مركز الدراسات المتوسطية و الدولية
Centre of Mediterranean and International Studies

Konrad Adenauer Stiftung

«LA MEDITERRANEE FACE A LA RAREFACTION DES RESSOURCES EN EAU»

«L'eau, telle une peau
Que nul ne peut blesser».

Paul Eluard

Hôtel Novotel - Tunis
23 et 24 Mai 2017

2017

Tous droits réservés : Konrad-Adenauer-Stiftung
Réalisation et impression : Simpact
ISBN :
TUNIS 2017

SOMMAIRE

AVANT PROPOS 5
AHMED DRISS CEMI, TUNISIE

PANEL I : LE STRESS HYDRIQUE 7

LE STRESS HYDRIQUE EN TUNISIE : SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES 9
Mr. RACHID KHANFIR, AED, TUNISIE.

LES RESSOURCES EN EAU DE LA TUNISIE 17
Mme. YOUSRA BEN SALAH,
DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU.

PANEL II : L'IMPORTANCE D'UNE GESTION DURABLE DE L'EAU 31

L'EAU COMME PATRIMOINE COMMUN DE LA NATION : SITUATION ET PERSPECTIVE EN MEDITERRANEE 33
Mr. BELIGH NABLI, IRIS, FRANCE.

LES PROBLEMATIQUES DE GOUVERNANCE DANS LA REGION MEDITERRANEE POUR GERER LA RARETE DE L'EAU 43
Mme. DELPHINE CLAVREUL, OECD,FRANCE.

PANEL III : POUR UNE STRATEGIE COMMUNE DE L'EAU ... 51

LA SRATEGIE DE L'EAU POTABLE EN TUNISIE 53
Mr. SAAD SEDDIK, TUNISIE.

L'EAU EST UN BIEN PUBLIC ET DOIT LE RESTER 71
Mme. CHISTA HECHT, AOW, ALLEMAGNE.

LE TRAITEMENT DES EAUX, UNE ALTERNATIVE 81
Mr. BECHIR HAMROUNI, TDA, TUNISIE.

Recommandations 99
Mr Jean MARGAT. FRANCE

AVANT PROPOS

Avant-propos

«La pénurie d'eau est l'une des menaces environnementales les plus sérieuses. Nous utilisons plus d'eau que la Terre peut nous donner». (Jonathan Lash - WRI)

Ahmed Driss
Président du CEMI

L'eau, cette ressource rare, est toujours au centre des préoccupations. Sur le plan mondial, il est prévu que la disponibilité de l'eau douce continuera à diminuer pour atteindre 5.100 m3 par habitant par an en 2025. Cette quantité peut être suffisante pour répondre aux besoins de la population mondiale entière si elle est distribuée de manière égale. Mais de nombreux pays d'Afrique, du Moyen-Orient, d'Asie de l'Est et de certains pays d'Europe de l'Est disposent d'une disponibilité d'eau beaucoup plus faible que la moyenne et en dessous de ce que nécessitent les moyens de subsistance. Dans les pays très peuplés d'Asie et d'Afrique, la disponibilité annuelle par habitant varie entre 1 200 m3 et 5 000 m3. On estime qu'aux environs de 2025, environ 3,5 milliards de personnes seront classées dans la catégorie «pénurie d'eau» avec une disponibilité annuelle moyenne de 1 700 m3 par habitant.

Les Nations Unies parlent de la crise de l'eau comme le problème le plus grave parmi les problèmes environnementaux que nous connaissons sur notre planète.

Certes l'exigence minimale biologique par habitant pour la survie humaine est de 2 litres d'eau en 24 heures, mais afin de parler de conditions de vie acceptables, pas moins de 50 litres d'eau par jour pour chaque être humain sont nécessaires pour tous besoins confondus. En réalité, pour des millions de personnes avoir accès à 50 litres d'eau chaque jour est une pure utopie.

L'Organisation mondiale de la santé déclare qu'en dessous du seuil de 50 litres d'eau par jour on peut affirmer que les ressources sont insuffisantes et qu'ainsi 40% de la race humaine vit dans des conditions d'hygiène inacceptable surtout en raison du manque d'eau.

Ainsi:
• Trois milliards de personnes vivent sans système d'assainissement et sans même d'égouts.
• Plus d'un milliard de personnes boivent de l'eau non potable, voir «dangereuse».
• 3,4 millions de personnes chaque année (5 000 enfants par jour) meurent en raison de maladies d'origine hydrique.

La carte mondiale de la disponibilité de l'eau montre que les pays du Moyen-Orient sont les plus à risque. Par ailleurs pour certains pays africains, le problème n'est pas le manque d'eau mais de moyens financiers pour la distribuer à la population.

Selon les agences internationales qui s'occupent de l'environnement, tels que l'IRG (World Resource Institute) ou la WCI (Union mondiale pour la conservation de la nature) ou la PAI (Population Action International), la consommation mondiale d'eau au cours des dernières années a augmenté de six fois, à un taux supérieur à deux fois le taux de croissance de la population ; ce qui en soit présente les éléments de la pénurie généralisée à moyen et à long terme.

En Méditerranée plus particulièrement, l'eau dans les pays du bassin méditerranéen est rare et se répand très irrégulièrement dans le temps et l'espace. Elle est donc soumise à des pressions croissantes, liées à la croissance démographique, au développement et à l'irrigation accrue.
Dans l'ensemble:
• Dans 12 pays de la Méditerranée du Sud et de l'Est, 8 pays utilisent déjà plus de 50% de leurs ressources en eau renouvelable chaque année;
• 2 pays utilisent déjà davantage leurs ressources renouvelables (l'Autorité palestinienne et la Libye);
• en 2025, selon un scénario tendanciel, 10 des 12 pays consommeront plus de 50% des ressources en eau renouvelables et parmi les 8 (qui utilisent déjà plus de 50%), consommeront plus de 100% des ressources renouvelables;
• Dans cette situation de disponibilité limitée, certains pays font déjà recours à l'exploitation des ressources non renouvelables.

Malgré le récent ralentissement de la croissance, la population de la Méditerranée a pratiquement triplé au cours d'un siècle, en particulier dans le Sud et l'Est de la Région.
De nombreux pays du Sud et de l'Est sont encore typiquement ruraux : 26% de la population active en Tunisie, 35% des Égyptiens et 48% de la population turque vivent dans le secteur agricole. L'eau est ainsi une ressource naturelle et économique pour eux. L'exode

rural vers les villes génère des coûts qui peuvent être considérables dans un contexte économique et social instable et à forte inflation. En conséquence, la situation des populations devient de plus en plus fragile et l'opinion publique devient de plus en plus pressente et, dans certaines limites, les risques de conflit augmentent.

L'exploitation des aquifères côtiers a déjà entraîné de nombreuses infiltrations d'eau salée qui sont souvent irréversibles. Plus de la moitié des zones humides méditerranéennes ont disparu avec un fort impact sur les écosystèmes. L'augmentation de la pollution entraîne la dégradation des sources d'eau et entraîne des coûts croissants pour assurer la production d'eau potable et par conséquent le coût de la gestion de l'eau augmente. Les ressources en eau limitées ne permettent plus la sécurité alimentaire de la région malgré la croissance soutenue de la production céréalière.

Ces problématiques ainsi que d’autres, qui ne sont qu’une partie de toutes celles liées à l’eau, ont été traitées au cours de la rencontre que le CEMI avait organisé en collaboration avec la KAS, et que cette publication tentera modestement de couvrir, comme elle essayera de refléter les réflexions engagées autour de la question de la part de décideurs, d’experts et d’acteurs de la société civile.

PANEL I

LE STRESS HYDRIQUE

LE STRESS HYDRIQUE EN TUNISIE

Rachid Khanfir

ingénieur hydrogéologue Association Eau & Développement-

En raison de sa position géographique, la Tunisie est soumise à l'influence de deux climats, l'un méditerranéen au Nord et à l'Est et l'autre saharien au Sud qui sont à l'origine d'une variabilité spatio-temporelle des ressources en eau. Ainsi la pluviométrie moyenne annuelle varie de moins de 100 mm à l'extrême sud à plus de 1500 mm à l'extrême nord du pays. Cette situation fait de la Tunisie un pays à ressources en eau renouvelables relativement limitées. En effet, les ressources ne sont que de 4800 millions de m^3 dont 650 millions de m^3 sont des ressources non renouvelables. Par conséquent, le ratio par habitant et par an n'est que de 436 m^3 qui est considéré faible par rapport aux normes internationales qualifiant les pays disposant de moins de 1000 m^3 par habitant et par an comme pays pauvre en eau.

Cette situation met la Tunisie sous l'effet des pressions dues soit à des sécheresses accentuées, à des problèmes de pollutions, à une surexploitation des ressources plus ou moins importante et même à des risques d'abondance limités dans l'espace et dans le temps qui compliquent davantage la gestion des ressources.

Pour satisfaire les demandes en eau potable des régions déficitaires et des secteurs économiques surtout l'agriculture, la Tunisie est appelée à acquérir une meilleure connaissance de tous ces phénomènes, maitriser tous les apports surtout pendant les années humides et faire recours aux eaux non conventionnelles. En plus, des efforts fournis au niveau de la gestion de l'offre, la Tunisie doit investir beaucoup plus dans la gouvernance de l'eau et l'amélioration la gestion de la demande.

1 - La pluviométrie :

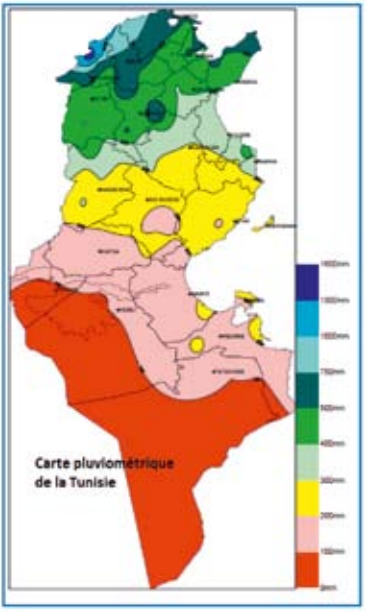
La Tunisie, en raison de sa situation géographique entre la Méditerranée et le Sahara, est un pays aride sur la majeure partie de son territoire. Cette aridité, conjuguée à la variabilité du climat méditerranéen, fait de l'eau une ressource à la fois rare et inégalement répartie dans le temps et dans l'espace.

La pluviométrie moyenne annuelle varie de moins de 100 mm dans l'extrême Sud à plus de 1500 mm dans l'extrême Nord-Ouest, en plus de cette variabilité dans l'espace, la pluviométrie est très variable

dans le temps à l'échelle mensuelle et annuelle.

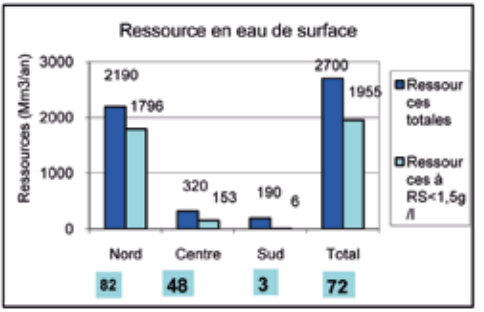
La Tunisie reçoit en moyenne 230 mm/an de pluie; soit 36 milliards de m^3/an. Ce volume se limite à 11 milliards de m^3/an en année de sécheresse généralisée et peut atteindre 90 milliards de m^3 en année fortement pluvieuse.

La pluviométrie annuelle est très variable dans le temps et dans l'espace. Elle est en moyenne de 594 mm au Nord, de 289 mm au Centre et n'est que de 156 mm dans le sud du pays. Le rapport entre les précipitations maximales et minimales varie de 4,4 au Nord à 15,8 au Sud confirmant ainsi l'irrégularité et la variabilité d'une région à une autre.



2 - Les ressources en eau de surface :

Le potentiel en eau de surface est estimé à 2700 millions de m^3/an avec un minimum d'apport de 780 millions de m^3/an en 1993-94 et un maximum de 11 milliards de m^3/an en 1969-70. Le rapport entre le maximum et le minimum des apports varie de 9 dans le Nord à 180 dans le sud tunisien.



Les apports sont aussi variables en allant du Nord vers le Sud, en effet la moyenne dans le nord représente 81% du total du pays, le centre 11% et le sud 8%

Du point de vue qualité, environ 72% du potentiel en eau de surface ont une salinité inférieure à 1,5 g/l (82% des eaux du nord, 48% des eaux du centre et 3% des eaux du sud).

Les ressources mobilisables sont estimées à 2.4 km^3 par an en moyenne. La mobilisation a beaucoup évolué durant ces dernières années grâce à un réseau d'ouvrages hydrauliques qui couvre pratiquement tout le pays et est composé de 34 barrages, 230 barrages collinaires et 894 lacs collinaires.

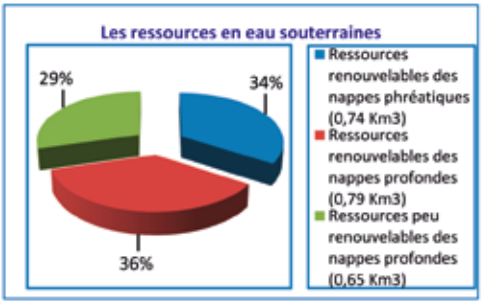
En 2015, la mobilisation a atteint 2.2 km^3 en 2015 ce qui représente 92% des ressources mobilisables 81% des ressources totales.

Les apports aux barrages sont très variables d'une année à une autre. Au cours des années humides de très grandes quantités sont déversées dans la mer, par contre pendant les années de sécheresse les apports sont faibles ce qui se répercute sur les stocks d'eau au niveau des barrages. A titre d'exemple en 1995, à la suite de deux années de sécheresse les stocks ne sont que de 667 millions de m^3 et en 1996 qui est une année humide, le stock est passé à 1336 millions de m^3. En 2016 et suite à deux années de sécheresse, le stock du barrage de Sidi Salem a baissé d'une façon considérable et n'a été que de 100millions de m^3 alors que la capacité est estimée à 500 millions de m^3.

Cette variabilité exige une gestion bien particulière qui prend en considération la succession des années de sècheresse et la maîtrise du maximum d'eau des périodes pluvieuses. Dans ce cadre que plusieurs barrages du nord ont été connecté et leurs eaux ont été transférées vers les zones de fortes demandes (zones côtières)

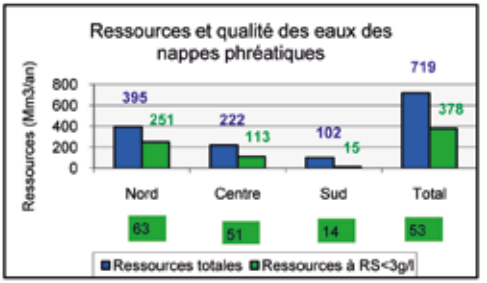
3 - Les eaux souterraines :

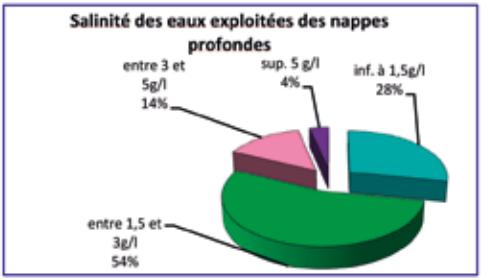
Les ressources en eau souterraines sont estimées à 2.18 km^3/an dont 1.63 km^3 sont renouvelables et emmagasinés dans les nappes phréatiques et dans les nappes profondes du



Centre et du Nord, et 0.65 km^3 sont peu renouvelables dans les nappes profondes du Sud.

Les eaux souterraines en Tunisie sont généralement chargées en sel à cause de la nature lithologique sablo-argileuse de certains aquifères, de leur contact avec les sebkhas et la mer et à l'évaporation pendant les périodes chaudes.

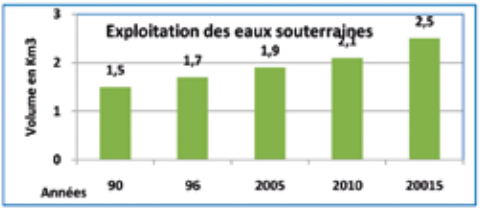




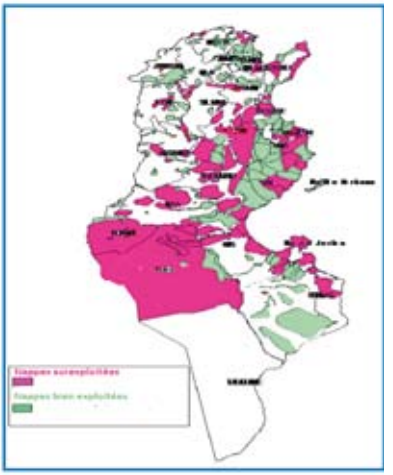
Les ressources en eau souterraine de bonne qualité, de salinité inférieure à 0.5 g/l, sont très limitées et se trouvent généralement dans des nappes très localisées dans le Centre et le Nord. Les ressources en eau des nappes phréatiques ayant une salinité supérieure à 3 g/l représentent 53% du total de ces nappes.

Les eaux prélevées des nappes profondes ayant une salinité inférieure à 1.5 g/l ne représentent que 28% alors les eaux de salinité supérieure à 3 g/l représentent de l'ordre de 18%. Cette qualité de l'eau pose beaucoup de problèmes soit pour l'eau potable (recours au dessalement des eaux saumâtres pour améliorer la qualité), soit pour l'agriculture (salinisation des terres agricoles et recours au drainage).

L'exploitation a évolué d'une façon continue de puis 1990 avec une augmentation de 0.2 km^3 tous les cinq ans, entre 2010 et 2015, l'augmentation est passée au double soit 0.4 km^3. En 2015, le volume d'exploitation a atteint 2.5 km^3 et a dépassé les ressources disponibles qui sont estimées à 2.18 km^3. Le taux d'exploitation est



passé à 115%. La surexploitation intensive de ces dernières années a été enregistrée essentiellement dans le Sud et le Centre du pays suite à des créations anarchiques de forages pour l'irrigation.



La surexploitation a touché plusieurs nappes phréatiques et profondes ce qui a provoqué des baisses importantes. Les nappes peu renouvelables enregistrent des baisses de plus en plus importantes de l'ordre de 1 à 2 m dans le Sud (Kébili). Dans le Centre (Kairouan et Sidi Bouzid), les baisses varient de 0.5 à 0.7 m dans des nappes renouvelables. En plus, plusieurs nappes côtières ont été contaminées par l'intrusion marine.

4 - La sécheresse :

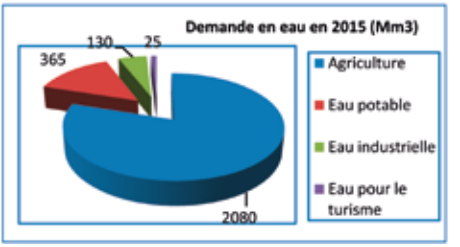
La sécheresse est une composante structurelle du système aride et semi-aride. La Tunisie est soumise à des sécheresses périodiques et plus ou moins longues. Les années de sécheresse les plus fréquents enregistrent des déficits variant de 30% à 50% de la pluviométrie moyenne. Les années sévèrement sèches dont le déficit pluviométrique est supérieur à 50% sont rares dans le Nord et plus fréquentes dans le Centre et le Sud.

Le déficit pluviométrique maximum enregistré durant la période (1982- 1997) était de 55% dans le Nord, 63% dans le Cap Bon, 63% dans le Centre, 83% dans le Sahel et Sfax et 77% dans le Sud.

La sécheresse d'une année est très fréquente dans tout le pays. Les sécheresses de deux années ou plus sont peu fréquentes dans le Nord, moyennement fréquentes dans le Centre et plus fréquentes dans le Sud.

La sécheresse a un impact très important et négatif sur les stock d'eau des barrages et la succession de deux années de sécheresse peut provoquer des perturbations sur la satisfaction de la demande en eau.

5 - La demande en eau :



La demande en eau était de 2,5 Km3 en 1996 et pourrait atteindre 2.8 Km3 en 2030 (MARHP- eau 21). En 2015, la demande totale est estimée à 2.5 Km3. Les prélèvements pour les besoins agricoles (2,08 Km3) représentent 83% de la demande totale, l'eau potable prélève 0.365 Km3 soit 15%, le reste soit 0.155 Km3 est consommé par les secteurs industriel et touristique (2%).

La demande en eau est plus importante dans les zones côtières où l'activité économique est développé (agricole, domestique, industrielle et touristique) et les ressources en eau sont très limitées et de qualité médiocre. Pour répondre à cette demande, l'état tunisien a procédé depuis plusieurs décennies à satisfaire la demande en eau potable du Sahel et Sfax à partir des nappes du Centre.

Depuis les années 80, les barrages ont été interconnectés pour transférer les eaux de surface du nord vers les zones de forte consommation (le grand Tunis, Cap

Bon, le Sahel et Sfax) afin de répondre à la demande agricole, domestique et touristique.

En plus, pour répondre à la demande en qualité de l'eau potable, cinq stations ont été créées pour le dessalement des eaux saumâtres, le volume produit est de 74100 m^3/j. Une centaine de petites stations privées produisent 35 00m^3/j pour le tourisme et l'industrie.

6 - La problématique de l'eau:

Le stress hydrique en Tunisie est du aux problèmes du secteur qui sont multiples et complexes:

Au niveau de la ressource :

- Le niveau très élevé de mobilisation de ressources conventionnelles qui atteint ses limites (techniques et économiques)
- L'équilibre offre-demande qui peut être rompu à moyen terme et plus tôt par l'impact des changements climatiques
- La qualité de l'eau qui se pose comme une contrainte structurelle
- La surexploitation des nappes souterraines et les menaces de dégradation de la qualité de leur eau (et de leur extinction)
- L'envasement des barrages et la réduction de l'offre
- Des ressources en eau disponibles mais loin des centres potentiels d'usage et de production

Au niveau de la gestion :

- Une contribution encore considérable de l'Etat dans le secteur de l'eau
  - ➢ Une participation insuffisante des usagers à la gestion locale de l'eau (nécessitant un appui continu de l'Etat)
  - ➢ La gestion participative des ressources en eau souterraines est encore faible
  - ➢ Un partenariat public privé encore modeste (ne permettant pas de soulager l'effort public)
- La gestion des ressources en eau reste encore fragmentaire bien qu'elle converge vers une gestion intégrée
- La gestion du risque des événements extrêmes est encore peu maîtrisée

Au niveau des coûts d'investissements et/ou d'exploitation:

- Le coût élevé de transfert des eaux conventionnelles et non conventionnelles vers les lieux potentiels d'usage
- Des coûts élevés d'exploitation (énergie et maintenance)
- Coûts de rénovation et de modernisation élevés (Vétusté des infrastructures hydrauliques)

Au niveau des pratiques et des usages

- Accroissement de la concurrence sur l'eau entre les différents secteurs (socio-économiques et environnemental)
- Population de plus en plus exigeante en matière de qualité et de sécurité d'approvisionnement en eau
- Des périmètres irrigués peu performants (problèmes nombreux)

7 - Conclusion:

- Améliorer la capacité d'adaptation du pays face aux pénuries structurelles.
- Maîtriser les risques dans la gestion quantitative et qualitative de l'eau dans une perspective d'adaptation aux changements climatiques
- Optimiser la valorisation de l'eau en termes socio-économiques
- Renforcer la préservation des ressources en eau par la maîtrise des phénomènes anthropiques et de leur impact
- Garantir l'accès à l'eau et sécuriser le service de l'eau en quantité et en qualité à tout usage.

Références bibliographiques :

1. DGRE: Annuaires Pluviométriques
2. DGRE: Annuaires hydrologiques
3. DGRE: Annuaires d'exploitations des nappes profondes
4. DGRE: Situation de l'exploitation des nappes phréatiques
5. MARHP: Stratégie du secteur de l'eau à l'horizon 2030 - EAU 21
6. ITES: Les systèmes hydrauliques à l'horizon 2030
7. Rapport national du secteur de l'eau - Année 2015

LES RESSOURCES EN EAU DE LA TUNISIE

Mme YOUSRA BEN SALAH

Ingénieur Général
Sous Directeur des Etudes et Recherches Hydrogéologiques
Direction Générale des Ressources en Eau
Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche

I - INTRODUCTION :

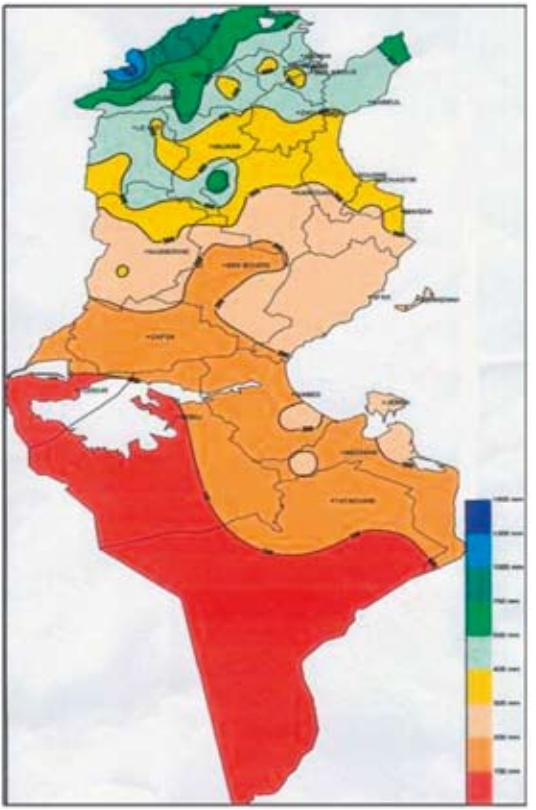
Vu sa position géographique, la Tunisie est caractérisée par un climat variable aussi bien à l'échelle spatiale que temporelle. En effet, la Tunisie est influencée par deux climat l'un méditerranéen au Nord, l'autre saharien au Sud. Les étages bioclimatiques y varient du subhumide au Nord vers le saharien au Sud en passant par le semi aride et l'aride supérieur et inférieur (figure n° 1).

Figure n° 1 : Les étages bioclimatiques de la Tunisie

La pluviométrie varie de moins de 100 mm/an au Sud à 1500 mm/an à l'extrême Nord (figure n° 2) avec des moyennes qui varient selon les régions naturelles du pays comme suit :

- Nord : 400 à 1500 mm/an,
- Centre : 200 à 400 mm/an,
- Sud : moins de 100 mm/an.

Figure n° 2 : La pluviométrie moyenne en Tunisie



Dans le temps, la pluviométrie est variable aussi bien à l'échelle mensuelle que annuelle. On note que la pluviométrie excédentaire de l'année hydrologique (1969-1970) a engendré un apport de 90 Milliards de m^3, celle d'une année sèche peut baisser jusqu'à 11 Milliards de m^3 en sachant qu'en moyenne la Tunisie reçoit une pluviométrie de 230 mm/an qui engendre un apport de 36 Milliards m^3/an.

II - LES RESSOURCES EN EAU DE SURFACE :

Les apports en eaux de surface sont variables à l'échelle des régions hydrographiques et à l'échelle du temps. Aux niveaux des sept régions hydrographiques du pays (figure n° 3), les apports moyens varient de 95 Mm3/an à la région de «Chott el Gharsa et Sebkhets el Naouel-Sidi Mansour» à 1000 Mm3/an à la région de «Méjerdah-Ghar el Melh» (Tableau n° 1). A l'échelle temporelle, les apports sont très variables comme le montre la figure n° 4 avec une moyenne pluriannuelle de 2700 Mm3/an.

Figure n° 3 : Les régions hydrographiques de la Tunisie

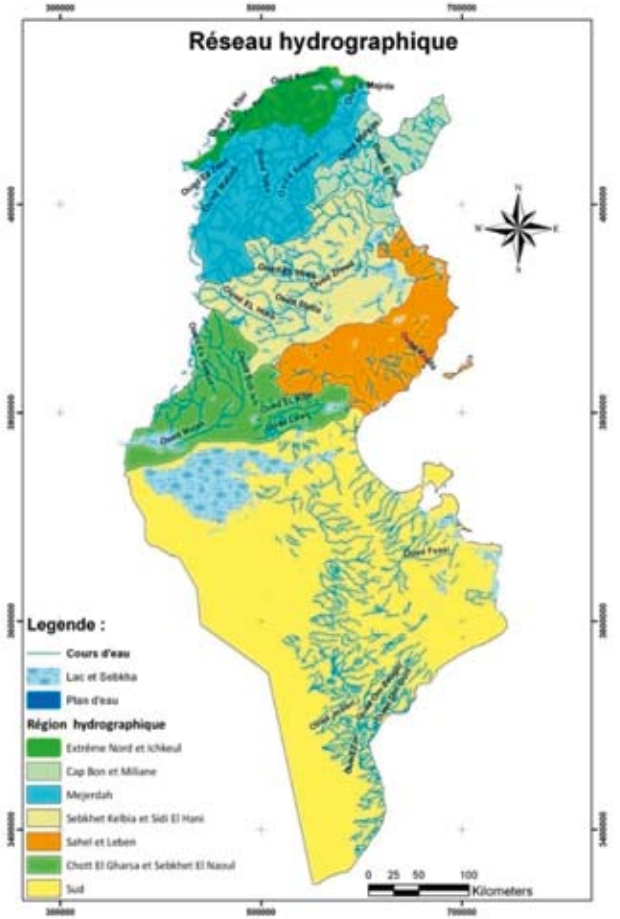
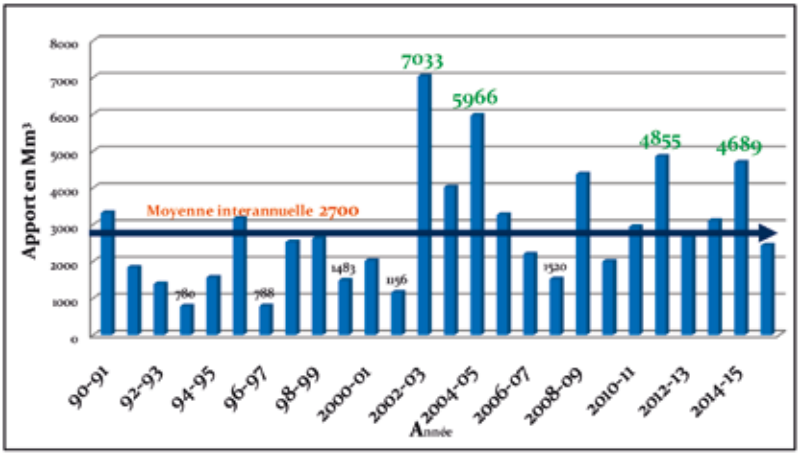


Tableau n° 1 : Les apports moyens en eaux de surface

Secteurs	Apport moyen Mm³/an	Pourcentage %
Extrême Nord et Ichkeul (Région 3)	960	36
Cap Bon, Oued Miliane et Sahel Nord (Région 4)	250	9
Méjerdah-Ghar el Melh (Région 5)	1000	37
Sebkhet Kelbia-Sidi elHani (Région 6)	212	8
Sahel de Sousse et Sfax et L'Oued el Lebben (Région 7)	63	2
Chott el Gharsa et Sebkhets el Naouel-Sidi Mansour (Région 8)	95	4
Sud (Région 9)	120	4
Total	**2700**	**100**

Figure n° 4 : La variabilité des apports moyens en eaux de surface



III - LES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES :

A l'inverse des eaux de surface, les ressources en eau souterraines sont importantes au Sud du pays comme le montre la figure n°5, toutefois ces ressources du Sud présentent plusieures particularités : elles sont des ressources peu renouvelables partagées avec l'Algérie et la Libye qui renferment principalement le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS) avec ses deux niveau aquifères : le Complexe Terminal et le Continental Intercalaire (figure n°6).

Le bilan des ressources en eau souterraines est consigné au tableau n° 2.

Figure n° 5 : Les ressources en eaux souterraines de la Tunisie

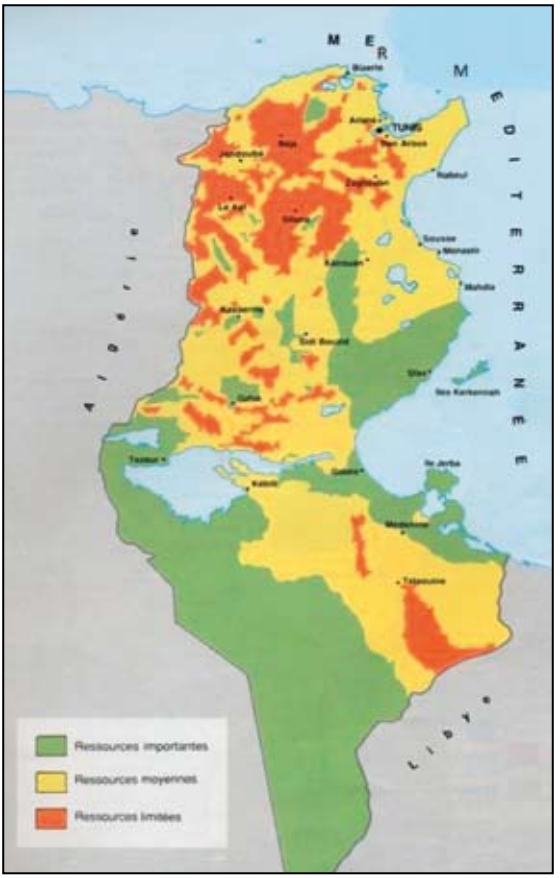


Figure n° 6 : Le Système Aquifère du Sahara Septentrional

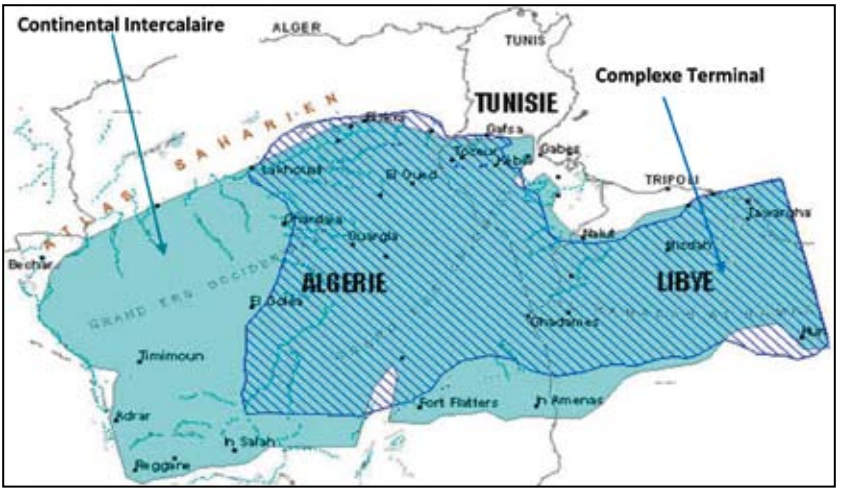


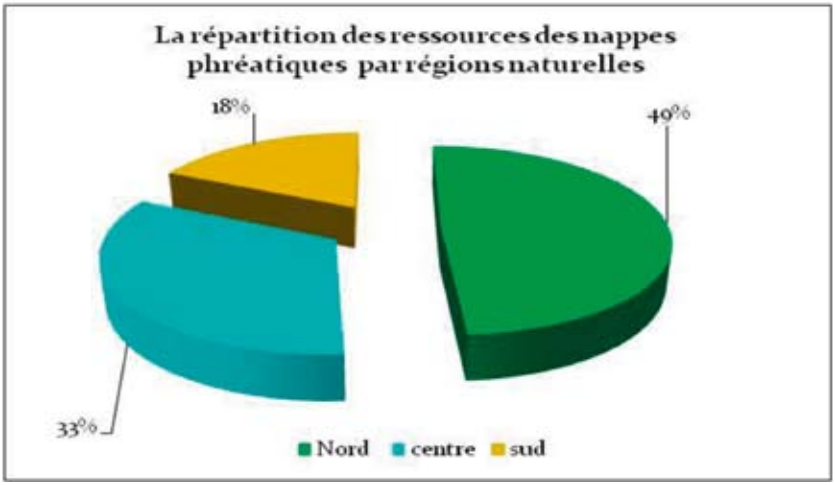
Tableau n° 2 : Le bilan des ressources en eaux souterraines de la Tunisie

Nappes		Ressources	Exploitation	Taux %
Souterraines	**Phréatiques**	746	903 (2015)	121
	Profondes	1429	1705 (2015)	119
Total		**2175**	**2608 (2015)**	**120**

III-1 : Les ressources en eau souterraines des nappes phréatiques :

Les ressources des nappes phréatiques sont évaluées à **746 Mm^3/an**. Leur exploitation a connu une progression remarquable, elle est estimée en 2015 à **903 Mm^3.** Cette exploitation se fait par le biais de 151 850 puits de surface. La répartition des ces ressources en eau souterraines phréatiques par régions naturelles du pays est consignée dans la figure n° 7. L'usage de cette ressource est essentiellement agricole.

Figure n° 7 : La répartition des ressources en eau souterraines phréatiques par régions naturelles



III-2 : Les ressources en eau souterraines des nappes profondes :

Les ressources des nappes profondes sont évaluées à **1429 Mm^3/an**. Leur exploitation a connu une progression remarquable. Elle est estimée en 2015 à **1705 Mm^3**. Cette exploitation se fait par le biais d'environ **21 675** forages au cours de l'année 2015 parmi lesquels on compte des forages illicites. La répartition des ces ressources en eau souterraines profondes par régions naturelles est consignée dans la figure n°8. Leur exploitation varie selon les régions et l'usage comme le montre respectivement les figures n° 9 et 10.

Figure n° 8 : La répartition des ressources en eaux souterraines profondes par régions naturelles

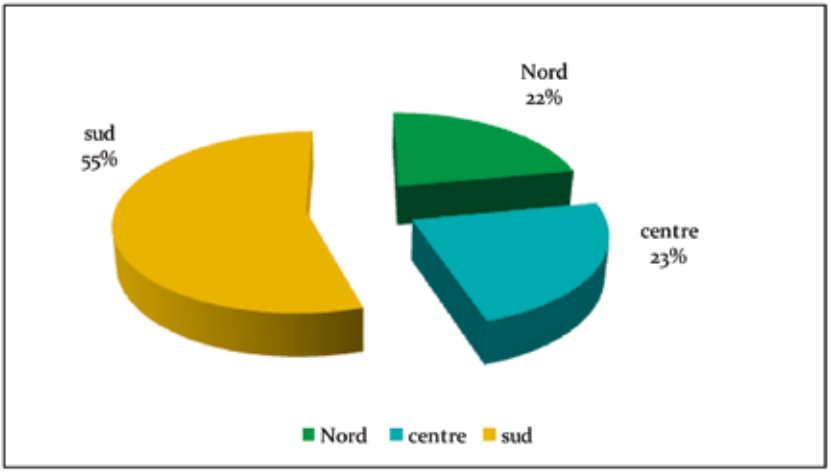


Figure n° 9 : La répartition de l'exploitation des eaux souterraines profondes selon les régions

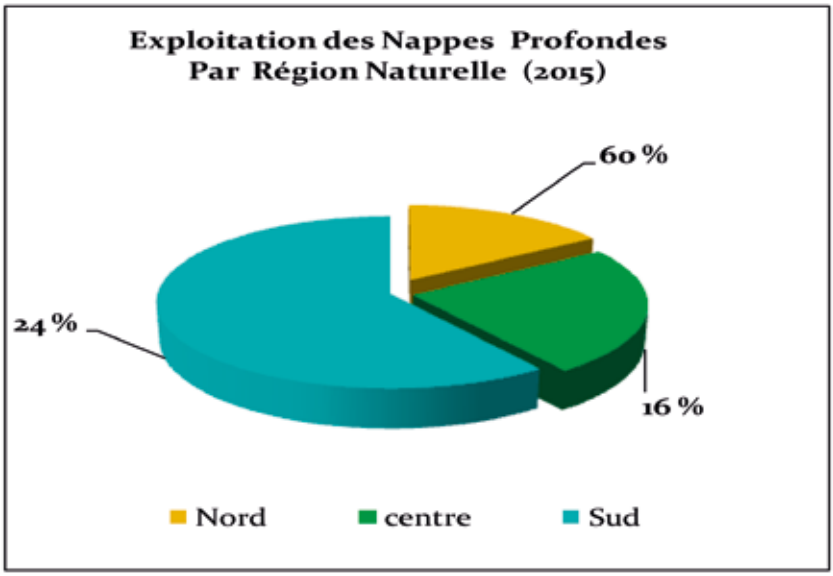
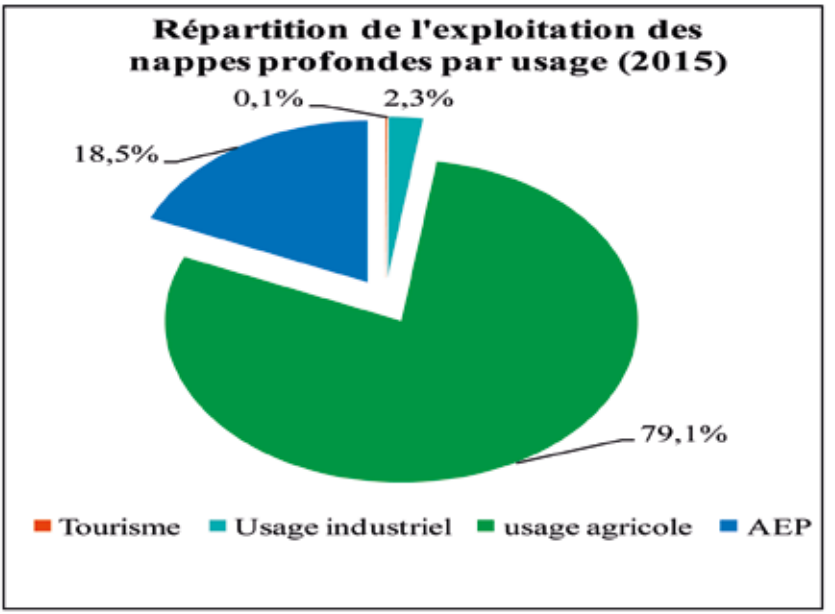


Figure n° 10 : La répartition de l'exploitation des eaux souterraines profondes selon l'usage



IV - La Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE) en Tunisie :

Depuis les années 70, la Tunisie a mis en place des plans directeurs des eaux du Nord, Centre et Sud qui ont permis d'identifier plusieurs actions qui constituent aujourd'hui l'assise principale de la politique de l'eau en Tunisie essentiellement basée sur :

- Mobilisation de toutes les ressources identifiées.
- La gestion intégrée des ressources en eau en valorisant les apports excédentaires des années pluvieuses dans le but de minimiser les effets des sècheresses.
- Les économies de l'eau et la maîtrise de la demande dans tous les secteurs.
- La valorisation des eaux non conventionnelles (les Eaux Usées Traitées, les eaux saumâtres et les eaux de mer)

- La protection des ressources en eau contre la pollution et contre la surexploitation.

- Le renforcement des institutions chargées de la gestion de l'eau.

Les plans directeurs réalisés au cours des années 70 ont été suivi par plusieurs stratégies de mobilisation des ressources en eau dont nous citons les principales :

- La 1ère stratégie décennale de mobilisation des ressources en eau : cette première stratégie au cours de la période 1990-2000 a eu comme priorité la croissance de la mobilisation. Elle a permis la réalisation de :
  - ➢ **21** grands barrages pour mobiliser **739 Mm³**
  - ➢ **203** barrages et 1000 lacs collinaires permettant de mobiliser **160 Mm**³
  - ➢ **1150** forages profonds pour mobiliser **170 Mm³**.

Ces réalisations ont permis de mobiliser 4,06 Milliards de m3 d'eau, soit un taux de mobilisation de **87,5%** à la fin de 2004 contre **60%** en 1990.

- La 2ème stratégie de mobilisation des ressources en eau : c'est un programme complémentaire de la première stratégie au cours de la période 2001-2011 qui a eu comme objectif la réalisation d'un taux de mobilisation de 95% moyennant la réalisation de :
  - ➢ **11** grands barrages
  - ➢ **50** barrages collinaires.
  - ➢ le renforcement des interconnexions entre les infrastructures hydrauliques

- L'étude stratégique Eau 21 (1998) : C'est une étude stratégique à l'horizon 2030 basée sur ce qui suit :
  - Une meilleure connaissance des ressources en eau
  - La mobilisation de toutes les ressources identifiées
  - L'économie de l'eau
  - La rationalisation de l'exploitation des ressources en eau
  - Implication des usagées à la gestion de l'eau
  - La mise en place d'une assise juridique évolutive (nouveau code des eaux)
  - Le recours aux eaux non conventionnelles (440 Mm³)
  - Le dessalement des eaux saumâtres et de l'eau de mer (49 Mm³)
  - La recharge artificielle des nappes (200 Mm³)

V - LES RESSOURCES EN EAU NON CONVENTIONNELLES :

Les ressources en eau non conventionnelles sont essentiellement les eaux usées traitées et les eaux dessalées.

VI - Les eaux usées traitées :

En 2015, on compte **112** Stations d'épuration des eaux usées (STEP), avec un volume traité de **240 Mm^3/an**. Il est prévu d'atteindre en 2021, un nombre de 175 stations (avec un volume de 330 Mm^3/an).

Actuellement, le potentiel en eaux usées traitées correspond à près de 11% des ressources en eau souterraines du pays, un potentiel important qui mérite une meilleure valorisation dans l'agriculture et la recharge artificielle des nappes surexploitées et éligibles.

VII - Les eaux dessalées :

En Tunisie, le dessalement des eaux saumâtres a constitué depuis plusieures années une base de la stratégie d'approvisionnement en eau potable. La première station de dessalement a été réalisée dans l'ile de Kerkennah entre 1983 et 1984. Pendant les années **90**, la **S**ociété **N**ationale d'**E**xploitation et de **D**istribution des **E**aux(SONEDE) a réalisé les stations de dessalement des eaux saumâtres de Gabès, Djerba et Zarzis. Le nombre total des stations de dessalement en Tunisie est **33** stations dont **28** sont des stations privées**.** plusieures stations de dessalement sont en cours d'exécution par la SONEDE. Les projets en cours et futurs intéressent essentiellement le dessalement de l'eau de mer.

VII - PROBLEMATIQUES DES RESSOURCES EN EAU :

Les principales problématiques des ressources en eau en Tunisie sont les suivantes :

- La surexploitation des ressources en eau souterraines et dans certains cas l'épuisement de certaines nappes et les conséquences engendrées par cette surexploitation telles que la dégradation de la qualité des eaux, l'assèchement des points d'eau….
- La pollution des ressources eau notamment les cours d'eau et les nappes d'eau vulnérables.
- L'envasement des retenues des barrages,

- Les années de sécheresse successives qui entravent le renouvellement annuel des ressources en eau,
- Le gaspillage d'eau et les pertes (efficience des réseaux)
- L'impact des changements climatiques

VI - LES PERSPECTIVES DANS LE SECTEUR DE L'EAU :

Les objectifs globaux dans le secteur de l'eau se résument comme suit :

- Assurer un équilibre entre l'offre matérialisé par la mobilisation et la demande jusqu'à l'horizon 2030-2050
- Assurer la sécurité hydrique dans les cas extrêmes c.à.d. en cas d'inondations ou de sécheresses.

Pour atteindre ces objectifs, plusieurs choix et orientations ont été soit déjà adoptés soit ils sont en cours de réalisation. Parmi ces choix et ces orientations, on cite ce qui suit :

- La protection des ressources en eau contre tout type de pollution,
- L'amélioration de l'efficience des réseaux et des techniques utilisées pour l'irrigation (secteur grand consommateur de l'eau),
- Une meilleure économie d'eau,
- Le renforcement la réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation et la recharge artificielle de certaines nappes surexploitées éligibles,
- La lutte contre l'exploitation illicite des ressources en eau de surface et souterraines par application du nouveau code des eaux qui est actuellement en cours d'approbation,
- Amélioration du niveau de traitement des eaux usées pour atteindre le stade tertiaire afin d'éviter la contamination des eaux souterraines et encourager l'utilisation des E.U.T,
- Orientation de l'exploitation des ressources en eau pour des cultures à faible besoin d'eau,
- Encouragement du secteur privé à employer les petites unités de dessalement,

- La sensibilisation des utilisateurs à l'importance de la préservation de la ressource en eau,
- le renforcement des capacités de tous les intervenants,
- L'étude du secteur de l'eau à l'horizon 2050 qui est proposée pour être réalisé.
- L'implication de la société civile, une meilleure gestion participative et par conséquent une meilleure gouvernance dans le secteur de l'eau.

PANEL II

L'IMPORTANCE D'UNE GESTION DURABLE DE L'EAU

«L'EAU COMME PATRIMOINE COMMUN EN MÉDITERRANÉE»

Béligh Nabli

Directeur de recherches à l'IRIS (Paris)

Introduction

Les peuples du pourtour méditerranéen sont liés par une mer commune, mais aussi par un défi commun : la rareté de l'eau douce. Les sociétés méditerranéennes vivent dans un environnement où les précipitations, faibles et très irrégulières, font de l'eau une denrée rare. Du reste, nombre de sources antiques, profanes ou religieuses, attestent le caractère sacré de l'eau. La question de l'accès et de l'exploitation de l'eau fait l'objet d'une attention séculaire. En témoignent les techniques et ouvrages hydrauliques créés au fil des siècles. Sous l'Antiquité, l'eau est pour les Romains le symbole même de leur pouvoir sur les forces naturelles et sur les Hommes ; à travers l'eau, ils ont su joindre la grandeur au plaisir (A. Mallissard, 2002). Les fontaines de la Rome antique, mais aussi ses thermes, ont joué un rôle important dans les sociétés méditerranéennes. Avant même les Romains, les Nabatéens avaient développé de grands ouvrages d'adduction d'eau, en particulier dans la région d'Arad située aujourd'hui en Israël. Quant aux Arabes, ils ont mis au point des techniques hydrauliques (surtout entre les IXe et XIIe siècle) et cultivé une symbolique de l'eau particulièrement prégnante dans les arts (littérature, poésie, architecture et art des jardins).

L'accès à l'eau comme sa qualité est plus que jamais à l'ordre du jour des sociétés méditerranéennes, même si cette question se pose en des termes d'une singulière acuité pour les pays des rives Sud et Est confronté à un véritable stress hydrique. En d'autres termes, les Méditerranéens ne sont pas égaux devant l'accès à l'eau. Les pays du pourtour méditerranéen se caractérisent en effet par une répartition très inégale sur le plan régional et national (la fracture hydraulique traverse en effet les territoires nationaux (centre/périphéries), y compris l'intérieur des villes).

Il y a une géopolitique de l'eau en Méditerranée. Le Plan Bleu (centre d'activités et d'études créé en 1978 dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée du Programme des Nations-Unies pour

l'environnement (PNUE), classe les pays méditerranéens en trois catégories : ceux (des pays européens) dont les ressources abondantes et à demande en eau sont stables, voire en baisse ; ceux (Espagne, Maroc, Chypre, Turquie, Syrie et Liban) dont les ressources sont excédentaires, mais aux demandes plus ou moins croissantes, et qui sont victimes de pénuries conjoncturelles, voire structurelles, en raison des sécheresses répétitives et de la désertification ; enfin, les pays arides dont les ressources sont déjà saturées ou presque et dont la pénurie structurelle s'aggrave en raison de la croissance démographique.

Cette situation structurelle d'inégalité devant l'accès à l'eau et la qualité de l'eau nourrit une double dynamique *a priori* paradoxale : l'eau est une source de tension, mais aussi une source de coopération et de rapprochement entre les Etats méditerranéens. En d'autres termes, si l'eau s'affirme comme un enjeu de souveraineté/richesse/sécurité nationales, elle est aussi susceptible d'incarner un intérêt commun. Une hypothèse qui s'inscrit dans la une réflexion plus large engagée depuis les années 1990. Une pluralité de dénominations et de concepts tentent de définir l'eau douce. Au-delà de sa définition physique (H2O), c'est la question du statut de l'eau qui se pose : est-ce un bien économique, une marchandise, un patrimoine commun, un droit individuel… ? Bien commun, bien public mondial, patrimoine commun de l'humanité, patrimoine commun de la nation... La portée symbolique des concepts universalisants (à l'échelle globale) est soutenue par des organisations non gouvernementales et par certaines organisations internationales, ils s'inscrivent dans une concurrence conceptuelle pour imposer une représentation de la ressource, et donc les fondements d'une politique internationale de l'eau douce qui en découle. Loin de ne constituer que de simples débats terminologiques, ces cadres de pensée sous-tendent un diagnostic (une vision des causes des crises multisectorielles de l'eau) et des voies d'action distincts. C'est dans le cadre de ce débat, qu'il est possible d'inscrire la question de l'eau comme d'un patrimoine commun à l'espace méditerranéen.

I - L'eau : un objet d'intérêt national

Constitutive des richesses naturelles de tout Etat, l'eau est perçue par les puissances étatiques comme un enjeu de développement, mais aussi de souveraineté et de sécurité nationales. Si de nombreux accords interétatiques ont été conclus sur la gestion transfrontalière de l'eau, les tensions perdurent néanmoins. L'enjeu hydraulique peut

susciter ou aggraver les relations interétatiques. Dès lors, l'«hydro-conflictualité» (définie comme l'ensemble des litiges liés à la répartition du débit de fleuves et de rivières ou à l'exploitation de ressources hydrauliques) est une donnée à prendre en compte dans la géopolitique de la Méditerranée.

Parmi les principaux théâtres de cette hydro-conflictualité, le Moyen-Orient est un lieu où la rareté de l'eau en fait mécaniquement un enjeu stratégique : le fleuve Litani oppose le Liban et Israël, tandis que le Jourdain met aux prises la Jordanie, la Syrie, Israël et les territoires palestiniens de Cisjordanie. Dans le conflit israélo-palestinien, la politique de colonisation israélienne intègre largement la problématique de la répartition équitable de l'accès à l'eau. Pour les Palestiniens, la problématique du partage de l'eau se pose de manière différente en Cisjordanie et à Gaza. Pour la Cisjordanie, le partage des eaux est déterminé par les accords d'«Oslo II» (1995). Ce texte manifestement «asymétrique» ou inéquitable ne tient pas compte des besoins en eau d'une population palestinienne qui a doublé depuis 1995. Selon ces accords, tout forage en Cisjordanie doit faire l'objet d'une autorisation du *Joint Water Committee*, comité mixte d'Israéliens et de Palestiniens. En pratique, le fonctionnement sur le mode du consensus, donne *de facto* un pouvoir de veto à Israël. Dans la zone C, les autorisations sont soumises à l'aval de l'armée israélienne, plus réticente encore à les accorder. Contrairement à ce qui se passe en Cisjordanie, les Palestiniens à Gaza peuvent forer librement. Le territoire israélien se situant en amont, ses habitants pompent à leur guise et surexploitent cette ressource rare. Concrètement, les Palestiniens de Gaza se retrouvent souvent à pomper de l'eau de mer. Dans ces conditions, la technologie très coûteuse du dessalement des eaux ouvre des perspectives en vue de l'indépendance d'un hypothétique État palestinien.…

Au-delà du cas particulier des Accords d'Oslo, la faiblesse du droit international concernant les fleuves internationaux n'aide pas à l'apaisement des tensions. La Convention onusienne sur le droit relatif aux utilisations des cours d'eau internationaux à des fins autres que la navigation (1997) pose néanmoins quelques principes d'équité en la matière. Le vide juridique, la violation des accords de gestions transfrontalières de l'eau et les aménagements sur des fleuves devenus internationaux conçus sans concertation avec les pays voisins, tout cela conduit à la multiplication de différends internationaux (P. Blanc, 2006). En matière hydraulique, les doctrines politiques qui règlent l'usage des cours d'eau contreviennent à la définition d'un véritable droit

international. Ainsi, le Tigre et l'Euphrate prennent leur source en Turquie et traversent la Syrie et l'Irak. Les contentieux tiennent pour une bonne part à la politique d'aménagement et de prélèvement unilatéraux de l'eau de la Turquie. Défendue par la Turquie dans le partage des eaux avec la Syrie ou l'Irak, la doctrine de la «souveraineté territoriale et absolue» privilégie les seuls États situés en amont qui, en qualité de maîtres des fleuves, gardent l'avantage au détriment des pays en aval. Dans ses différends avec les pays de la grande vallée du Nil ou avec l'Autorité palestinienne, l'Égypte invoque quant à elle la doctrine de « l'intégrité territoriale absolue » ou doctrine des droits riverains selon laquelle le pays d'aval jouit du droit imprescriptible à un débit fixe des eaux d'un fleuve qui entre sur son territoire. Cette obligation concerne la quantité comme la qualité des eaux. Les États d'amont ont la possibilité d'exploiter les eaux sur leur territoire, mais ils ne doivent pas en altérer le débit originel. Enfin, la doctrine de «la première appropriation» introduit un droit historique légitime sur une ressource (M. Barah, 2005). Tout État d'amont ou d'aval, prouvant le premier la mainmise sur un débit donné, se verrait reconnaître un droit exclusif et la possibilité d'en refuser le partage à tout autre prétendant, position soutenue par Israël légitimant le contrôle du bassin du Jourdain, et implicitement par des États comme la Syrie et l'Égypte, au nom d'une très ancienne mise en valeur des eaux de la Mésopotamie et du Nil.

Pour autant, l'eau n'est pas forcément vouée à constituer une source de conflit en Méditerranée, dès lors que l'on accepte de se départir d'une conception étroite et courtermiste de l'intérêt national.

II – L'eau : objet d'un patrimoine commun

L'eau a-t-elle vocation à n'être qu'un outil du processus de production s'inscrivant dans une logique de marchandisation ? Une alternative existe-t-elle ? Rapprochée du concept de patrimoine, l'eau se distingue de celle du simple bien économique ou service commercial et s'inscrit dans une logique de préservation et d'héritage pour les générations futures. Penser l'eau comme un patrimoine, c'est en effet penser cet objet comme un enjeu à long terme.

La construction d'une approche patrimoniale de l'eau revêt une dimension à la fois économique et juridique. L'analyse économique s'est d'abord désintéressée de l'eau, car elle a longtemps reposée sur le postulat du caractère illimité de l'«offre d'eau» ; cette ressource naturelle était donc considérée comme ayant peu de valeur. La

raréfaction de l'eau douce et la dégradation de sa qualité ont remis en cause cette présomption. L'eau douce a par conséquent été érigé en «bien économiques», qu'il était nécessaire d'allouer et de gérer de manière rationnelle (Calvo-Mendieta, Petit, Vivien, 2016). La théorie des droits de propriété et la nouvelle économie des ressources ont approfondi ce modèle à travers le principe de droits de propriété privée sur les ressources naturelles, au nom d'une plus efficacité renforcée des mécanismes économiques. Or le recours exclusif à un système d'allocation marchande minore le caractère collectif de la gestion de ces ressources et les enjeux d'équité dans l'allocation, la gestion et la transmission des ressources.

Face aux «économistes du marché» voyant dans le marché la forme ultime d'organisation des relations humaines, des courants de pensée participent à la construction d'un cadre analytique alternatif au modèle marchand. L'économie du patrimoine propose ainsi une théorisation originale du patrimoine en économie fondée sur une logique spécifique et un nouveau paradigme. C'est ici que la notion juridique de patrimoine est intéressante.

Le souci d'assurer une transmission est une préoccupation familière en droit, où le patrimoine est une composante de la famille. Lié à l'héritage, les éléments constitutifs du patrimoine se réfèrent moins à la propriété (qui inclut le droit de détruire), qu'à l'idée de possession et de transmission, qui suppose elle-même la conservation. Si en économie le patrimoine et le capital peuvent se recouper, dans une vision juridique, un patrimoine n'est pas géré comme un capital : le premier a pour vocation d'être transmis, non pour être fructifié. Dans cette optique, et au-delà du strict patrimoine individuel, il est possible de concevoir l'existence de biens communs constitutifs d'un patrimoine commun. C'est précisément à cette aune que la notion juridique de patrimoine est transposée à la nature et à la culture, notamment dans la définition de la notion de patrimoine commun de l'humanité, qui intègre des éléments naturels et socioculturels. Le sens de cette tendance est clair : la nature et la culture sont destinées à être transmis de génération en génération, dans un souci de préservation. Appliquer à l'eau, cela signifie penser sa gestion dans une perspective durable.

La notion de patrimoine peut être ici accompagnée du terme «commun» pour désigner le fait d'être partagé par la collectivité. Un usage commun qui supposerait une «inappropriabilité» de l'élément constitutif de ce patrimoine commun. Si des biens sont juridiquement

placés hors des lois du commerce, la notion de « patrimoine commun » va au-delà. Il a vocation à protéger la dignité humaine en établissant une gestion de ce qui est commun à tous, voire universel, sur la base des valeurs de justice, de solidarité et de protection.

Ici, le concept de patrimoine commun gagne en pertinence dans un cadre tout au plus régional - à l'échelle de bassins hydrographiques. Dans cette perspective, la définition de l'eau comme patrimoine commun régional, à l'échelle de la Méditerranée ou du moins d'une sous-région (la Méditerranée occidentale notamment) pourrait être envisagée par des États où une responsabilité commune sur la ressource est déjà reconnue. Il ne s'agirait alors que d'une transposition régionale du concept de patrimoine commun de la nation, que l'on retrouve dans de nombreux pays pour qualifier les ressources en eau, ou du devoir de protection des ressources par l'État, présent dans diverses Constitutions nationales.

Afin de palier à la confusion entre les différentes acceptations des termes de bien(s) commun(s), la notion de patrimoine commun a été introduite depuis quelques dizaines d'années. La loi française sur l'eau de 1992 (modifiée par la Loi n° 2006-1772 du 30 décembre 2006) reconnaît ainsi que que «*l'eau fait partie du patrimoine commun de la nation. Sa protection, sa mise en valeur et le développement de la ressource utilisable, dans le respect des équilibres naturels, est d'intérêt général*». Autrement dit, les principes de gestion de l'eau définis par la Loi sur l'eau consistent à affirmer que la préservation des milieux aquatiques est un préalable nécessaire à la satisfaction des usages. Mais, d'un autre côté, le droit français reconnaît l'usage privatif de la ressource, en particulier dans une optique agricole. De plus, bien qu'affirmé dans le premier article de la loi sur l'eau de 1992, en France, le principe de l'eau «patrimoine commun de la nation» n'a qu'une portée déclaratoire (sans effet juridique contraignant).

III – L'eau : patrimoine commun et droit fondamental individuel

Il existe au plan international comme régional, un corpus établi de textes et de déclarations ayant consacré le droit à l'eau potable et à l'assainissement comme un droit fondamental inhérent à la dignité humaine devant à ce titre être garanti par les États.

Le droit à l'eau potable et à l'assainissement est inscrit dans plusieurs traités internationaux, soit de manière explicite dans des

traités relatifs aux droits humains de certaines catégories de personnes, comme dans la Convention relative aux droits de l'enfant adoptée le 20 novembre 19891 ou la Convention relative aux droits des personnes handicapées du 13 décembre 2006, soit de manière plus implicite comme dans le Pacte international relatif aux droits économiques, sociaux et culturels du 16 décembre 1966. Cependant, le droit à l'eau potable et à l'assainissement n'est pas reconnu dans les instruments internationaux de portée générale en tant que droit de l'Homme autonome. Il ne figure notamment pas dans la Déclaration Universelle des Droits de l'Homme de 1948. Une première reconnaissance mondiale a été acquise à travers l'adoption, le 28 juillet 2010, par l'Assemblée générale des Nations Unies, d'une résolution qui reconnaît le droit à l'eau portable et à l'assainissement comme un «*droit fondamental, essentiel à la pleine jouissance de la vie et à l'exercice de tous les droits de l'homme*». Cette résolution demande aux États et aux organisations internationales «d'apporter des ressources financières, de renforcer les capacités et de procéder à des transferts de technologies, grâce à l'aide et à la coopération internationales, en particulier en faveur des pays en développement, afin d'intensifier les efforts faits pour fournir une eau potable et des services d'assainissement qui soient accessibles et abordables pour tous».

L'Assemblée générale des Nations Unies a adopté une nouvelle résolution, le 17 décembre 2015, qui va plus loin en reconnaissant le droit de l'Homme à l'eau portable devant «*permettre à chacun d'avoir accès sans discrimination, physiquement et à un coût abordable, à un approvisionnement suffisant d'une eau salubre et de qualité acceptable pour les usages personnels et domestiques*», distinct du droit de l'Homme à l'assainissement devant «*permettre à chacun, sans discrimination, physiquement et à un coût abordable, d'avoir accès à des équipements sanitaires, dans tous les domaines de la vie, qui soient sans risque, hygiéniques, sûrs, socialement et culturellement acceptables, qui préservent l'intimité et garantissent la dignité* ». Cette résolution réaffirme par ailleurs qu'il incombe aux États d'assurer la pleine réalisation de ces droits par tous les moyens appropriés, «*notamment l'adoption de mesures législatives*».

Dans des termes qui se veulent plus précis, le Conseil des droits de l'homme de l'ONU à Genève, a adopté en septembre 2010 une résolution (résolution 64/292) reconnaissant ce droit : "*… le droit à l'eau potable et à l'assainissement est un droit de l'homme, essentiel à la pleine jouissance de la vie et à l'exercice de tous les droits de l'homme*". Il implique : une disponibilité en quantité suffisante ("pour

les usages personnels et domestiques, qui sont normalement la consommation, l'assainissement individuel, le lavage du linge, la préparation des aliments ainsi que l'hygiène personnelle et domestique") ; une qualité réglementée ("salubre et donc exempte de microbes, de substances chimiques et de risques radiologiques qui constituent une menace pour la santé") ; une accessibilité physique, économique, égalitaire et informationnelle.

A l'échelle régionale, des engagements de cette nature existent également. Pour ce qui est de Méditerranée, il existe même un programme pour l'eau assumé par l'UpM, élaboré à partir des quatre piliers de la gouvernance de l'eau, l'eau et l'adaptation au changement climatique, la gestion de la demande en eau et le financement de l'eau. Réunis le 22 avril 2017 à Malte, les ministres en charge de l'eau des États membres de l'UpM ont souligné que la région méditerranéenne est particulièrement vulnérable à la pénurie d'eau, et que le changement climatique exacerbe la pression sur les ressources existantes dans la région. Ils ont convenu de développer un agenda pour l'eau afin d'aider les États membres de l'UpM à mettre en œuvre des politiques de gestion de l'eau durables et intégrées, contribuant à améliorer les conditions de vie des citoyens de la région, rappelant l'importance de l'Accord de Paris et réaffirmant leur attachement à l'agenda de développement durable à l'horizon 2030. Les ministres ont également appelé à une amélioration de l'accès aux financements afin de réduire l'impact négatif du changement climatique sur l'eau.

Enfin, au plan national, certains États ont inscrit le droit à l'eau dans leur droit, parfois même au sommet de leur ordre juridique interne, au niveau constitutionnel. Dans le monde 15 pays ont inscrit le droit à l'eau dans leur constitution, dont la Tunisie. Ainsi, l'article 44 de la Constitution tunisienne du 26 janvier 2014 dispose que : « *Le droit à l'eau est garanti. La préservation de l'eau et la rationalisation de son exploitation est un devoir de l'État et de la société* ». Il est bon de rappeler ici que la société civile tunisienne avait joué un rôle primordial pour l'introduction de ce droit au sein du projet de constitution. En effet le texte initial divulgué en juin 2011 ne mentionnait pas ce droit humain aussi vital qu'il soit. Avec cette consécration constitutionnelle, la Tunisie constitue avec l'Egypte les seuls Etats arabes qui pour le moment ont reconnu ce droit à une telle échelle normative, en effet, la nouvelle constitution égyptienne adoptée par referendum les 14 et 15 janvier 2014 consacre dans son article 79 un certain nombre de droits économiques et sociaux, telles que le droit à l'eau et le droit à l'alimentation. Seule ombre au tableau, la non

reconnaissance du droit à l'assainissement dans le texte constitutionnel et ce malgré la tentative de certains élus d'introduire juste avant la séance de vote article par article, un amendement incluant le droit à l'assainissement, mais hélas leur proposition n'avait pas été retenue. Le projet du nouveau code des eaux marque tout de même un point : il qualifie l'eau de patrimoine. Cela s'inscrit dans la continuité de ce que la Constitution prévoit, puisque selon l'article 44, «*le droit à l'eau est garanti. La préservation de l'eau et la rationalisation de son exploitation est un devoir de l'État et de la société*». Mais il introduit aussi les partenariats public-privé.

Derrière ces avancées et la tendance à la reconnaissance d'un tel droit fondamental devrait-elle s'accompagner d'une réflexion sur les obligations fondamentales des personnes morales et physiques à l'égard de l'usage de l'eau. En d'autres termes, compte tenu des enjeux, il serait logique de compléter le statut de d'eau par une forme de responsabilisation collective et individuelle.

Ce patrimoine écologique est susceptible d'apparaître comme une chose commune si les membres du corps social l'identifient comme tel. C'est aussi le statut de patrimoine commun qui renforce la légitimité du statut de l'eau commun un droit fondamental de l'individu.

***

Conclusion. Concevoir l'eau en tant que patrimoine, c'est l'inscrire à la fois dans une vision sur le long terme, libérant l'eau des pressions à court terme du marché et de la spéculation, et dans une logique de droits fondamentaux des individus ou inhérente à la dignité humaine. La patrimonialisation de l'eau contribuerait à sa gestion pérenne. S'inscrivant dans le développement durable, elle implique l'idée de transmission, une protection à long terme de l'environnement et la coexistence des usages actuels sans compromettre les besoins des futurs utilisateurs. Son succès témoigne du déclin d'une conception individuelle de la propriété de l'eau, au bénéfice de formes collectives de son usage. La souveraineté d'un État sur ses propres ressources en eau est elle-même remise en cause. Les sociétés et les Etats méditerranéens sont-ils prêts à s'engager dans ce projet de civilisation ?

BIBLIOGRAPHIE SELECTIVE

- Arrault Jean-Baptiste, «A propos du concept de méditerranée. Expérience géographique du monde et mondialisation», Cybergeo : *Revue européenne de géographie / European*

journal of geography, 2006, https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00154586

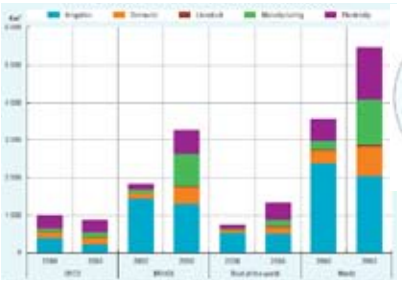
- Barah M. (dir.), «L'Or bleu», in *Revue Internationale et Stratégique*, 2005.
- Benhida Bouchra et Slaoui Younes, *Géopolitique de la Méditerranée*, PUF, Coll. Que Sais-Je ?, 2013
- Blanc Pierre, «L'eau : un bien précieux, des enjeux multiples», *Confluences Méditerranée*, n° 58, 2006, pp. 9-19
- Boyé Henri, *Eau, énergie, dessalement et changement climatique en Méditerranée*, Plan Bleu, Centre d'Activités Régionales Sophia Antipolis, août 2008
- Bromberger Christian et Durand Jean-Yves, «Faut-il jeter la Méditerranée avec l'eau du bain ?», in Albera Dionigi et alii, L'*Anthropolie de la méditerranée*, Maisonneuve and Larose, 2001.
- Calvo-Mendieta, Petit, Vivien, Une économie écologique est-elle possible ?, *Alternatives économiques*, n° 69, 2016.
- Hallegatte Stéphane, *Anticiper le changement climatique autour de la Méditerranée*, coll. «Notes & Documents», Institut de prospective économique du monde méditerranéen (IPEMED), 76 p.
- Hassani-Idrissi Mostafa, Méditerranée - Une histoire à partager, Bayard, 2013
- Held David et al., *Global transformations: Politics, Economics and Cultures*, Cambridge, Polity Press, 1999
- Sixième Rapport annuel de l'ONU sur «La mise en valeur des ressources en eau», rendu public le 20 mars 2015
- Malissard Alain, *Les Romains et l'eau*, Paris, Les Belles Lettres, 2002.
- Nabli Béligh, *Comprendre le monde arabe*, Armand Colin, 2013 ; *Géopolitique de la Méditerranée*, Armand Colin, 2015.
- Sur Serge (dir.), «La Méditerranée : un avenir en question», *Questions Internationales*, n° 36, mars 2009.

LES PROBLÉMATIQUES DE GOUVERNANCE POUR GÉRER LA RARETÉ DE L'EAU

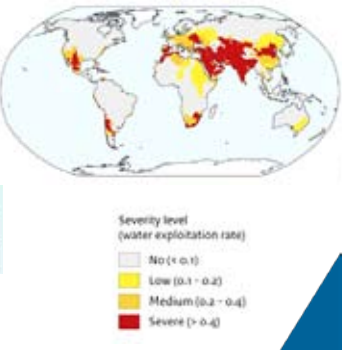
Delphine CLAVREUL
OECD, FRANCE

La demande en eau va augmenter de 55% d'ici 2050

Demande mondiale en eau
scénario de référence, 2000 et 2050



Stress hydrique par bassin hydrographique:
scénario de référence, 2050



Source: Perspectives de l'environnement de l'OCDE (2012)

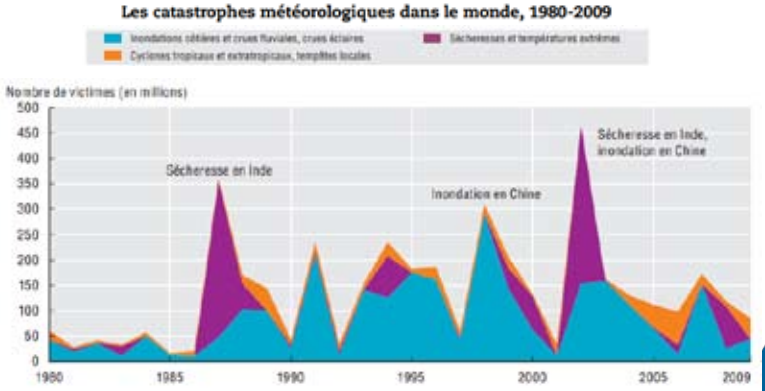
Tendances: progrès vis-à-vis de l'adaptation au changement climatique

Mots-clés pour les catastrophes liées à l'eau

Source: OCDE (2015) *Stakeholder Engagement for Inclusive Water Governance*

Zoom sur les sécheresses

Plus fréquentes, plus répandues, plus dévastatrices



Gouvernance de l'eau: Perspectives et analyse factuelle de l'OCDE

Cadre de Gouvernance Pluri-niveaux de l'OCDE
« Diagnostiquer les Déficits, Combler les Déficits » (OCDE, 2011)

Références

Dialogues nationaux de politiques

Travail thématique

Crises de l'eau : des crises de *gouvernance*

- ✓ **Il y assez d'eau** pour les besoins humains et environnementaux… si celle-ci est bien gérée!
- ✓ Relever les **futurs défis liés à l'eau** va au-delà des questions de financement et d'hydrologie
- ✓ Des **solutions** techniques, financières et institutionnelles **existent et sont connues**
- ✓ … mais leur **mise en œuvre** a pris du retard dans les PED comme dans les pays développés
- ✓ Un enjeu de développement et croissance soutenable pour **TOUS** les pays

L'eau, un secteur fragmenté et sensible à la gouvernance pluri-niveaux

- ✓ Une problématique à la fois locale et mondiale, avec de **multiples acteurs** à différents niveaux
- ✓ Les **interdépendances** entre multiples parties prenantes à différents niveaux sont mal gérées
- ✓ Beaucoup de pays peine à clarifier et gérer le **qui fait quoi**, à quelle **échelle** et **comment**

Pas de solution unique ni réponse universelle, mais des Principes de base

- ✓ Une approche **territorialisée** et des **cadres, stratégies et règles** aux niveaux local et national
- ✓ **Tirer les leçons** des expériences réussies comme des échecs
- ✓ Un rôle majeur pour les **politiques publiques** et une responsabilité en partage entre acteurs publics, privés et associatifs, à tous les niveaux.

➢ Au-delà de la question du **QUE FAIRE** pour relever les défis liés à l'eau, il est nécessaire de réfléchir à **QUI FAIT QUOI**, **POURQUOI**, **A QUEL NIVEAU** et **COMMENT**

Les Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau

Disponibles en 16 langues:

OECD (2015), Principes de l'OCDE sur la gouvernance de l'eau, http://www.oecd.org/fr/gouvernance/principes-de-locde-sur-la-gouvernance-de-leau.htm

Améliorer l'efficacité de la gouvernance de l'eau

1 **Attribuer clairement et distinguer les *rôles et les responsabilités* en matière de conception des politiques de l'eau, mise en œuvre, gestion opérationnelle et réglementation, et encourager la coordination entre les autorités responsables.**

2 **Gérer l'eau à (aux) *l'échelle(s) appropriée(s)*, dans le cadre de systèmes intégrés de gouvernance par bassin afin de refléter les conditions locales, et encourager la coordination entre ces différentes échelles.**

3 **Encourager la *cohérence des politiques* au travers d'une coordination intersectorielle efficace, en particulier entre les politiques de l'eau et celles de l'environnement, de la santé, de l'énergie, de l'agriculture, de l'industrie, de l'aménagement du territoire et de l'usage des sols.**

4 **Adapter le niveau de *capacité* des institutions responsables à la complexité des défis de l'eau à relever, et à l'ensemble des compétences requises pour exercer leurs fonctions.**

Améliorer l'efficience de la gouvernance de l'eau

5 Produire, mettre à jour, et partager des ***données et de l'information*** sur l'eau et relatives à l'eau ; qui soient opportunes, cohérentes, comparables et utiles ; les utiliser pour guider, évaluer et améliorer les politiques de l'eau.

6 Veiller à ce que les cadres de gouvernance permettent de mobiliser les ***financements*** pour l'eau, et allouer les ressources financières de manière efficace et transparente dans un délai convenable.

7 Veiller à ce que les ***cadres réglementaires*** pour la gestion de l'eau soient mis en œuvre et appliqués de façon efficace dans la poursuite de l'intérêt public.

8 Promouvoir l'adoption et la mise en œuvre de ***pratiques de gouvernance de l'eau innovantes*** entre les autorités responsables, les niveaux de gouvernement et les parties prenantes pertinentes.

Améliorer la confiance et l'engagement dans la gouvernance de l'eau

9 Généraliser les pratiques d'***intégrité et de transparence*** dans les politiques de l'eau, au sein des institutions relatives à l'eau et dans les cadres de gouvernance de l'eau pour une plus grande redevabilité et confiance dans les processus décisionnels.

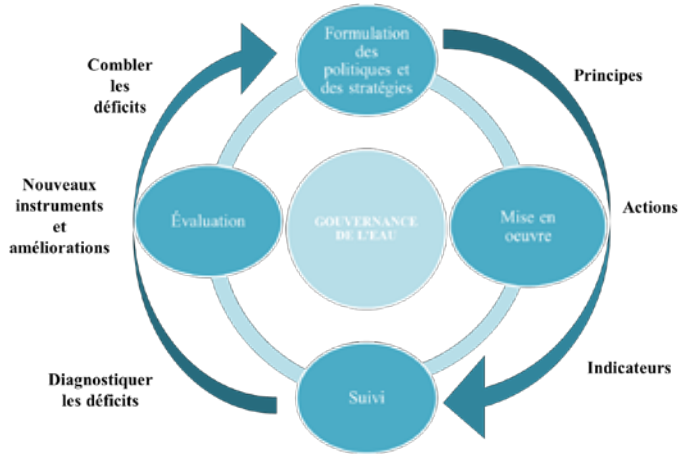
10 Promouvoir ***l'engagement des parties prenantes*** afin qu'elles contribuent à l'élaboration et à la mise en oeuvre des politiques de l'eau de manière éclairée et orientée sur les résultats.

11 Promouvoir des cadres de gouvernance de l'eau permettant de gérer les **arbitrages** entre les usagers de l'eau, les zones rurales et urbaines, et les générations.

12 Promouvoir le **suivi et l'évaluation** régulière des politiques et de la gouvernance de l'eau, lorsque cela est jugé approprié, partager les résultats avec le public et faire des ajustements lorsque cela est nécessaire.

Un processus d'élaboration pluri-acteurs et bottom-up

De l'utilité d'indicateurs de gouvernance de l'eau



MERCI

www.oecd.org/gov/water
Delphine.Clavreul@oecd.org

PANEL III

POUR UNE STRATEGIE COMMUNE DE L'EAU

L'EAU POTABLE EN TUNISIE : SITUATION ACTUELLE ET PERSPECTIVES

SEDDIK Saad
Ingénieur Général du Génie Rural

I - DONNEES GENERALES

LES RESSOURCES EN EAUX

Vu sa position géographique à l' extrême nord du continent africain, la climatologie de la Tunisie requiert un caractère varié allant du méditerranéen sur les cotes jusqu'au saharien dans le sud et sud-ouest, dans sa globalité s'agit plutôt d'un climat aride avec une moyenne pluviométrique de l'ordre de 200 mm/an ,mais très variable dans l'espace et dans le temps , en fait elle peut atteindre 1200 mm/an a l'extrême nord (Kroumirie) et 50 mm/an a l'extrême sud-ouest (Sahara : les portes du grand erg oriental).de même qu'on peut recevoir la moyenne annuelle en moins de 24 heures.

Toutes ces données font que les ressources en eaux de la Tunisie sont rares a comparer avec la démographie du pays et les besoins toutes utilisations confondues (domestiques, agricoles, industriels et touristiques).

De même que la qualité constitue une problématique réelle des ressources en eaux, en effet plus que 52% des ressources ont une salinité supérieure à 1.5 g/l.

Quantitativement les ressources se répartissent comme suit :

- Moyenne annuelle des précipitations : 36 Km^3/an
- Ressources mobilisables : 4.8 Km^3/an
  Dont : Eaux de surface : 2.7 Km3/an
  et : Eaux souterraines : 2.1 Km3/an

Par conséquent les ressources mobilisables ne sont que de **450 m^3/hab/an**, tous besoins confondus. ce qui classe la Tunisie parmi les pays sous la barre des 500 m^3/hab/an soit le seuil de la pauvreté hydraulique.

Qualitativement on peut classer nos ressources mobilisables ainsi :

- 52% des ressources en eau ont une salinité > 1.5 g/l
- 72% des eaux de surface ayant une salinité < 1.5 g/l
- 2% des eaux souterraines ayant une salinité < 1.5 g/l et 60% ayant une salinité comprise entre 3.5 et 5 g/l.

De ce fait, notre pays est structurellement pauvre en eaux, ce qui pose les plus grands et les plus délicats défis techniquement et financièrement , dont la meilleure gestion des quantités mobilisées, une maitrise des quantités encore mobilisables, d'une part, et d'autre part le développement et le recours aux ressources non conventionnelles, de même que l'amélioration de la qualité et de l'adaptation avec cette donnée dans les limites possibles.

DEMOGRAPHIE :

La population de la Tunisie, et suite aux recensements de 2014, s'élève à plus que 11 millions d'habitants, dont 32% sont des ruraux soit 3.568 millions d'habitants, le reste des urbains avec 7.5 millions .Il en ressort également que le taux d'accroissement global est de l'ordre 1%.

Ci-dessous le récapitulatif des données démographiques d'après l'INS (Institut National des Statistiques) :

National :

ANNEE	Rural (Mns hab.)	Urbain (Mns hab.)	Total (Mns hab.)
2004	3,487	6,494	9,981
2014	3,568	7,507	11,075
Taux de croissance annuelle	0.2%	1.5%	1%

Détail par zone :

Zone	2004 (mille hab.)			2014 (mille hab.)			Croissance moy. au cours de la période 2004-2014		
	TOTAL	RURAL	URBAIN	TOTAL	RURAL	URBAIN	TOTAL	RURAL	URBAIN
Grand Tunis	2270,2	177,6	2092,6	2678,2	217,4	2460,8	1,7%	2,0%	1,6%
Nord Est	1390,0	544,2	845,8	1546,7	553,8	993,0	1,1%	0,2%	1,6%
Nord Ouest	1214,2	761,4	452,8	1175,8	684,7	491,1	-0,3%	-1,1%	0,8%
Centre Ouest	1357,7	919,4	438,3	1444,7	933,5	511,1	0,6%	0,2%	1,5%
Centre Est	2258,3	636,7	1621,5	2611,7	715,0	1896,7	1,5%	1,2%	1,6%
Sud Ouest	567,1	182,2	384,9	607,5	193,3	414,2	0,7%	0,6%	0,7%
Sud Est	923,4	265,4	658,0	1010,6	270,1	740,5	0,9%	0,2%	1,2%
TOTAL	**9980,9**	**3486,9**	**6493,9**	**11075,1**	**3567,7**	**7507,4**	**1,0%**	**0,2%**	**1,5%**

II - Situation actuelle du secteur de l'alimentation en eau potable

Le secteur de l'eau potable à été pendant plusieurs décennies et il l'est toujours, le secteur prioritaire dans la budgétisation des programmes de développements économique et social, aussi bien au niveau de la planification qu'au niveau de l'allocation des ressources financières et hydrauliques pour la mise en place de l'infrastructure de base depuis l'amont, au niveau de la mobilisation des ressources hydrauliques, jusqu'à l'aval pour la desserte des bénéficiaires qu'ils soient en milieu urbain que rural.

De même, au niveau des projets cofinancés, les bailleurs de fonds, et sans exception, ont toujours répondus favorablement quant au demandes de financement des projets d'amélioration des conditions de vies et principalement les projets d'alimentation en eau potable aussi bien en milieu rural qu'urbain.

Par le biais des divers programmes, ainsi que par la conjugaison des efforts déployés par tous les intervenants en la matière durant ces dernières décennies, le taux de desserte en eaux potable s'est

considérablement amélioré, ce qui a permis de desservir 10.864 millions de tunisiens à travers 2808 systèmes d'eau repartis sur tout le territoire tunisien

Ainsi le taux de desserte a atteint en fin 2016 :

- 100% en milieu urbain (7.507 Mns d'habitants).
- 93.9% en milieu rural (3.400 Mns d'habitants).

Le mode de desserte étant systématiquement le branchement direct en milieu urbain, tandis qu'en milieu rural le branchement direct est de l'ordre de 64.8%, le reste des ruraux desservis sont alimentés par des bornes fontaine ou points de desserte communes.

L'alimentation en eau potable étant parmi les prérogatives du Ministère de l'Agriculture des Ressources Hydrauliques et de la Pêche, deux grands opérateurs interviennent techniquement dans ce secteur en l'occurrence :

* La **SONEDE** : Société Nationale de l'Exploitation et de Distribution de l'Eau, qui intervient dans le milieu urbain ainsi que les zones regroupées du milieu rural

* La **DGGREE** : Direction Générale du Génie Rural et de l'Exploitation des Eaux, qui intervient exclusivement en milieu rural dispersé et qui constitue une tache très difficile et complexe vu la dispersion des bénéficiaires, du reliefs qui est très difficile surtout dans les régions du Centre-Ouest et Nord-Ouest, les ressources hydrauliques potables ne sont pas toujours disponible.

La DGGREE étant la direction générale du ministère en charge de la planification de l'eau potable à l'échelle nationale et réalise les projets en coordination avec les Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDA) ainsi que la coordination avec la SONEDE dans ses programmes, le directeur général de la DGGREE est membre permanent du conseil d'administration de cette de cette dernière.

La gestion et l'exploitation des systèmes d'eau potable en milieu rural était confié aux Associations d'Intérêts Collectifs (AIC) depuis les années 80 , puis aux Groupements d'Intérêts Collectifs (GIC) qui ont remplacé les AIC, et enfin actuellement la nomination est devenu les Groupements de Développements Agricoles (GDA), il s'agit d'un comité élu parmi les bénéficiaires eux même à qui est confié la gestion participative des bénéficiaires des infrastructures de distribution et de

desserte d'eau potable en milieu rural. D'ailleurs ces structures ont de longues expériences dans le domaine de la gestion de l'eau d'irrigation dans les oasis du sud tunisien depuis le début du siècle dernier

En effet après la mise en place des infrastructures par la DGGREE et ses représentations régionales et en concertations avec les bénéficiaires, les comités représentant les bénéficiaires (GDA) prennent en charge la suite par la gestion (fonctionnement des systèmes, distribution, maintenance et recouvrement) avec l'appui technique et l'encadrement du CRDA concerné.

Actuellement les GDA sont au nombre de **2528** sur tout le territoire tunisien dont **1428 GDA** opèrent dans le secteur de l'alimentation en eau potable dans le milieu rural.

DESSERTE EN MILIEU RURAL

La desserte en milieu rural est passé par plusieurs étapes, en effets la démarche adoptée depuis le début des années quatre-vingt était évolutive dans le temps, en effet la desserte a passé par les étapes suivantes :

* Pendant les années 80 : un citoyen rural est considéré desservi en eau s'il a accès à l'eau sur une distance maximale de 3km de chez lui.
* Pendant les années 90 : un citoyen rural est considéré desservi en eau s'il a accès à l'eau sur une distance maximale de 1kmde chez lui
* Pendant les années 2000 : un citoyen rural est considéré desservi en eau s'il a accès à l'eau sur une distance maximale de 500 mètres de son domicile.

Depuis 2005, à chaque fois que les conditions techniques (disponibilité des ressources hydrauliques en quantité et en qualité suffisantes) et financières (cout de l'infrastructure et disponibilité des crédits) le permettent, les nouveaux projets ainsi que les projets réhabilités se réalisent sur la base du branchement individuel à domicile avec comptage également est effectué (le bénéficiaire participe avec le cout du niche et du compteur).

Ces choix et cette démarche ont permis de réaliser un taux de desserte en eau potable en milieu rural qui a progressé de **24.3%** en **1984** à **93.9%** en **2016**, dont 51.8% environ réalisé par la SONEDE et 42.1% par la DGGREE

Il est à noter que la période 1991 à2009 a vu la desserte de la majorité des agglomérations rurales. Mais il faut signaler que le taux de desserte en milieu rural est caractérisé par une disparité entre les régions, en effet il varie de **89.5% au Nord-Ouest à 97.5% au Sud-Est**.

Les gouvernorats de **Beja, Jendouba, Kef, Seliana, Bizerte, Kairouan et Sidi Bouzid**, ont des taux en dessous de la moyenne nationale du fait de la dispersion des habitants , du cout très élevé par habitant des infrastructures, du cout élevé de la desserte et de la non pérennité des ressources hydrauliques.

Ci-dessous un graphique représentant l'évolution du taux de desserte en milieu rural depuis 1984 (24.3%) jusqu'à 2014 (92.6%)

N.B. : la baisse du taux entre 2011 et 2014 est due a la révision de certains systèmes d'AEP qui ne sont plus fonctionnels.

Source DGGREE

Mais malgré ces résultats satisfaisants, certains problèmes persistent encore et nécessitent une stratégie et un programme d'action pour les surmonter, en effet ces Problèmes se résument en ce qui suit :

- Un faible taux de desserte surtout au nord ouest et centre ouest, malgré que le Nord-Ouest constitue le château d'eau de la Tunisie

- Saturation de certains systèmes d'eau et ne répondent plus aux besoins des bénéficiaires (dimensionnement du réseau et insuffisance des ressources en eaux disponibles)
- Surexploitation des ressources hydrauliques et surtout les eaux souterraines.
- Dégradation de la qualité : taux de salinité de l'eau élevée dans certaines régions .
- Besoins en financement de grands projets structurants surtout pour la sécurisation des besoins en eau et pérennisation de l'offre

Dans ce contexte, et face à ces problématiques, un plan d'action prioritaire à court et moyen terme a été mis en place dont les principales composantes sont les suivantes :

1 - Améliorer le taux de desserte surtout pour les gouvernorats en dessous de la moyenne nationale cités plus haut.

2 - Améliorer et garantir et sécuriser la desserte en eau potable aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain.

3 - Améliorer la qualité par la mise en place d'un programme d'amélioration de la qualité par la réduction de la salinité dans zones ou la qualité fait défaut.

4 - Mobilisation des ressources non conventionnelles par le dessalement des eaux saumâtres et également par le dessalement de l'eau de mer par le biais de grands projets structurant

5 - La promotion de l'économie de l'eau par l'amélioration de l'efficience des réseaux et des systèmes d'eau a tous les niveaux depuis la source jusqu'au bénéficiaires.

III - Plan d'action court et moyen terme :

1 - Amélioration du taux de desserte en milieux rural :

Dans le but d'améliorer le taux de desserte dans les sept gouvernorats cités ci haut, un programme en cours de réalisation par les services de la SONEDE et de la DGGREE visant 53.5 milles habitants d'un cout de 54 Millions de DT et entre en exploitation courant 2017.

D'autres projets pour la période 2016-2020 ont été programmés, qui sont au nombre de 66 projets visant 51.4 milles habitants avec un

cout de 87,3 Millions de DT dont 20millions de dinars sur le budget de la SONEDE et 67 millions de dinars sur le budget de la DGGREE.

D'autre part, et dans le but d'améliorer le taux de desserte en milieu rural ainsi que de sécuriser les ressources en eaux dans les gouvernorats du nord et Nord-Ouest, qui jusque là utilise en majorité les nappes profondes pour satisfaire les besoins mais ces ressources ont démontées leurs fragilité surtout

puisqu'il suffit d'une succession de deux années sèches se présente pour voir les nappes tarir et une pénurie en eau potable se manifeste, une nouvelle stratégie est mise en place et consiste à la réalisation des grands axes de transfert des besoins en eaux à partir des barrages du nord pour avoir les besoins en eau en quantité et en qualité requise.

Les différents projets des axes se présentent comme suit :

	Co financement	**Période de réalisation**	**Coût (Mns Dt)**
Jendouba	**JICA**	Axes principaux et zones prioritaires 2009-2017 Le reste des régions 2025	**85**
Bizerte	**BID**	Axes principaux et zones prioritaires 2016-2021 Le reste des régions 2040	**170**
Beja	**KFW**	Axes prinicpaux et zones prioritaires 2016-2021 Le reste des régions 2040	**116**
Kef	**En cours d'étude : APS**		
Siliana	**En cours d'étude : APS**		
Kairouan	Ressources en eau locales disponibles		
Sidi Bouzid	Ressources en eau locales disponibles		

Moyennant cette stratégie, la desserte en AEP en milieu rural des différents gouvernorats cités parmi les plus faibles, verra des taux s'améliorer selon les objectifs suivants :

Gouvernorat	Taux de desserte en 2014 (%)	Taux de desserte en 2016 (%)	Taux de desserte en 2020 (%)
Bizerte	84,4	91,7	98
Beja	91,1	93,5	97,3
Jendouba	88,2	93,8	94,9
Kef	89,9	92,5	98,4
Seliana	90	94,9	98,3
Kairouan	90,9	96	97,9
Sidi Bouzid	93,2	94,9	98,5

Ceci étant pour les sept gouvernorats prioritaires du Centre-Ouest et Nord-Ouest , tandis que l'objectif au niveau national en fin 2020 est de 97%.

2 - Améliorer et sécuriser la desserte en eau potable :

Suite au problèmes vécus en 2012, un programme ponctuel et une action urgente qui consiste au dédoublement d'un tronçon de 14km sur la conduite principale de transfert des eaux du nord vers le Sahel , le renforcement de la station de reprise de Karkar et la mise en place d'une station de traitement des eaux brute du barrage de la Nebhana d'une capacité de 400 l/s le cout total de ces actions s'élève à 52.3 Millions de DT

Tous ces travaux ont démarrés en 2013 et actuellement achevés et fonctionnels et ont permis de renforcer l'offre et minimiser les problèmes de pointe estivale sur les zones de Mahdia et Sfax.

D'autre part, et vu la saturation du système actuel, d'autres actions urgentes sont absolument prioritaires qui intéressent l'infrastructure de base pour le stockage d'eau et le renforcement de transfert

des eaux du nord vers le cap-bon , le Sahel et Sfax faute de quoi la situation se complique et devient insoutenable dans le court terme (avant 202)

Le but est donc d'assurer la continuité de desserte dans les grands pôles de consommation moyennant le renforcement et la sécurisation de la desserte pour le Grand Tunis , le Cap-bon, le Sahel et Sfax (un total environs de 7 Millions hab.), le cout total est estimé à 711 MDT. Les différentes composantes se résume en ce qui suit :

1 - *La création de deux barrages à Kalaa au gouvernorat de Sousse (26 Mns m³) et Saida au environs du Grand Tunis (40 Mns m³) le cofinancement est assuré par le FADES, les A.O. sont en cours de dépouillement le cout total est estimé à 175 MDT les travaux démarreront fin 2017-début 2018*

2 - *La création d'un réseau de transfert vers Douar el Bey, Belli, le Sahel et un pole de traitement des eaux brute à Kalaa kbira par le dédoublement de l'actuel canal Medjerda Cap-Bon par une conduite de capacité annuelle de 140 Mnsm³ supplémentaire dont 20 Mns m³ pour l'irrigation .Le cout total est estimé à 351 Millions DT l'appel d'offres est en cours pour une partie.*

3 - *Transfert de l'eau brute du barrage Saida vers le barrage Mornaguia avec la création d'un complexe de production à Bejaoua et sa connexion avec le complexe du grand pour sécuriser les besoin du Grand Tunis et la desserte des grands projets «pole financier» à Raoued (cout estimé à 160MDT) de même que le transfert de l'eau brute du barrage Saida vers barrage Mornaguia (cout estimé à 25 MDT)*

Les fonds arabes ont manifestés la possibilité de financer ces composantes ci haut et sont en cours de les évaluer (FADES, FSD, FKD et BID)

3 - Amélioration de la qualité de l'eau potable en milieu urbain

Un Programme National d'Amélioration de la Qualité de l'eau potable (PNAQ) est mis en place du point de vue des études, financement et planification de sa réalisation par la SONEDE et vise à réduire la salinité au seuil maximum de 1.5 g/l dans les différentes régions déjà desservie par la SONEDE. Ce programme vise les localités dont le nombre d'habitants dépasse 4000 habitants et où la salinité de l'eau distribuée dépasse 1.5 g/l.

Pour réduire cette salinité le programme fait recours soit au transfert des eaux de bonne qualité (<1.5 g/l) ou bien par l'adoucissement des eaux saumâtres disponibles, selon la démarche technico-économique la plus favorable.

Le programme a été scindé en deux tranches, une première tranche, d'un cout total de 62MDT et intéresse les localités ayant une salinité de l'eau distribué supérieure à 2 g/l, le nombre d'habitants supérieure à 4000, cette tranche compte 13 projets dont dix stations

de dessalement avec une capacité totale de 36200 m3/jour (Matmata, Mareth, Belkhir, Beni Khadeche, Tozeur, Nafta, Hazoua, Kebili, Douz et Souk Lahad).

A l'état actuel toutes ces stations sont achevées et sont fonctionnelles, dont la dernière a été mise en service au mois de juillet 2017, et distribuent de l'eau de bonne qualité

Une deuxième tranche d'un cout total de 141 MDT intéresse les localités ayant une salinité de l'eau distribué de 1.5 à 2 g/l, un nombre d'habitant supérieure à 4000 également, cette tranche compte 8 projets dont six stations de dessalement d'une capacité totale de 31000 m^3/jour (Meknassy, Menzel bouzaiene, Mazouna, Metlaoui, Moularess, Redaief, Gafsa-Nord, Gtar, Mdhilla, Degache, Ben Gardanne, Noyel, Bchelli, Beni Mhemed et Jarsine).

Les préparatifs ainsi que la mise en place de quelques infrastructures ont déjà démarré dont la création des forages tels que le cas de Ben Gardanne qui revêt un caractère urgent.

Ce programme, avec ces deux tranches est cofinancé par la banque Allemande pour le développement KFW.

4 - Mobilisation des eaux non conventionnelles

Devant la rareté des ressources du pays , et les risques de voir la demande en eau potable non satisfaite, il n'y a pas de moyen d'en faire face que de faire recours aux ressources non conventionnelles moyennant le dessalement des eaux saumâtres voire même le dessalement de l'eau de mer.

Ces choix stratégiques ont vu le jour depuis longtemps à commencer par le projet de dessalement de l'eau saumâtre des iles de Kerkenna en 1983, jusqu'aux projets de dessalement d'eaux saumâtres de Djerba et de Zarzis dans la période 1999-2000.

Au courant de cette décennie c'est l'étape ultime dans le dessalement, celui du dessalement de l'eau de mer, Le choix du dessalement de l'eau de mer a été adopté comme étant la solution technico-économique la plus optimale pour les Gouvernorats du Sud-Est depuis Sfax jusqu'à Medenine en passant par Gabes moyennant trois grandes stations Djerba, Zarat (Gabes) et Sfax ainsi qu'une petite station aux iles de Kerkenna.

Ce choix a vu le jour à commencer par le grand projet de Djerba, bien qu'il a connu un retard considérable, actuellement il est en cours

de réalisation avec une station d'une capacité de 50.000 m3/jour qui serait exploitable en fin de cette année 2017 et qui permettrait de résoudre les problèmes d'eau potable du Sud-Est et essentiellement dans le gouvernorat de Medenine, son cout total est de 160 millions de DT et cofinancé par la KFW.

Le deuxième grand projet étant celui de la station de dessalement de l'eau de mer à Zarat (Gouvernorat de Gabes) , réalisation de la première tranche de la station avec une capacité de 50 milles m3/j avec les équipements de raccordement, extensible à 75 milles m3/j. Les travaux sont programmés pour démarrer en 2018 pour être exploitable en 2020, ce projet est également cofinancé par la KFW avec un cout provisoire estimé à 180 millions de DT.

Le troisième grand projet est celui d'une station de dessalement de l'eau de mer à Sfax et ses équipements connexes, d'une capacité de 100 milles m3/j extensible à 200 milles m3/j. ce projet a eu l'accord de financement par la JICA, le cout estimatif provisoire de ce projet est de 650 millions de DT

Et enfin une petite station de dessalement de l'eau de également à Kerkenna d'une capacité de 7milles m3/j et dont le cout est estimé à 20 Millions de dinars.

D'autre part, un projet urgent vient d'être adopté pour la réalisation d'une série de petites stations de secours démontable de dessalement d'eau saumâtre ou d'eau de mer, le nombre total est de 38, sur les cotes du Nord-est au Sud-est ,avec un cout estimatif de 200 millions de DT et dont le financement est en cours de recherche.

Les réflexions sur cette orientation de dessalement de cesse d'évoluer dans le temps et dans l'espace surtout avec les conjonctures de sécheresse vécus ces dernières années.

Le Renforcement du transfert vers le Sahel et Sfax et le dessalement d'eau de mer à Sfax permettra de réduire les eaux transférées des zones du Centre et du Centre-ouest à raison de 34% à l'horizon 2030, par conséquent alléger la pression exercée sur les nappes actuellement très sollicités de la Tunisie centrale (le Kairouanais, Sbeitla et Hajeb-Jelma) ce qui aura un impact positif sur ces nappes et va contribuer au développement local dans ces régions.

5 - Economie d'eau :

L'économie d'eau est un axe primordial qui contribue d'une manière directe et immédiate sur rationalisation de l'utilisation des ressources, sur la comptabilité du gestionnaire des systèmes d'eau qu'il soit la SONEDE ou autre puisqu'il évite qu'une eau produite et payée au niveau production soit perdu dans le milieu naturel sans être facturée et également sur le budget du ménage si la perte est le système propre du consommateur.

En effet un mètre cube d'eau produit avec un cout «X/m3» et dont la moitié est perdu en cours de route et dont par conséquent seulement l'autre moitié est distribuée et facturée, c'est comme si la tranche facturée a un cout unitaire de production de «2X/m3» , par conséquent l'efficience du réseau est un paramètre qui influe directement sur la comptabilité du gestionnaire de l'eau.

La maintenance préventive et curative sont les actions clefs pour maximiser l'efficience du réseau depuis la source jusqu'au compteur de l'abonné, au niveau du consommateur, au-delà du compteur, c'est la sensibilisation pour rationaliser l'utilisation et détecter les fuites internes chez l'abonné et les réparer.

L'efficience des réseaux de la SONEDE étaient en moyenne de l'ordre de 84% en 2005, 83.1% en 2008, 80.1% en 2011 et 77.9% en 2014, ceci est due essentiellement a la vétusté du réseau, un manque de maintenance due essentiellement à un manque d'adéquation entre la tarification et le prix de revient de l'eau, ce qui a touché sérieusement la comptabilité de la SONEDE.

C'est pour ces raisons que la SONEDE a misé depuis plus qu'une décennie sur l'économie de l'eau, et a l'état actuel a ciblé un certain nombre de districts dont les réseaux ont une efficience médiocre et sont dans une situation alarmante pour intervention, tel est le cas pour les districts suivants :

District	Kairouan	Kasserine	Gabes	Medenine	Tataouine	Sidi Bouzid	Gafsa	Moyenne
Efficience %	63,4	67,2	67,7	65,7	56,7	71,4	70,4	66,5

Un programme national, d'un coût total de 219 millions de dinars, est mis en place et qui vise le maintien des efficiences acceptables et améliorer les efficiences médiocres dont ceux des districts cités ci haut. Ce programme s'étale sur la période de 2016 à 2020 et dont les principales composantes sont :

- ✓ Généralisation du comptage d'eau.
- ✓ Remplacement des branchements vétustes.
- ✓ Renouvellement des réseaux vétustes surtout les conduites de gros diamètres
- ✓ Contrôle des réseaux et détection des fuites ainsi que la réparation des ces fuites
- ✓ Installation des régulateurs de pression et des systèmes de contrôle à distance.
- ✓ Réalisation d'une campagnes de sensibilisation auprès des abonnés, ainsi qu'au niveau des établissements d'éducation.

L'objectif est d'arriver à une efficience moyenne de 80.8% en fin 2020 contre 79.6% en 2016

Le programme consiste également à l'amélioration de l'efficience au niveau des districts prioritaires, l'objectif est d'arriver à une efficience moyenne ciblé en 2020 de 75.8% contre 66.5% actuellement. Le coût est estimé à 24 millions de DT

Ce programme permettrait d'économiser 66 Millions de m3 d'eau par an en cas de réalisation des efficiences ciblés à l'horizon 2020. Et en tenant compte des coûts de production ceci permettrait d'économiser annuellement 53 Millions de DT.

Mis a part les projets cités ci haut d'autres projets qui cible le court, moyen et long terme dont certains sont en cours d'exécution , d'autres en phase de recherche de financement ou d'études.

Projets en cours de réalisation :

Afin d'assurer la desserte des abonnés dans les meilleurs conditions, La SONEDE a mis en place un programme de renforcement de ses réseaux dans divers régions cofinancé par la JICA et la KFW et de ses ressources propres d'un cout total de 160 Millions de DT pour 148 projets sur la majorité des gouvernorats. A l'état actuel ce projet est en cours de réalisation et sera achevé en 2018.

IV - Stratégie d'amélioration du taux de desserte en eau potable

La stratégie d'amélioration du taux de desserte vise le court, le moyen et le long terme, concernant le programme pour le court et le moyen terme, et dont le cout est estimé à 2500 millions de DT,

comprend les composantes suivantes (dont la plupart détaillé plus haut)

- ✓ Garantir la desserte des zones du grand Tunis, Sousse, Sahel et Sfax .
- ✓ Mobilisation de ressources non conventionnelle.
- ✓ Renforcement et sécurisation de la desserte dans le Nord Ouest.
- ✓ Améliorer la desserte en milieu rural.
- ✓ Réalisation des réseaux extérieurs des grands projets d'investissement

Tandis que le partie qui vise le long terme est celle pour garantir la desserte des régions du centre-ouest et du sud-ouest , dont le cout est estimé actuellement à 1200 millions de dinars et qui consiste à la mise en place d'un axe de transfert Ouest parallèle à la frontière Ouest, alimenté a partir des eaux des barrages de l'extrême nord et qui peut desservir les mines de Sra-Ouertène au kef, la ville de Kasserine et la ville de Gafsa : c'est l'AXE DE TRANSFERT OUEST.

Cet axe est également connecté à l'axe actuel de transfert Est (Tunis-Cap-Bon -Sahel et Sfax) en se raccordant (Est-Ouest) à l'axe actuel Jelma-Sbeitla-Sfax (Voir Schéma ci-dessous), ses études devrait se faire dans la période 2018-2022 et les réalisations a partir de 2021 jusqu'à 2030.

V - OBJECTIFS et CONCLUSION :

En somme, les objectifs ciblés pour la fin du plan quinquennal actuel 2016-2020, est d'arriver à des taux de desserte de 100% en milieu urbain et 96.8% en milieu rural, de même qu'une bonne partie des projets structurants de sécurisation des ressources en eau.

Les détails par région sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

	2016	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**
URBAIN	100	100	100	100	100
Grand Tunis	99,0	99,2	99,2	99,2	99,2
Nord-Est	93,2	95,7	96,6	97,5	97,6
Nord-Ouest	91,9	93,2	94,7	95,3	96,7
Centre-Est	96,7	97,1	97,5	97,4	97,4
Centre-Ouest	90,7	93,7	94,1	94,6	94,8
Sud-Est	95,8	96,5	96,6	97,0	97,0
Sud-Ouest	98,6	99,2	99,2	99,2	99,2
RURAL (Moy.)	**93,9**	**95,5**	**96,1**	**96,5**	**96,8**
NATIONAL (Moy.)	**98,0**	**98,6**	**98,8**	**98,9**	**99,0**

Les objectifs globaux :

Action	**Horizon 2020**	**Après 2020**
Renforcement des ressources	Stat. Dess.Djerba en 2017	Station de Zarat en 2021 Station de Sfax en 2022 Barrage Saida en 2022 Barrage Kalaa en 2021 Transfert Saida-Belli en 2022
Desserte en milieu urbain	100%	100%
Desserte en milieu rural	97%	98% en 2025
Branchement direct en milieu rural	75%	80% en 2025
Efficience (SONEDE)	80,8%	83% en 2025

CONDITION :

En conclusion, l'eau potable, est un facteur de stabilité sociale et un moyen parmi d'autres qui participent au développement du monde rural et de lutte contre l'exode.

L'absence totale ou la médiocrité du service de l'eau aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain pourraient être un catalyseur des troubles sociaux et qui risqueraient d'êtres graves, en plus il s'agit d'un droit constitutionnel, c'est pour cela que les programmes d'eau potable devrait être traités soigneusement et en temps opportun, moyennant une bonne planification des études, de la budgétisation et de l'exécution des différentes infrastructures depuis l'amont jusqu'à l'aval.

La réalisation des objectifs cités ci haut dans les délais requis n'est pas toujours suffisant, il faut systématiquement qu'une politique tarifaire adéquate de l'eau soit instaurée et mise en application le plus vite possible, faute de quoi les gestionnaires de l'eau à différents niveaux risquent de voir leurs situation s'aggraver plus qu'il en est actuellement.

PUBLIC WATER MANAGEMENT AND MUNICIPAL SELF-ADMINISTRATION IN GERMANY

Christa Hecht

Public Water Management in Germany is developed historically and well proven for a long time. It is highly respected by the good quality of the supplied water and the service and people trust in this quality. Water can be drunk in each city and in each village direct from the tap. The sanitary service is environmentally friendly and wastewater disposal and sewage treatment is managed on a high technical level. Supply is permanently and steadily assured, 24 hours a day and 365 days a year, at affordable prices. The water services are provided everywhere in the country, while local systems have priority for ecological reasons.

One long-term positive result is the improvement of human health. There have also been successes in the protection of groundwater and surface water bodies, so the water quality has improved over the past decades. Protection from storm surges and flooding continue to be important tasks. And the common mission is to secure livelihood.

1. Facts, background, ideas and mission of the water sector and the self-government in Germany:

In our view, water is not just a commodity, but rather a very special asset. Water is necessary for life and a natural resource, but it is also a force of nature with powerful local effects.

In Germany there is no ownership of water possible, it belongs to all, it is a common good. But an authorization is required for use.

Drinking water supply and wastewater removal are a public duty in public hands. Ideally, this should be carried out decentralized in municipal structures and institutions, using the local water resources. The cost for the service is full covered by prices and charges. In this decentralized structures the nearness of operators and users are very usually.

However, there is today an increasing necessity for cooperation between municipalities, due to the decrease of the population in rural regions, and to secure water resources and the provision of drainage systems, and also to improve efficiency by taking advantage of economies of scale.

The structure of the water supply system in Germany is predominatly one of public ownership by the municipalities and the system is characterized by these facts.

Water supply is 65% in completely public ownership and 23% of them provided in the context of special-purpose associations, water associations and similar types of organizations.

Wastewater removal is a government duty and is 90% in public ownership and control.

We have in total 6065 operators for water supply and 6100 for waste water removal and treatment.

The municipalities themselves determine the concrete type of organization. This is a right protected by the Constitution. The surveillance and inspection of these decentralized operators is managed by the Federal States (Länder). The standards for quality for health and environmental issues are set by the states government and the European Union.

2. Municipal Self-Administration

The historical roots of municipal self-administration lie in the years 1807 – 1812. The Prussian officials Stein and Hardenberg created with their reforms of self-administration in the municipalities a citizens' counterweight to the state. The ideas behind these reforms were the exemption of the citizens from the dependence on the state, servants should be replaced by citizens. With the identification of the citizens with the state and the municipalities, where they live, the local knowledge and commitment should be mobilized versus recipients of

orders in an authoritarian state in the monarchy. Participation and co-responsibility was developed.

We find these ideas of citizens' involvement in a judgment of the Federal Constitutional Court (July 7, 1960, BVerfG 11, pp. 266, 276) in this sentence:

"Part of the essence of municipal self-administration, as it emerged under the simpler conditions of the 19th century, is that it is borne by the collaboration of respected citizens particularly familiar with local conditions, and that it is oriented toward the particular needs of the local community."

The German municipal self-government principle is guaranteed by the Constitution (Grundgesetz), adopted after the dictatorship of the Nazis and after the Second World War. Our laws of municipal self-administration contain similar stipulations as the research results of Elinor Ostrom, the first woman to receive the Nobel Memorial Prize in Economic Sciences. In her book "Governing the Commons" Prof. Ostrom noted: "The institutional cooperation of stakeholders is superior to state control and privatization in managing scarce natural resources"

Nowadays the governance of natural resources used by many individuals in common is an issue of increasing concern to policy analysts. Both – state control and privatization of resources have been advocated, but neither the state nor private markets have been uniformly successful in solving common resource problems. Elinor Ostrom identified eight "Principles for Managing a Commons" of stable local common resource management:

1. Define clear group boundaries. (Definition of the contents of the common pool resource and effective exclusion of external un-entitled parties);
2. Match rules governing use of the common goods to local needs and conditions;
3. Ensure that those affected by the rules can participate in modifying the rules;
4. Make sure the rule-making rights of the community members are respected by outside authorities;
5. Develop a system, carried out by community members, for monitoring members' behavior;
6. Use graduated sanctions for rule violators;

7. Provide accessible, low-cost means for dispute resolution;

8. Build responsibility for governing the common resource in nested tiers from the lowest level up to the entire interconnected system.

The underlying values in municipal self-administration are solidarity, commonality, cooperation, societal cohesion and responsibility. Individuals have to get involved and to contribute to the common success. Common negotiation about institutional implementation is needed and practiced. And we are sure, municipalities are closer to the problems and find better solutions than far-away government bodies.

A common and efficient water management leads to wealth and prosperity in municipalities. This is well documented in Augsburg, a city in the Federal German State Bavaria, which applies to get the application as World Heritage with his Historical Water Management and Water Art. The roots of the water management in Augsburg even go back to the Romans. In the World Heritage list there are only just two other examples for Water management!

I know that the participation and involvement of citizens are surely easier in small cities and villages than in Mega-Cities. And the problems in the great cities are yet greater than in smaller structures.

3. Associations

Beside the operators of the municipalities there are Water and Soil Associations, Dike and Sluice Associations and Special-purpose Associations for water supply and waste water treatment, currently more than 12.000 in Germany.

More than 1000 years ago the first Dike watches and Dike Associations were founded. In the middle ages associations for irrigation and drainage appeared. Now the Special-purpose associations manage the tasks as water supply, sewage treatment and sometimes maintenance of water bodies.

The Special-purpose associations have existed in Germany since the end of the 19th century. Today there are several thousand such associations, and the number is on to increase.

In these associations, municipalities can join together in order to perform certain public tasks in. We have a Law for Water Associations

since 1991 and the legal foundation for this is provided by the Special-Purpose Association Laws which exist in each of the 16 German Federal States. The supervision of the associations is managed on Federal State level.

Membership in a special-purpose association is generally voluntary, although there are cases where it may be mandatory, but only on the basis of legal stipulations.

In the former mining and steel-industry region "Ruhrgebiet" of North Rhine-Westphalia with former high impacts and pollution of these industries in the water resources, the soils and the environment, special legal associations were founded before more than hundred years. For each association there is a special law. The members of these associations are municipalities or entities which assumed public duties. Members of the private sector can also be accepted, if necessary for the performance of services.

The sphere of activity of these associations is oriented toward the water cycle, and adapted to the "logic of water". They handle water management in the drainage basin of a river basins, each association for one river basin. What should be stressed is, that the idea of these associations and a cooperative is expressly based on the concept that water is a common good, and that it is not to be seen as just any commodity. That is supplemented by the organization of the water system as a self-managed process. And also included is the idea that polluters should be involved in the solutions and be responsible for the costs. This is a form of implementation of the "polluter pays principle".

As noted above, municipalities and their democratically legitimized bodies are able to take the strategic decisions to the water supply and sanitation by their own responsibility and they are largely free to determine their own organizational forms and this is protected by the German Constitution as a strong right. They have the choice between several organizational forms:

- Government operated system
- Municipal company, public law company
- Special-purpose association
- Water and soil association
- Special legal association (in North- Rhine-Westphalia)
- Other forms of inter-municipal cooperation
- Ltd. co. or PLC in public ownership

The regional and local conditions are the basis of the decisions, so water supply and wastewater disposal always require locally adapted solutions. But fees, drinking water quality, environmental requirements, abstraction and discharge rights are subjects to a strict regulation and control in Germany.

In addition this local self-government is integrated in the German federal (Laender) system. The laws for prices and charges creation are subject of the German competition law (GWB, Federal Law) and the Local Rates Acts. The regulations for municipalities of the federal states (16 different) determine the framework for the calculation of charges. Accordingly the principles of public financial conduct, which apply for all 16 federal laws, are essentially applied as:

- Principle of equivalence (proportionally): Charges must be in due proportion to the service provided in return (Local Rates Act).
- Principle of cost recovery: All costs associated with water supply and wastewater disposal must be covered by the charges or contributions. Long-term insufficiency or surplus cover is not admissible (Local Rates Act).
- Prohibition of cost overrun: The estimated revenue from charges must not exceed the likely cost of the facility (Local Rates Act).
- Principle of equality or equal treatment: Arbitrary discrimination of consumers is to be excluded (Local Rates Act).
- Economic principles: Charges must be calculated in accordance with economic principles and methods (Local Rates Act).

These principles do not allow conscious socially graduated rates. They may include the principle of preservation of net real asset values and the principle of real capital preservation also as the principle of preservation of water resources and environment. Based on these principles German customers spend in average 0,9 % (in some regions till 2 %) of their per capita disposable household income on their water supply and wastewater disposal. The fees have developed in the last decades below the inflation index. Very poor people, which are not able to live from their income, are supported by social funds which are based on several social legislation and are financed by taxpayers.

For special environmental aims, municipalities and water operators can get financial aid and support.

This cascade of responsibilities has led to the high performance of the German water sector. 99% of the population is connected to the public drinking water supply, whose figures of water losses are the lowest. German customers have the availability to drink clean, well smelling, water. The satisfaction of customers is high. The per capita use of water is low at 121 liters per day. Nearly the entire wastewater is treated according to a the highest EU purification standards and 98% of the population is connected to sanitation system. Preventive and comprehensive water resource management is sustainable, the protection of the environment is of the water management sector overall and effective, the know-how is extensive and the professionals are well trained.

I am always impressed by the motivation of the people who work in our water sector. Men and women in our water industry - from the Top Management to all employees - are behind the mission to serve clean water and collect and treat waste water for health of the population and for protection of the environment and the water resource.

The water sector invests a high average share of its sales revenue in plants and network and continuous maintenance. Local situated small and medium-sized businesses and the employment rate benefit from these investments and it turns out to economic stability.

We firmly believe that exactly the structures of the cascade of responsibilities and the competence of the municipalities caused the success of the German Water Management with the above shown high level of quality of water supply and sanitation with low costs.

4. Clues for the paths to success

However, I think that it is necessary to define and ensure the following basic conditions.

- Set standards, pass laws and monitor their implementation, but allow some leeway!
- Determine responsibilities and work out who is in charge? Ensure financing which is consumer-appropriate and affordable and cost-accurate targeted.
- Ensure democratic control by subsidiarity, self-administration and federalism.
- Provide know-how, take care for training of the employees,

encourage tradesmanship, technical skills and science. Create partnership and organize cooperation of people with the know-how.

- ➢ Create competition incentives in spite of the natural monopoly, enhance performance, use benchmarking, cost control and transparency.
- ➢ Stay close to the citizens and foster municipal organization with government supervision.

5. Todays specific Challenges for Water Utilities

Especially in the coming years, the water management systems will be faced with particular challenges, and I'm certain that in many cases especially inter-municipal structures will be the best suited to meet the challenges, so are.

We have in Europe economic structural change and the financial crisis of the Euro which radiates in all European states. Germany has still a relatively very good situation by economic successful industries.

Municipalities bounce around with demographic change as decrease of population in rural regions and increase in the cities.

We have to manage the impact of climate change as increasing number of droughts, storms, floods and heavy-rain events.

New water management challenges, such as trace elements materials of pharmaceuticals and medicinal residues and new chemicals and increasing pollution of nitrate from agriculture have to be tackled. Further more sustainable investments in infrastructure are necessary, because some plants and sewers were built before more than hundred years.

Additional, citizens want to have more influence in how their public services are structured and want to be heard and involved in the planning and execution of major infrastructure projects. Secret contracts between local governments and private companies, for example in privatization, are no more accepted. Transparency in public management issues is being demanded.

And it is necessary to ensure that the chain of democratic legitimacy works.

6. Additional interesting Information

Finally, I would like to draw the attention to an interesting book on the global development of remunicipalisation of water services.

https://www.tni.org/en/publication/our-public-water-future

https://www.tni.org/files/download/ourpublicwaterfuture-frprint.pdf

and HERE TO STAY – Water Remunicipalisation as a global trend **https://www.tni.org/en/search?search=here+to+stay&sort_by=search_api_relevance**

Tunis, 24 May 2017
Christa Hecht,
General Manager of Alliance of Public Water Management
Hecht@aoew.de, www.aoew.de

LE TRAITEMENT DES EAUX UNE ALTERNATIVE

Par
Béchir HAMROUNI

Professeur à la Faculté des Sciences de Tunis
Président de l'Association Tunisienne de Dessalement

L'EAU : LE DEFI DU SIECLE

Pour les années à venir l'enjeu de taille est celui de la satisfaction de l'ensemble des besoins en eau potable de l'humanité. Aujourd'hui, déjà un habitant sur cinq n'y a pas accès. Or, un pays qui manque d'eau est un pays qui ne peut ni nourrir sa population, ni se développer. D'ailleurs, la consommation en eau par habitant est désormais considérée comme un indicateur du développement économique d'un pays. Selon une étude des Nations Unies, l'eau pourrait même devenir, d'ici une cinquantaine d'années, un bien plus précieux que le pétrole. C'est dire toute l'importance de cette ressource que d'aucuns appellent déjà «l'or bleu».

Depuis plusieurs années, les rencontres internationales sur l'eau se succèdent, signe d'une inquiétude des États participants, qui tous souhaitent réfléchir à la manière de gérer de façon durable les ressources en eau. La dégradation des réserves, les difficultés d'accès à l'eau potable que connaissent nombre de pays et le risque de pénurie qu'encoure une part croissante de l'humanité ébranlent en effet de plus en plus les consciences internationales. Mais si la nécessité de penser la gestion de l'eau à l'échelle planétaire gagne progressivement du terrain, jusqu'à présent toutes ces rencontres n'ont guère été suivies de décisions ni de mesures concrètes, les états ne parvenant pas à définir une stratégie d'action commune.

Pour illustrer l'importance que la communauté internationale doit accorder au problème de l'eau, l'Assemblée Générale de l'ONU a reconnu mercredi 28 juillet 2010 l'accès à une eau de qualité et à des installations sanitaires comme un droit de l'homme au même titre que le droit à l'alimentation. En effet, et après plus de quinze ans de débats sur la question, le texte adopté par l'Assemblée Générale : «déclare que le droit à une eau potable propre et de qualité et à des installations sanitaires est un droit de l'homme, indispensable à la pleine jouissance du droit à la vie».

Auparavant, l'ONU a décidé l'organisation d'une décennie de l'eau, d'une journée mondiale de l'eau et d'un forum mondial de l'eau.

- **Journée mondiale de l'eau :** c'est en 1992 que la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement CNUED a recommandé qu'une journée internationale soit consacrée aux ressources en eau douce. Cette journée mondiale a été célébrée la première fois le 22 mars 1993. Le 22 mars de chaque année, l'une des institutions des Nations Unies est désignée pour coordonner les activités liées à la célébration de la Journée mondiale de l'eau dans le monde entier, et un thème différent est choisi pour illustrer les multiples aspects des ressources d'eau douce. A titre d'exemple, la Journée mondiale de l'eau 2006 a été organisée autour du thème : «l'eau et la culture» sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). Les deux dernières années 2017 et 2016, les thèmes choisis pour cette journée sont respectivement «Les eaux usées» et «l'eau et l'emploi».

- **Forum mondial de l'eau :** est organisé tous les trois ans depuis 1997 par le Conseil Mondial de l'Eau, en partenariat avec le pays accueillant. Les principaux objectifs : donner l'importance à l'eau dans l'agenda politique, débattre des solutions aux problèmes de l'eau du siècle, formuler des propositions concrètes et les porter à l'attention du monde et générer un fort engagement politique. Le premier forum a eu lieu à Marrakech (Maroc) en mars 1997, le dernier et septième à Daegu-Gyeongbuk (Corée du Sud) en avril 2015 et le prochain est prévu à Brasilia (Brésil) en mars 2018.

- **Décennie internationale d'action «L'eau, source de vie» : 2005-2015 :** s'inspirant du titre du premier Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau «L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie», l'Assemblée générale des Nations Unies a décidé de proclamer, par sa résolution A/RES/58/217, la période 2005-2015 Décennie internationale d'action, «L'eau, source de vie», celle-ci s'est ouverte à l'occasion de la Journée mondiale de l'eau (22 mars 2005).

LE RECOURS AUX RESSOURCES NON CONVENTIONNELLES

Dans le monde, les études sont alarmantes et prévoient qu'en 2025, 2,8 milliards soit 35% d'une population totale de 8 milliards

vivront une pénurie d'eau, dont 80 millions des pays méditerranéens avec moins de 500 m^3/habitant/an. En 2050, 43% d'une population totale de 9,3 milliards sera touchée.

Dans le monde arabe, la figure suivante, montre l'insuffisance des ressources conventionnelles en eau. Les quotas par habitant sont faibles, et qui vont diminuer d'une année à l'autre, montrent que ces pays vivent une pénurie d'eau.

En Tunisie, la quantité des ressources naturelles disponibles par habitant qui a été estimé à 512 m^3/habitant en 1990 et 490 m^3/habitant en l'an 2000 est prévue passer à 370 m^3/habitant en l'an 2030. Actuellement, on est à environ 460 m^3/habitant/an, bien en dessous de la limite de 1000 m^3/habitant/an caractérisant les pays vivant un pénurie d'eau.

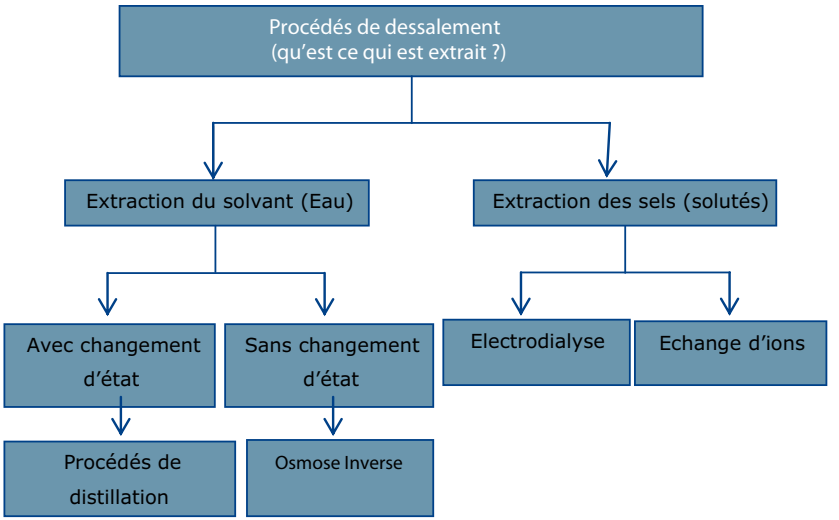
Ainsi la pénurie d'eau dans certains endroits oblige à se tourner vers d'autres ressources non conventionnelles, principalement le dessalement des eaux saumâtres et des eaux des mers, la réutilisation des eaux usées traitées et le commerce de l'eau virtuelle. Ce recours aux ressources non conventionnelles doit s'accompagner d'un effort important nécessaire pour lutter contre le gaspillage et les fuites des canalisations et d'un renforcement de la collecte des eaux pluviales.

LE DESSALEMENT DES EAUX SAUMÂTRES ET DE L'EAU DE MER

Les principaux procédés de dessalement

Les procédés de dessalement les plus connus appartiennent à deux familles. Les procédés de distillation les plus anciens (dits aussi procédés thermiques). L'eau salée s'évapore avant d'être condensée tandis que le sel, non volatil, reste dans la saumûre concentrée. Les procédés les plus utilisés : Détentes à plusieurs étages ou Multi Stage Flash (MSF), la Compression de Vapeur (VC), la Distillation à Multiple Effets (MED). Ce sont des procédés qui consomment de l'énergie thermique et passent par un changement de l'état physique de l'eau (passage de l'état liquide à l'état vapeur). Ils sont alors gros consommateurs d'énergie.

Les procédés membranaires, industrialisés à partir des années 1960, sont basés sur la séparation entre les sels et l'eau au moyen de membranes. Il existe maintenant une grande variété de membranes adaptées à divers procédés de séparation. Les procédés à membranes présentent de nombreux avantages par rapport aux procédés classiques. La mise en œuvre industrielle des membranes est réalisée au moyen de modules dans lesquels les membranes sous forme de feuille, de tube ou de fibres creuses sont agencées de telle manière que son utilisation apporte une efficacité maximale pour un coût



minimal. Les principaux procédés membranaires : l'Osmose Inverse (RO) et l'Electrodialyse (ED) ont l'avantage de consommer moins d'énergie. Les forces de transfert à travers les membranes sont une différence de pression pour l'osmose inverse et une différence de potentiel pour l'électrodialyse. Ces procédés opèrent à température ambiante, se déroulent sans changement de phase et consomment moins d'énergie que les procédés thermiques. Enfin les installations industrielles sont modulables.

Le dessalement dans le monde en chiffres

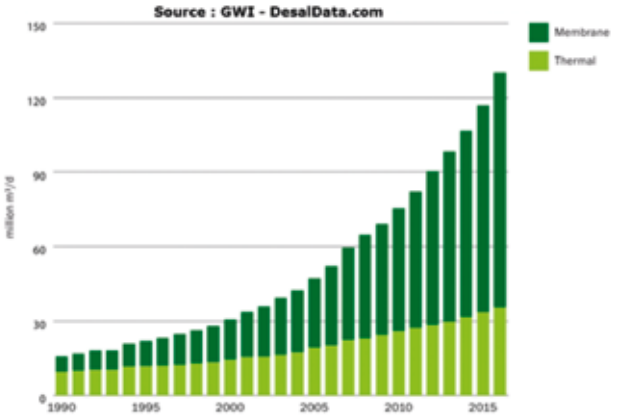
- Le nombre total d'usines de dessalement dans le monde s'élèvent à 18426, au 30 Juin 2015.
- La capacité globale des usines de dessalement en service, au 30 Juin 2015, dépasse 86,8 millions de mètres cubes par jour,
- Le nombre de pays où le dessalement est pratiqué atteint 150.
- Le nombre de personnes dans le monde qui comptent sur l'eau dessalée pour certains ou tous leurs besoins quotidiens dépasse les 300 millions.

Capacité de dessalement en service en 2015 et ventilation par zone géographique

Zone géographique	Capacité de dessalement en 2015 (%)*
Amérique du Nord	12,9
Amérique Latine, les caraïbes	4,7
Europe de l'Ouest	11,2
Europe de l'Est, Asie du centre	2,6
Asie de l'Est, Pacifique	17,5
Asie du Sud	2,7
Moyen Orient, Afrique du Nord	46,7
Total capacité en 2015	74,7 millions m^3/jour

* Source : GWI – DesalData.com

Capacité cumulée des installations de dessalement dans le monde



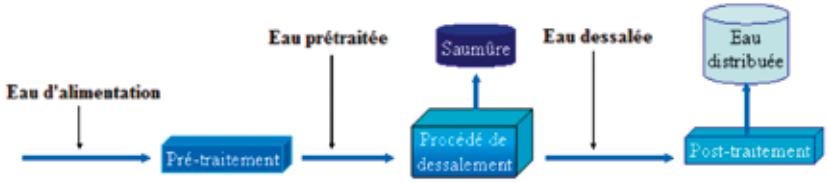
D'un point de vue capacité de production, les procédés membranaires se développent plus rapidement et l'emportent sur les procédés thermiques.

Les top 10 premiers pays selon la capacité d'installation (2013)

Pays	Capacité de dessalement de l'eau de mer (m^3/Jour)
Arabie saoudite	9 170 391
Emirates Arabes Unis	8 381 299
Espagne	3 781 314
Koweit	2 586 761
Algérie	2 364 055
Australie	1 823 154
Quatar	1 780 708
Israel	1 532 723
Chine	1 494 198
Libye	1 048 424

Les Procédés dessalement sont des procédés de concentration

Toute station de dessalement est composée de trois parties principales : le prétraitement, le procédé de dessalement proprement dit et le post-traitement comme indiqué dans la figure suivante.



L'importance et le contenu du prétraitement dépendent essentiellement de la qualité de l'eau d'alimentation et de sa composition chimique. Il s'agit soit d'une eau saumâtre généralement de salinité inférieure à 10 g/L soit d'une eau de mer de salinité autour de 38 g/L. Le tableau suivant donne les principaux constituants d'une eau saumâtre du Sud Tunisien (Gabès) à environ 6 g/L et celle de l'eau de mer de la méditerranée à 36 g/L.

	Concentration en mg/L			Concentration en mg/L	
Cations	**Eau saumâtre Sud Tunisien**	**Eau de mer standard**	**Anions**	**Eau saumâtre Sud Tunisien**	**Eau de mer standard**
Sodium $^{+}$	1172	10752	Chlorure $^{-}$	1548	19345
Potassium $^{+}$	46,5	390	Sulfate $^{42-}$	2200	2701
Calcium $^{2+}$	750	416	Bicarbonate $^{3-}$	221	145
Magnésium $^{2+}$	106	1295	Fluorure $^{-}$	0,9	1
Strontium $^{2+}$	12,8	13	Silice SiO_2	27,4	-

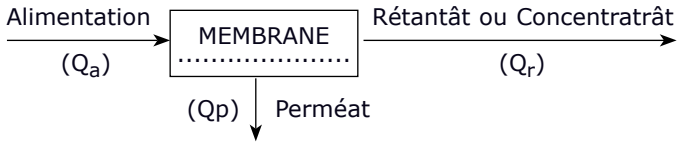
Le prétraitement a pour rôle de donner à l'eau d'alimentation (eau saumâtre ou eau de mer) les caractéristiques exigées par le procédé de dessalement. Il s'agit généralement d'enlever les matières en suspension, de prévenir la précipitation de certains composés comme les carbonates et sulfates de calcium, les hydroxydes métalliques, etc. Plusieurs procédés peuvent être mis en œuvre : filtration (sable, charbon actif, cartouche), coagulation floculation, acidification, chloration, adoucissement, échange d'ions, ultrafiltration, décarbonatation à la chaux, utilisation de séquestrants ou tartrifuges.

Le post-traitement sert principalement à rendre l'eau dessalée potable en la désinfectant et en l'amenant à l'équilibre calco-carbonique pour éviter qu'elle soit incrustante ou agressive vis-à-vis des canalisations de distribution ou des bassins de stockage. La désinfection peut être effectuée par les hypochlorites de sodium ou de calcium, l'oxyde de chlore, l'ozone ou le rayonnement UV.

Selon la composition de l'eau à dessaler, on est souvent amené à prévoir des traitements spécifiques pour satisfaire les normes en

vigueur. On peut citer, au niveau du prétraitement l'élimination des ions fluorure et de la silice dissoute (cas du dessalement des eaux saumâtres du Sud Tunisien) et l'élimination du bore au niveau du post-traitement (cas du dessalement de l'eau de mer).

Dans le cas d'un procédé membranaire, la solution à traiter, entrant dans le module membranaire avec le débit d'alimentation Q_a, se divise au niveau de la membrane en deux parties de concentrations différentes. Il s'agit du perméat passant à travers la membrane avec le débit Q_p et du retentât retenu par la membrane et sortant du module avec le débit Q_r.



L'efficacité du dessalement des eaux salines par osmose inverse est évaluée à l'aide du calcul du taux de rétention, du taux de conversion et du facteur de concentration. Le taux de rétention (R) représente une comparaison entre les concentrations en soluté de part et d'autre de la membrane, est défini par l'équation suivante :

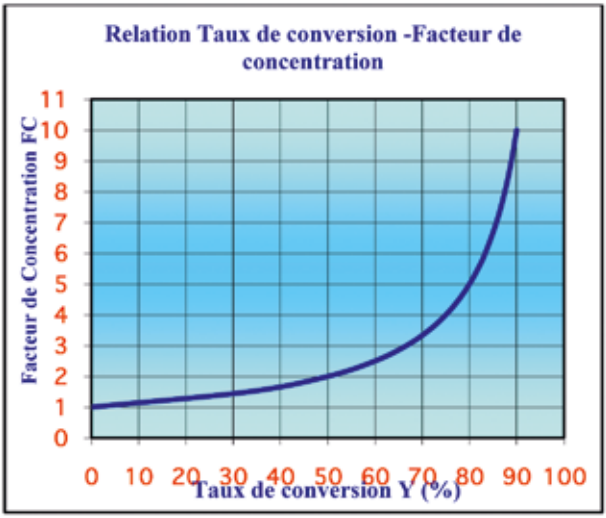
$$R(\%) = (1 - \frac{C_p}{C_a}) * 100$$

Cp et Ca sont respectivement les concentrations du soluté dans le perméat et dans la solution d'alimentation (eau salée).

Le taux de conversion (Y) est défini comme étant le rapport entre le débit du perméat (Q_p) et le débit de l'alimentation (Q_a).

$$Y = \frac{Q_p}{Q_a}.100 = \frac{Q_p}{Q_r + Q_p}.100$$

Le facteur de concentration (FC), directement relié au taux de conversion, peut être calculé en utilisant le rapport entre la concentration du rejet et la concentration de l'eau d'alimentation :
FC = = *11*–



D'après cette courbe, la perte de la moitié, du quart et du cinquième de l'eau d'alimentation correspond à la concentration des sels au niveau des membranes deux, quatre et cinq fois respectivement. Ainsi, le problème posé à toutes les installations de dessalement est d'éviter que les sels une fois concentrés ne précipitent, en atteignant leurs limites de solubilité. Ainsi, plus Y augmente plus le risque de précipitation de certains sels peu solubles augmente. D'où la recherche d'un compromis entre un Y élevé pour des considérations économiques et un FC faible pour éviter les problèmes d'entartrage et de colmatage.

PRE-TRAITEMENT et POST-TRAITMENT

Bien que l'eau soit très abondante sur notre planète et même probablement l'une des ressources les plus abondantes de la Terre, elle est très inégalement répartie sur la surface du globe et seule une part limitée de toute cette eau est réellement directement disponible pour notre consommation (1%).

Pour devenir potable, l'eau doit répondre à des normes drastiques. Elle est constituée d'un très grand nombre de composés naturels et de substances potentiellement nocives (métaux lourds, métalloïdes, pesticides, résidus médicamenteux…) présents en quantités infimes. On est donc obligé de passer par des techniques très fines. Seule la

chimie permet de détecter ces substances nocives et de les éliminer efficacement. Les technologies de traitement de l'eau par la chimie sont et resteront au cœur des enjeux des chimistes pour répondre à des préoccupations liées à la qualité et à l'environnement : repousser les limites de détection des agents polluants, développer de nouveaux outils d'analyse, proposer des procédés innovants de traitement des eaux salées et/ou contaminés.

Les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques des eaux brutes varient en fonction de la nature du sol et des activités locales (agricoles, industrielles et domestiques). Pour être exploitables, les eaux brutes doivent répondre à des critères de qualité fixés par la réglementation. Le choix des procédés et des équipements dépendra du niveau de qualité de chaque ressource en eau.

La chimie joue un rôle essentiels pour relever le défi d'approvisionnement en eau potable, de bonne qualité. C'est, entre autres, dans ce cadre que l'ONU a adopté, le 19 décembre 2008, lors de sa soixante-troisième Assemblée Générale, la résolution 63/209 déclarant 2011 «Année Internationale de la Chimie». C'est l'Éthiopie, siège de la Fédération Africaine des Associations de Chimie (FASC) qui a présenté cette résolution qui souhaitait que soit mis à l'honneur le rôle de la chimie dans l'accès à l'eau potable, l'agriculture, la santé et l'hygiène.

PRE-TREATMENT SPECIFIQUE : Élimination des ions fluorure

Les teneurs des ions fluorure sont de 0,8 à 1,4 mg/L dans les eaux de mer, de 0,01 à 11 mg/L dans les eaux minérales et de 1 à 100 mg/L dans les eaux saumâtres.

De nombreux pays, en particulier les producteurs de phosphates tels que la Tunisie, le Maroc, l'Algérie et le Sénégal, sont confrontés à un excès de fluorure dans l'eau potable. Dans le sud de la Tunisie, les nappes de la région de Gafsa en particulier (Metlaoui, Omlarayes et Redayef), renferment des eaux à fortes concentrations en fluorures, environ 2 à 4 mg/L. Pour les gouvernerats de Kairouan, Tozeur, Gabès et Tataouine les teneurs sont comprises entre 1,5 et 2,5 mg/L.

Ces teneurs dépassent les normes fixées par l'OMS (1 mg/L) et la directive de l'Union Européenne (1,5 mg/L). Des conséquences sont alors observées sur la santé des populations de ces régions. En effet, si à faibles doses, le fluor prévient la carie dentaire, à fortes doses il entraîne des problèmes tels que la fluorose dentaire (> 1,5 mg/L) et la fluorose osseuse (> 4 mg/L).

La fluorose dentaire est un trouble spécifique de la formation des dents qui résulte d'un apport excessif de fluorures durant la période de développement dentaire. Il est généralement admis que le risque de fluorose dentaire apparaît au-delà de 4 mg par jour. Sur le plan clinique, la fluorose dentaire se caractérise par la présence de tâches opaques et ternes sur l'émail qui peut être strié, moucheté ou piqueté ou prendre une coloration jaune à marron foncé.

La fluorose osseuse résulte d'une intoxication prolongée par de fortes quantités de fluor. Elle est souvent cliniquement latente et découverte par radiologie. Chez un patient, les principaux signes cliniques sont les douleurs osseuses périphériques qui sont souvent probablement masquées par les douleurs neuropathiques et les déformations osseuses des os longs avec une augmentation du risque de fracture par fragilité osseuse.

Plusieurs procédés de réduction de la teneur en fluorure pour la ramener aux normes fixées par l'OMS ont été appliqués : procédés d'adsorption, procédés par échange d'ions et procédés membranaires.

POST-TREATMENT SPECIFIQUES

Une fois dessalée, l'eau doit circuler dans les canalisations pour atteindre les robinets. Sans traitement final, la qualité de l'eau pourrait se dégrader au cours de son transport dans le réseau.

Même après avoir été désinfectée au cours du traitement, l'eau reste un milieu vivant où peuvent se développer les microorganismes. Le traitement final vise à empêcher la prolifération de ces derniers.

À la sortie de l'usine de dessalement, afin d'éviter les problèmes d'entartrage ou de corrosion des tuyauteries, l'eau ne doit être ni agressive ni incrustante. Un traitement visant à modifier l'équilibre de certains paramètres (pH, alcalinité de l'eau) permet de protéger les conduites.

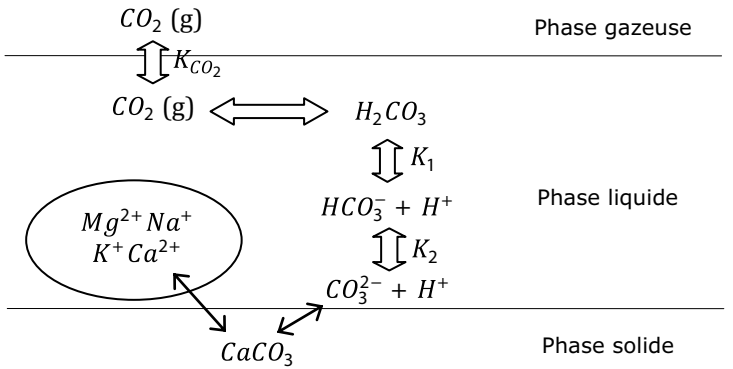
Equilibres calco-carboniques (entartrage et agressivité)

Le caractère agressif ou incrustant d'une eau est défini par le comportement de l'eau vis-à-vis du carbonate de calcium. Une eau agressive attaque le carbonate de calcium tandis qu'une eau incrustante le dépose. Le carbonate de calcium constitue généralement le sel majeur du tartre déposé par une eau. Les eaux incrustantes ou entartrantes sont susceptibles de boucher les canalisations destinées à la distribution urbaines, de désactiver les lessives et les savons, de former des dépôts dans les appareils ménagers et de causer le grippage des dispositifs d'arrêt comme les robinets et les vannes. Les dépôts de tartre dans le cas des chaudières diminuent les échanges thermiques causant une perte énergétique et économique. Les procédés membranaires sont aussi touchés par le colmatage dû à la formation du carbonate de calcium et d'autres sels sur la surface des membranes.

Photo de canalisations touchées par l'agressivité et l'entartrage

L'eau agressive endommage les canalisations en attaquant les parois internes. Les résultats de cette attaque sont économiques et sanitaires. D'une part, les circuits endommagés devront être remplacés ; d'où l'aspect économique du problème. D'autre part, les eaux agressives distribuées pour la consommation humaine peuvent dissoudre des espèces néfastes pour la santé dans leurs traversés par les canalisations.

Les dégâts causés par l'agressivité ou l'entartrage sont la préoccupation des responsables des stations et des unités de traitements des eaux. Pour les secteurs touchés par ces deux caractères, le traitement ramenant les eaux à l'équilibre est généralement nécessaire. La prévention contre ces atteintes passe par l'application d'outils fiables et bien adaptés aux eaux utilisées ou traitées.



Ainsi, les eaux agressives, responsables de la corrosion, sont neutralisées (par ajout de chaux ou de calcaire) ou reminéralisées. Les eaux incrustantes, responsables de l'entartrage, sont soumises à une décarbonatation (à la chaux ou à la soude) ou un adoucissement par résines échangeuses d'ions.

Elimination du bore de l'eau de mer

Le bore joue un rôle dans le métabolisme de certains minéraux tels que le calcium et le cuivre et dans la croissance des végétaux et des os chez l'homme et les animaux dont l'excès et la carence sont nuisibles. Il se trouve essentiellement dans les eaux naturelles sous forme d'acide borique, un acide faible de solubilité 55 g/L à 25°C. Il se dissocie sous forme ionique (H2BO3-, HBO32-, BO33-).

Les teneurs de bore dans les eaux sont de 4 à 5 mg/L dans les eaux de mer et de 5 à 100 mg/L dans les eaux usées.

Selon des investigations medico-biologiques, les composés de bore appartiennent à la deuxième classe du danger toxicologique. L'avancée de la recherche et de la connaissance de la toxicité du bore fait évoluer les normes et les directives concernant sa concentration maximale admissible dans les eaux destinées à la consommation humaine. Pour la consommation humaine, le bore peut poser des problèmes cardiovasculaires, nerveux, digestifs et sexuels. Pour les plantes, un excès ou une carence en bore peut causer des problèmes de croissance.

Region	Concentration limite en bore (mg/L)	Année de la règlementation
Recommendations de L'OMS	0,3 0,5 2,4	1990 1998 2011
Union Européenne	1,0	1998
Nouvelle Zélande	1,4	2000
Japan	1,5	2000
Californie (USA)	1,5	2001
Abu Dhabi	1,5	2001
Singapore	1,0	2001
Canada	5,0	2003
Australie	4,0	2004

Il apparaît de ce tableau que :

- Les limites fixées par l'OMS ont été augmentées pour atteindre 2,4 mg/L et ce à cause du manque de données toxicologiques,
- Très peu de pays suivent les recommandations de l'OMS,
- Aux Etats Unis, il n'existe pas de réglementation fédérale, les limites diffèrent d'un Etat à un autre dans le domaine de 0,6 à 1,0 mg/L.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour l'élimination du bore dont on peut citer :

- Les procédés physicochimiques comme la coagulation-floculation, l'électrocoagulation, l'échange d'ions, la précipitation,
- Les procédés d'adsorption comme l'adsorption sur l'alumine activé et le charbon actifÖ
- Les procédés membranaires comme l'électrodialyse, l'osmose inverse et la nanofiltration.

CONSIDERATIONS ENVIRONNEMENTALES

Le dessalement est-il écologique ? C'est un vaste débat. C'est un fait que cet aspect est pris très au sérieux dans les projets mais aussi dans les travaux de recherche.

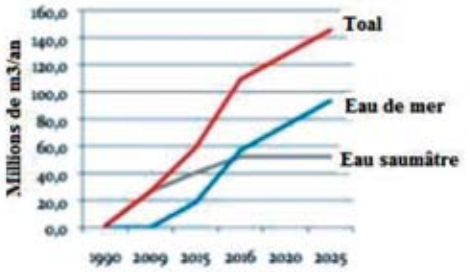
Les sources de perturbations environnementales ont plusieurs origines. Tout d'abord, une usine de dessalement d'eau de mer rejette

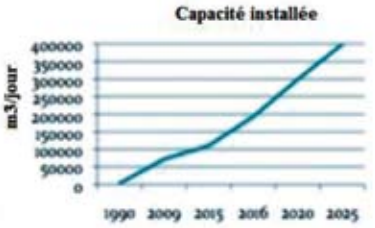
une saumure concentrée environ deux fois, à 70 grammes de sel par litre. Le principe adopté est de diluer cette saumure aussi rapidement que possible. Mais ce n'est pas tout. Le prétraitement de l'eau de mer qui pénètre dans les usines de dessalement emploie une vaste panoplie de produits chimiques. Une maitrise toujours plus pointue de la conduite des installations permet de limiter au maximum leur usage, dont l'impact économique n'est pas négligeable, et la plus grande partie des réactifs disparait tout simplement, consommée par les réactions chimiques qu'ils provoquent. Toutefois, une concentration résiduelle est rejetée, ce qui a conduit à estimer qu'à cause des usines de dessalement, il est rejeté chaque jour dans le golfe arabique 65 tonnes d'antitartre, 24 tonnes de chlore résiduel et 300 kilogrammes de cuivre issu des produits de corrosion.

CONCLUSION

Le dessalement est déjà la solution pour s'approvisionner en eau potable

Il est clair que l'eau potable (douce) est devenue un produit qu'on fabrique pour compenser les déficits en ressources conventionnelles. On remarque l'évolution rapide, à l'échelle mondiale, du recours aux procédés de dessalement pour produire de l'eau potable. En Tunisie, la décision a été déjà prise en 1983, avec la mise en service de la station de dessalement de Kerkennah produisant 3300 m3/jour. Aujourd'hui, la SONEDE exploite 15 stations avec une capacité totale de 109500 m3/jour auxquelles on peut ajouter les 50000 m3/jour de la première station de dessalement d'eau de mer de Jerba prévue pour la fin 2017. Il faut aussi compter plus d'une centaine de petites stations, dont on n'a pas un inventaire précis, qui sont exploitées par les différents secteurs de l'économie (secteurs pharmaceutique, hôtels, STEG, industries chimiques, cimenteries, sociétés de fabrication de boissons, …). La SONEDE a programmé, d'ici





2022, 9 stations totalisant une capacité de production de 231 000 m3/ jour. Les deux figures suivantes schématisent l'évolution de la capacité de production des stations de dessalement, en Tunisie, des eaux saumâtres et de l'eau de mer.

Le recours au dessalement qui s'impose à la Tunisie, crée des nouveaux besoins en matière de formation et de recherche dans le domaine du traitement et du dessalement des eaux. En effet, un effort est nécessaire pour renforcer et encourager concrètement les structures universitaires qui s'efforcent à former et à conduire des recherches dans le domaine de l'eau. La Tunisie doit avoir ses propres spécialistes dans le domaine du dessalement capables de fournir l'outil d'aide à la décision, de contribuer à résoudre les problèmes rencontrés, d'adapter les procédés aux conditions locales et de réduire les coûts du m3 dessalé. Il y a lieu aussi de trouver le cadre adéquat pour officialiser et dynamiser les collaborations entre les décideurs, les exploitants des stations de dessalement et les chercheurs dans le domaine de l'eau.

D'autres solutions sont envisagées ou envisageables comme le traitement des eaux usées pour l'irrigation et le recours au commerce de l'eau virtuelle. La Tunisie est bien avancée dans le traitement des eaux usées mais peu envisager la gestion de l'eau virtuelle. En effet, le recours croissant à l'eau «virtuelle» pourrait également constituer une solution. Il s'agit d'un concept inventé par l'économiste anglais Tony Allan qui consiste à évaluer la quantité d'eau qui a été nécessaire pour produire un bien alimentaire. On considère que l'eau, consommée par le pays exportateur, a été économisée par le pays importateur.

Ainsi au lieu d'irriguer pour produire du blé (1200 L), certains pays peuvent à la place l'importer. «Il s'agit d'un moyen indirect de partager l'eau dans le monde par le commerce»,

Denrée alimentaire	Quantité d'eau (Litres) nécessaire à la production
1 kg de viande de bœuf	16 000
1 kg de poulet	3 500
1 kg de riz	2 500
1 Kg de Maïs	850
1 kg de pommes de terre	500
1 œuf	237

Toutefois, le recours au commerce de l'eau virtuelle est difficile d'application et peut poser des considérations de dépendance alimentaire.

Conscients de l'importance, voire de la gravité, du problème de l'eau pour la Tunisie, l'Association Tunisienne de Dessalement (TDA) a été créée par un groupe d'universitaires.

La TDA est une association à caractère scientifique qui se consacre au développement, à la promotion et à l'utilisation appropriée des technologies de traitement et du dessalement des eaux, en Tunisie. Elle a pour objectifs :

- Consentir des efforts pour promouvoir la recherche, l'enseignement et diffuser l'information dans le domaine du traitement et du dessalement des eaux,
- Faciliter l'échange entre les scientifiques, les chercheurs, les ingénieurs, les techniciens et les opérateurs des compagnies, des universités et des centres de recherche,
- Organiser des conférences, des ateliers, des cycles de formation et des séminaires dans différentes régions du pays afin de favoriser un meilleur transfert et une meilleure maîtrise des technologies du dessalement et du traitement des eaux,
- Sensibiliser et encourager les jeunes chercheurs et ingénieurs à s'intéresser à ce domaine,
- Favoriser la coopération et la communication avec les organismes régionaux et internationaux dans tout ce qui concerne la formation, la recherche, le développement et la meilleure utilisation du dessalement.

Des manifestations scientifiques régulières, depuis 2007, ont pu être organisées par l'Association Tunisienne de Dessalement en collaboration l'European Desalination Society (EDS). A chaque édition du Colloque, les meilleurs travaux de recherche sont sélectionnée et publiés dans des journaux spécialisés, de renommée internationale et à facteur d'impact.

	Participants	Conférences plénières	Présentations Oral/Poster	Travaux sélectionnés	Journal de publication
CMTDE 2007	189	4	159	14	Desalination*
CMTDE 2009	162	4	196	25	Desalination and water Treatment**
CMTDE 2011	215	14	216	29	Desalination and water Treatment
CMTDE 2013	223	8	169	27	Desalination and water Treatment
CMTDE 2015	250	10	250	14	Desalination and water Treatment

*Journal Desalination , Facteur d'impact : 5,52
** Journal Desalination and water Treatment, Facteur d'impact : 1,63

E-mail: TunisiaDesalination@gmail.com
Web Site: www.attde.or
Faculté des Sciences de Tunis, 2092 Manar 1

LES CRISES DE L'EAU EN RÉGION MÉDITERRANÉENNE ONT DES FACTEURS MULTIPLES

Par Jean Margat

(Institut Méditerranéen de l'Eau)

Résumé :

Les «crises de l'eau» probables en Région méditerranéenne au cours du XXI^{ème} siècle ne seront pas imputables seulement aux effets du changement climatique sur les ressources renouvelables naturelles en eaux bleues et en eaux vertes.

Elles seront dues aussi à la pression croissante des demandes en eau liée à l'augmentation de la population permanente et saisonnière et au développement économique, à l'importance du recours à des sources d'approvisionnement en eau non durables, tandis que la mobilisation des ressources naturelles irrégulières par barrages réservoirs tend à plafonner et parfois à se réduire du fait de l'envasement et de l'évaporation, et parfois à la fragilité relative des ressources en eau transfrontalières.

Y faire face implique de conjuguer la gestion des demandes et le développement de l'utilisation des sources d'approvisionnement non conventionnelles.

Les crises de l'eau en Région méditerranéenne ont des facteurs multiples

L'appauvrissement des ressources naturelles renouvelables en eau bleue et en eau verte imputable au changement climatique est maintenant le principal facteur de «crises de l'eau» en perspective au cours du XXI^{ème} siècle en Région méditerranéenne.

Un tel appauvrissement est en effet probable bien qu'encore difficilement chiffrable. Selon les travaux du GIEC, des diminutions des précipitations annuelles moyennes de l'ordre de 15 à 30% sont prévisibles en fin du XXI^{ème} siècle, avec un écart Nord/Sud plus accentué et une saisonnalité plus contrastée – sècheresses estivales aggravées –.

Les eaux bleues écoulées pourraient être réduites en moyenne de 20 à 40%. Mais bien plus que les réductions des eaux bleues et vertes en moyenne annuelle, ce sera surtout la fréquence accrue et l'aggravation des sècheresses qui appauvriront les ressources et amplifieront les besoins, notamment ceux de l'agriculture et des populations littorales, en particulier saisonnières (tourisme). Donc, une extension des situations critiques.

Toutefois, cet appauvrissement des offres n'est pas le seul facteur de crises de l'eau en Région méditerranéenne.

La croissance des demandes, liée à la croissance démographique (en Région méditerranéenne, 271 millions d'habitants de plus entre 1950 et 2010, 551 millions prévus en 2025 et 627 en 2050), mais aussi à l'augmentation de la demande moyenne par habitant (600 m3/an en 2010, 666 projetés en 2025), liée à l'urbanisation avec une composante saisonnière accrue par le tourisme, accentue les risques de situation critique.

Le recours croissant à des sources d'approvisionnement en eau non durables est un autre facteur de situation critique :

- Des surexploitations d'eau souterraine renouvelable qui déterminent des chutes de niveau pluriannuelles et des coûts d'exploitation croissants, sont nombreuses dans la plupart des pays méditerranéens, notamment dans les aquifères littoraux où elles provoquent des invasions marines. Depuis plus de 50 ans déjà, les exploitations intensives et croissantes d'aquifères littoraux ont été pratiquées en Espagne (Sierra de Crevillente, Campo de Dalia près d'Almeria, bassin du Segura, ...), en Italie (Sicile, Sardaigne, Venise, Ravenne jusqu'à – 40 m sous la ville), en Grèce (Argolide, jusqu'à – 100 m, Crête), à Chypre, en Israël, à Gaza, en Libye (Jeffara, invasion marine sur un front de 20 km), en Tunisie, en Algérie (Mitidja), au Maroc (Haouz, Sous).
- L'exploitation «minière» d'eau souterraine non renouvelable («l'eau fossile») s'est développée dans les régions sahariennes des pays méditerranéens du Sud (Algérie, Egypte, Libye, Tunisie), où les risques d'épuisement sont probables avant la fin du XXIème siècle.

L'envasement et l'évaporation des retenues de barrage affaiblit leur capacité de maîtrise des ressources en eau superficielles «sauvages» irrégulières, particulièrement au Maghreb, où, sur un

maximum constructible théorique de 36 km3, la perte de capacité présente par sédimentation est de 140 hm3/an, et les capacités utiles des réservoirs, de 27 km3 en 2011, pourraient être réduites à 21 km3 en 2050 et à 15 km3 en 2100. Quant à l'évaporation des retenues des barrages en Région méditerranéenne, elle est estimée, en 2010, à 23 km3/an, à ajouter aux 136 km3/an consommés par l'ensemble des utilisations d'eau dans la Région à présent.

Enfin, l'importance relative des ressources en eau transfrontalières superficielles ou souterraines, utilisées, dont la conservation peut être fragile, voire sujette à conflit, est aussi un indicateur de risque de situation critique. C'est, à l'évidence, le cas pour l'Egypte, Israël, la Jordanie et la Syrie fortement dépendantes de fleuves transfrontaliers (Nil, Jourdain, Euphrates), mais parfois aussi d'aquifère transfrontalier.

Par exemple, l'aquifère carbonaté éocène et miocène partagé entre la Turquie et la Syrie, dont les sources du Khabour en Syrie sont le principal exutoire (au débit originel très élevé de 40 à 50 m3/sec.), est alimenté surtout en Turquie dans la région de Mordin, où la croissance récente des exploitations par un millier de forages a réduit fortement l'écoulement en Syrie, en faisant chuter le débit des sources à quelques m3/sec., avec même un tarissement en 2000 (selon un rapport de la World Bank en 2001).

Le «Mountain Aquifer» partagé entre Israël et le territoire palestinien dont les émergences sont en Israël (sources Yarkon, Tanninim) est aussi une source d'approvisionnement fragile pour Israël, concurrencée par les prélèvements des colons israéliens en territoire palestinien.

Pour faire face aux crises de l'eau déjà présentes ou en perspectives, la formule maîtresse est **l'adaptation**, appliquée à la fois à la gestion des ressources et des demandes.

- Parachèvement des aménagements de maîtrise des eaux irrégulières et de transfert entre bassins ou régions, en luttant contre l'envasement des réservoirs et en développant la recharge artificielle d'aquifères exploitables.

  En développant aussi la gestion plus active des réserves régulatrices des aquifères à ressources renouvelables irrégulières, tout en réduisant leur surexploitation par une gestion plus collective («contrats de nappe»).

- Réduction des pertes de transport dans les adductions et distributions d'eau potable ou d'irrigation, ainsi que dans les transferts.
- Tarification progressive préférentielle des eaux distribuées – Révision éventuelle des priorités d'allocation.
- Gestion des demandes en eau plus économe pour toutes les utilisations en améliorant les efficiences d'usage, en particulier en développant la micro-irrigation et le recyclage dans les usages domestiques et industriels.
- Recours accru aux sources d'approvisionnement en eau non conventionnelles :
  - Utilisation des «eaux grises» dans l'habitat,
  - Réutilisation des eaux usées urbaines et des eaux de drainage,
  - Développement du dessalement des eaux de mer ou continentales saumâtres.

Partout une participation consciente et active des usagers sera une condition nécessaire.

REFERENCES

Benblidia M., Margat J. (2010) – Vision globale sur les évolutions passées et futures des capacités des réservoirs de barrage au Maghreb, notamment sous l'incidence de la sédimentation. (Institut Méditerranéen de l'Eau, Atelier «Conception et gestion durable des barrages en Méditerranée», Marseille).

Benblidia M., Margat J. (2015) – «Contrastes Nord-Sud sur l'avenir de l'eau en Région méditerranéenne», «Les tensions sur l'eau en Europe et dans le bassin méditerranéen : des crises de l'eau d'ici 2050». (Colloque SHF, 7-9 Octobre 2015, Paris).

Burak S., Margat J. (2016) – Water management in the Mediterranean Region: Concepts and Policies. (Water Resources Management / EWRA, Springer).

GIEC (2013) – Changements climatiques 2013 – Les éléments scientifiques – Contribution du Groupe de Travail au cinquième rapport d'évaluation du GIEC.

Lamaddelena (2010) – Changement climatique et ressources en eau dans la région méditerranéenne. Lettre d'information du CIHEAM n° 12.

Margat J. (2009) – Quelles crises de l'eau en Méditerranée ? – 5èmes Rencontres Internationales Monaco et la Méditerranée. Actes Assoc. Monégasque pour la Connaissance des Arts (2010), Monaco.

Margat J. (2015) – Les enjeux actuels et futurs en Méditerranée liés à l'impact du changement climatique dans la gestion des ressources en eau. (Forum de la Société Civile méditerranéenne en perspective de la COP21. Institut Méditerranéen de l'Eau, Marseille).

Margat J. (2016) – Les enjeux actuels et futurs liés à l'impact du changement climatique dans la gestion des ressources en eau en région méditerranéenne. (8èmes Rencontres Internationales Monaco et la Méditerranée. Comment habiter le monde autrement ? Monaco, 17-18 Mars).

Milano M. (2012) – Changements globaux en Méditerranée : Impacts sur le stress hydrique et la capacité à satisfaire les demandes en eau. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, France, 257 p.