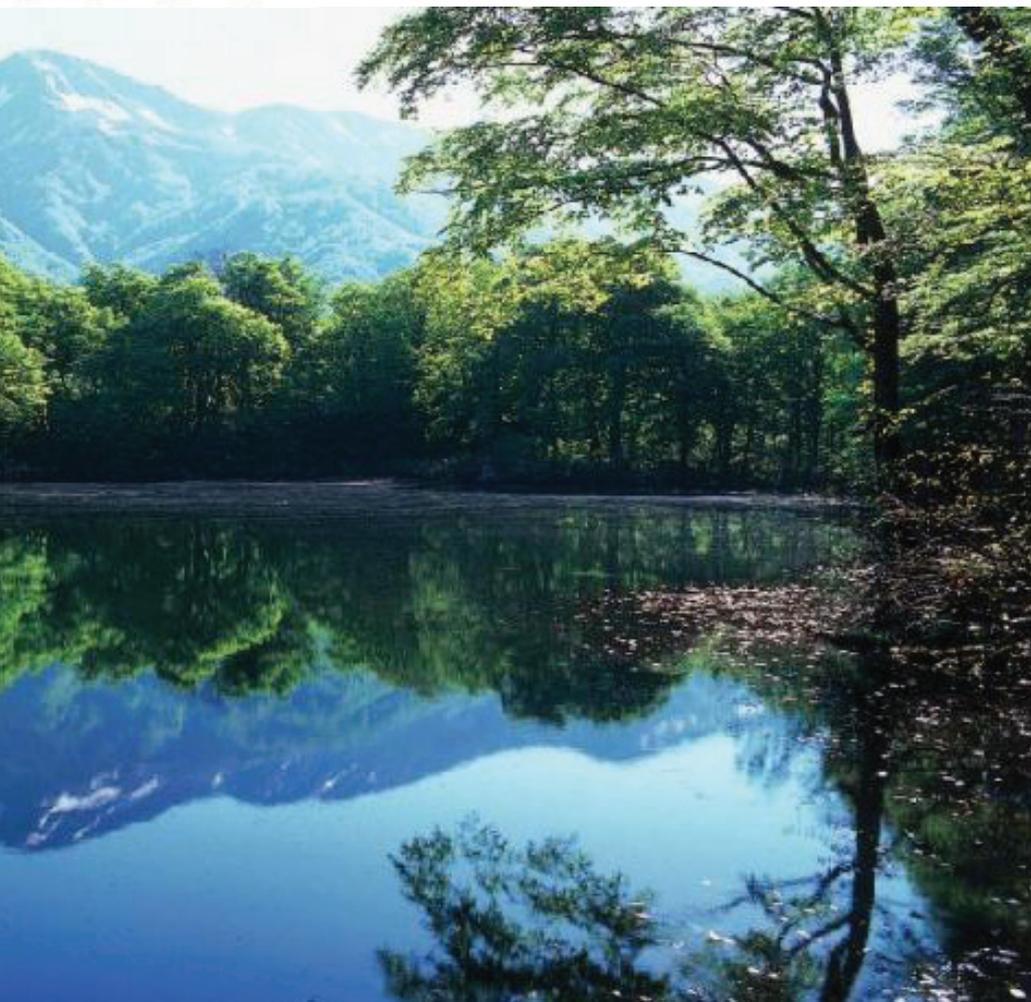
*l'eau de source utilisée pour laver fruits et légumes*

source:  
<https://www.japan-experience.com/fr/decouvrir/>

Kanamori Nagachika aménage peu après sa domination sur la plaine un canal d'irrigation pour conduire l'eau en centre-ville d'une source particulièrement abondante, située au sud de l'agglomération. Certains racontent qu'on la nomme Hongan car il y avait autrefois un temple de la branche Hongan-ji au bord de la source. L'eau du Hongan a longtemps été utilisée pour les besoins quotidiens et contre les incendies. La source fait elle aussi partie de la liste des 100 eaux célèbres du Japon.

En 1934, elle fut également reconnue patrimoine biologique d'importance nationale pour être l'habitat des épinoches le plus austral du Japon.

## 大野市

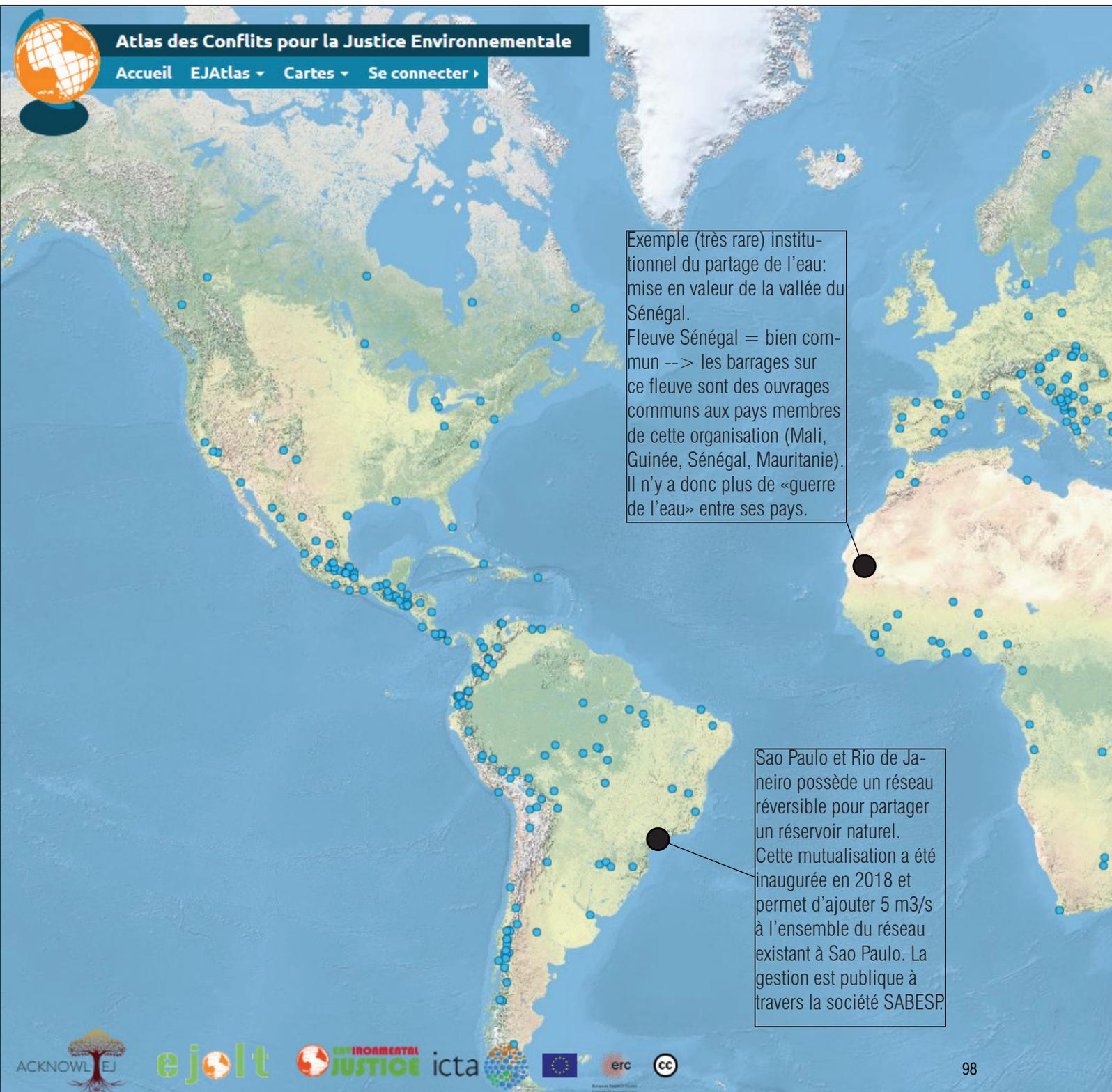


Les autorités locales remettent en valeur ces petits poissons d'eau douce en tant qu'espèce patrimoniale de la ville en construisant en 2001 le musée du « petit village des épinoches » juste à côté de la source. L'établissement a pour but de préserver et de transmettre aux plus jeunes l'importance des ressources aquatiques de la ville d'Ono. Il comprend un aquarium, une exposition sur l'eau dans la culture populaire et propose des ateliers pédagogiques pour les enfants.

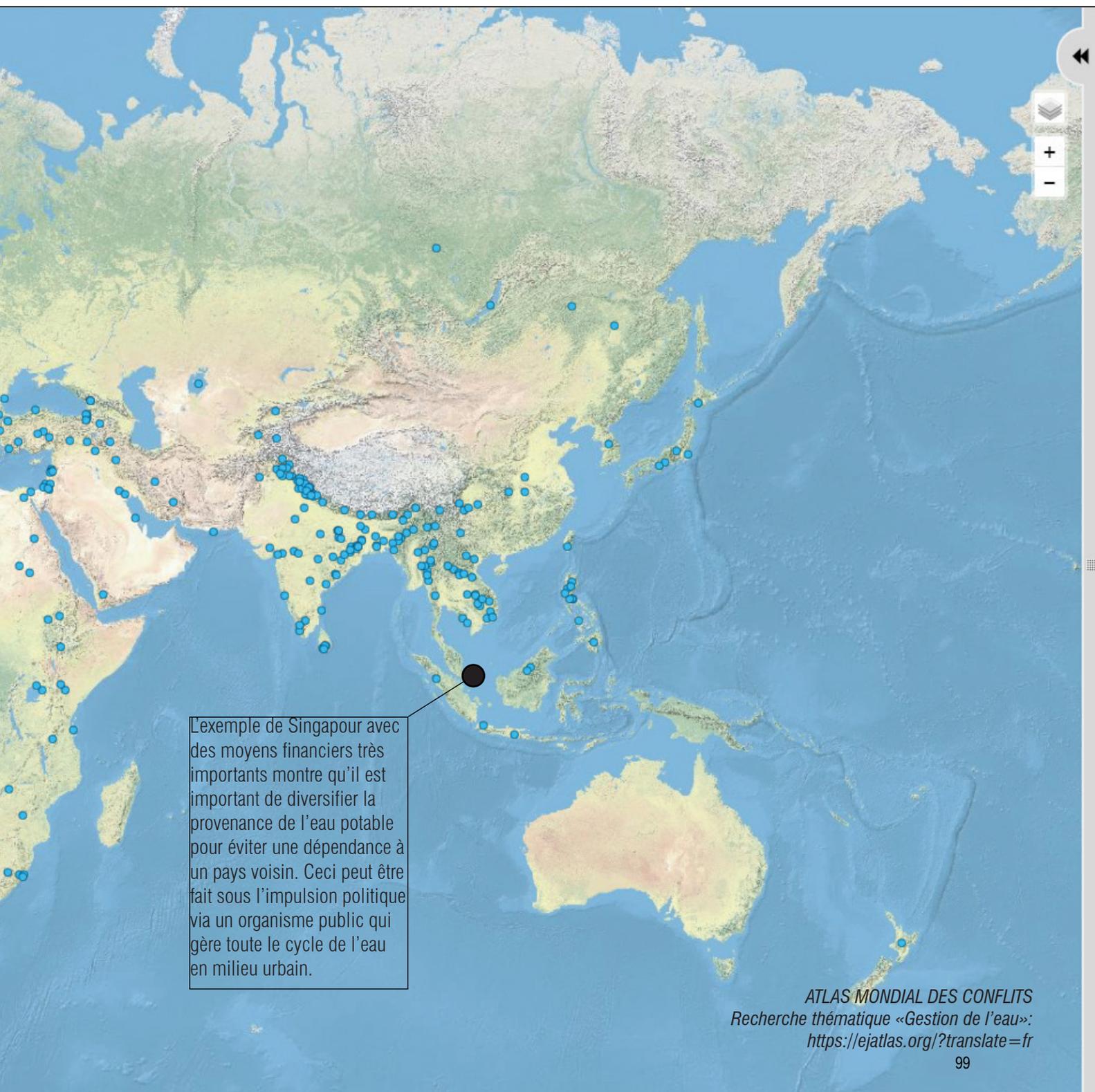
Il n'est pas rare d'apercevoir quelques enfants s'amuser à pêcher des écrevisses dans l'étang du parc. D'origine américaine, ces écrevisses menacent de détruire l'écosystème local en se nourrissant des oeufs des épinoches et leur pêche est fortement encouragée par les autorités.

## VILLES DU FUTUR: ECORESPONSABLES ?

### EVITER LES CONFLITS



# Le principe de gouvernance n'est pas synonyme de clivage



L'exemple de Singapour avec des moyens financiers très importants montre qu'il est important de diversifier la provenance de l'eau potable pour éviter une dépendance à un pays voisin. Ceci peut être fait sous l'impulsion politique via un organisme public qui gère toute le cycle de l'eau en milieu urbain.

# F

## CONCLUSION

L'avenir est inconnu mais l'analyse du rythme croissant des dérèglements naturels nous incitent tous à repenser nos modes de vie.

L'adaptation des Hommes, et donc de leur environnement proche sera déterminante pour garantir leurs conditions de vie.

Faire face rapidement aux extrêmes météorologiques qui frappent l'ensemble du globe devient prioritaire.

Les systèmes à mettre en place doivent être «souples», adaptables et le moins couteux possible.

La thématique de l'eau dans la ville ne peut pas être dissociée de l'aménagement urbain : densité, étalement, végétalisation, choix de mobilité et interactions.

Face à cette complexité, nous ne pouvons apporter que des solutions embryonnaires ou pistes de réflexion.

Nous pensons que certaines réponses n'existent peut-être pas encore et qu'elles seront forcément multiples, liés au lieu et à ses problématiques.

***Il apparait donc essentiel de maîtriser les coûts énergétiques pour garantir l'avenir des grands et petits cycles de l'eau. La meilleure économie est celle que l'on ne dépense pas.***



Barrage de Zervreila  
contient le Valserrhein  
Vals, Grisons, Suisse



## SOURCES / CREDITS

<https://multimedia.ird.fr/IRD/media/71371>

*Film Main base sur l'eau*

[https://www.actu-environnement.com/ae/news/ville\\_paris\\_operateur\\_public-eau\\_6227.php4](https://www.actu-environnement.com/ae/news/ville_paris_operateur_public-eau_6227.php4)

<https://campagnesetenvironnement.fr/reportage-israel-a-la-pointe-de-la-gestion-de-leau/#:~:text=Eaux%20us%C3%A9es%20recycl%C3%A9es-&text=Situ%C3%A9%20%C3%A0%20Rishon%20Le%20Ziyon,%2C5%20millions%20d'habitants.>

<https://www.lausanne.ch/officiel/administration/securite-et-economie/eau/en-relation/lausanne-internationale-solidarite-eau/solidarite-eau/eau-nouakchott.html>

<https://aimf.asso.fr/Nouakchott-Projet-communautaire-d-Access-a-l-eau-et-a-l-assainissement-PCAEA2.html>

<https://ecodistricts.org/2021/04/05/creating-resilient-and-inclusive-communities-a-case-study-of-the-sustainable-city-dubai/>

<https://www.arabiaweather.com/fr/content/les-villes-ponges-l39arme-de-la-chine-contre-les-inondations>

<https://leseclaireurs.canalplus.com/articles/decouvrir/les-sponge-city-le-modele-chinois-pour-lutter-contre-les-inondations>

<https://www.vie-publique.fr/en-bref/284713-nouveau-rapport-du-giec-des-solutions-face-au-rechauffement-climatique>

<https://www.google.fr/amp/s/www.novethic.fr/amp/actualite/infographies/isr-rse/rapport-du-giec-agir-pour-le-climat-ne-coute-pas-si-cher-on-vous-explique-pourquoi-en-une-infographie-150702.html>

<https://www.google.fr/amp/s/m.reporterre.net/Jacques-Chirac-l-histoire-de-sa-phrase-culte-Notre-maison-brule-et-nous-regardons-ailleurs>

<https://www.novethic.fr/actualite/economie/isr-rse/secheresse-l-augmentation-du-risque-pour-les-habitations-force-a-revoir-les-regimes-d-assurance-150690.html>

<https://www.kipopluiie.com/eau-climat-5eme-rapport-giec/>

<https://pro.hydrao.com/blog/nouveau-rapport-du-giec-et-eau-synthese-du-rapport-scientifique-sur-les-changements-climatiques/>

<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/climate-change-water-fr.pdf>

<https://www.construction21.org/france/articles/h/16-villes-du-sahara-un-imperatif-de-resilience-face-au-changement-climatique.html>

<https://bonpote.com/>

*L'homme et le cycle de l'eau*

Sources : Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute de Saint-Pétersbourg) et UNESCO, 1999 ; Max Planck Institute for Meteorology, Hambourg, 1994 ; Freeze, Allen, John, Cherry, Groundwater, Prentice-Hall : Engle wood Cliffs NJ, 1979

« La vie Re-belle » : <https://lavierebelle.org/comprendre-les-cycles>

<https://agence.eaudugrandlyon.com/cycle-eau.aspx>

<https://www.eau-artois-picardie.fr/education-leau-dossiers-thematiques/gestes-eco-citoyens>

*La relation entre l'homme et l'eau a travers les ages*

Article : « L'eau et le sacré » Driss Khrouz, Fondation Esprit de Fès

L'eau à découvert Agathe EUZEN, Catherine Jeandel et Rémy Mosseri

[http://www.academie-eau.org/fr/eau\\_mythologies\\_et\\_cosmogonies-83.html](http://www.academie-eau.org/fr/eau_mythologies_et_cosmogonies-83.html)

<https://chemindeleau.com/L-EAU-DANS-LA-BIBLE.html#12/47.8642/5.3353>

Articles : Symbolisme des eaux par Gilbert Durand (Encyclopédie Universalis)

Ville Erderven – Histoire d'eau

*L'eau domestiquée*

<https://journals.openedition.org/traces/8299>

*L'architecture romaine de l'eau*

[https://ww2.ac-poitiers.fr/histoire-arts/sites/histoire-arts/IMG/pdf/l\\_architecture\\_romaine\\_de\\_l\\_eau.pdf](https://ww2.ac-poitiers.fr/histoire-arts/sites/histoire-arts/IMG/pdf/l_architecture_romaine_de_l_eau.pdf)

DESS Ingénierie: Les usages de l'eau au cours de l'histoire – Lydie Devulder

L'approvisionnement en eau

<https://www.lenntech.fr/procedes/desinfection/histoire/desinfection/histoire-traitement-eau-potable.htm>

<https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Aqueduc.html>

Revue Niponica N° 15 2015

«Japon une histoire d'eau»

Article de Laurent-David Samama « L'eau et les hommes »

*l'eau et l'hygiène*

<http://www.nestorderidder.be/petite-histoire-de-lhygiene/>

*Gestion des eaux usées*

<https://www.cieau.com/le-metier-de-leau/ressource-en-eau-eau-potable-eaux-usees/histoire-des-eaux-usees/>

*Un exemple de gestion traditionnelle dans les pays arides*

<https://blogs.mediapart.fr/soutien-parti-e-de-campagne/blog/251119/algerie-le-partage-de-leau-une-organisation-sociale-autonome-echelle-humaine>

Article « *La foggara en Algérie : un patrimoine hydraulique mondial* »

Boualem Remini, Bachir Achour et Rabah Kechad

Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 23, n° 2, 2010, p. 105-117.

Mémoire (Magister en hydraulique) - «Etude du système ancestral de captage et de distribution des eaux dans l'oasis de Ghardaia» de KHELIFA ALI

Du système hydraulique ancestral des M'zab aux techniques alternatives pour la gestion des inondations

From the hydraulic system of ancestral M'Zab to Sustainable Urban Drainage Systems for the management of floods par Benmamar S., Poulard C., Berreksi A., Paquier A, Sioussiou R.

Office de protection et promotion de la vallée du m'zab

[http://www.opvm.dz/10\\_Articles/14\\_Les\\_%C3%A9l%C3%A9ments\\_structurant\\_l\\_%C3%A9space\\_urbain/61\\_Les\\_palmeraies/d](http://www.opvm.dz/10_Articles/14_Les_%C3%A9l%C3%A9ments_structurant_l_%C3%A9space_urbain/61_Les_palmeraies/d)

Disparité de la ressource sur terre : Exemples de villes

Classement des Etats et Territoires du monde par accès à l'eau potable: <https://atlasocio.com/classements/economie/infrastructures/classement-etats-par-acces-eau-potable-monde.php>

*cartes du monde*

<https://atlasocio.com/cartes/recherche/selection/acces-eau-potable.php>

*Atlas des conflits pour la justice environnementale*

<https://ejatlas.org/country?translate=fr>



## REMERCIEMENTS

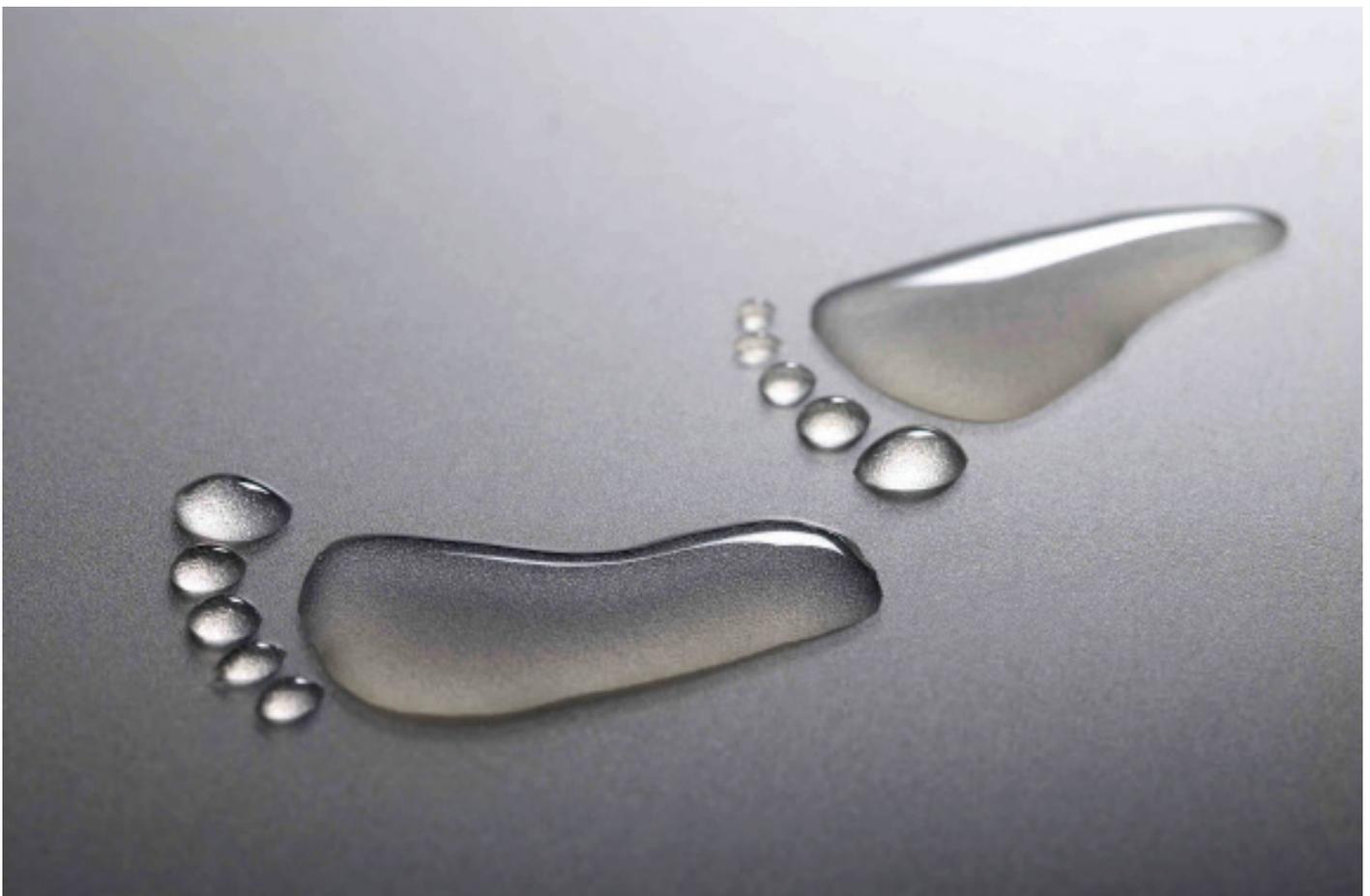
Nous remercions cette formation DDQE avec tous ses intervenants et l'équipe d'encadrement. Elle nous a permis d'élargir notre horizon sur les enjeux de demain et les adaptations possibles pour aller vers plus de résilience.

D'une prise de conscience sur l'importance de nos actes dans nos pratiques.

Elle a été le lieu d'échange, l'opportunité de travailler à deux, de s'enrichir l'un et l'autre grâce à une vision différente, souvent complémentaire.

Un grand merci à nos proches et tous pour cette expérience, qui nous en sommes convaincus, donne un nouveau tournant à notre parcours professionnel.

Nous remercions aussi Romain Famy d'avoir initié ce sujet sur l'eau. Même si notre démarche a suivi une autre voie, notre motivation sur la pertinence de ce sujet nous est commune.





Mémoire de fin de formation DDQE 2021 - 2022  
«Développement Durable et qualité environnementale en aménagement du territoire, urbanisme, architecture et construction»  
23<sup>e</sup> édition Lyon  
Auvergne-Rhône-Alpes

Françoise Richetto, architecte & Flavien Tironi, architecte  
septembre 2022