

République Tunisienne

Institut Tunisien des Etudes Stratégiques

Tunisie : Eau 2050



المعهد التونسي للدراسات الاستراتيجية
INSTITUT TUNISIEN DES ETUDES STRATEGIQUES

I T E S



Etude réalisée par

Dr. Habib Lazreg

Sommaire

INTRODUCTION.....	04
• Enjeux	
• Objectifs	
• Approche	
• Méthodologie	
1. LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU : LE BILAN HYDRIQUE NATUREL GLOBAL DU PAYS.....	07
• Bilan hydrique global	
• Les problématiques	
• L'état actuel du bilan global	
• Bilan offre/stress hydrique	
• Stress hydrique : définition	
2. L'OFFRE D'EAU : UNE MOBILISATION MAXIMALE DES RESSOURCES CONVENTIONNELLES	12
• Problématiques et enjeux	
• Orientations et stratégies	
• 2° bilan d'étape offre/stress hydrique	
• 3° bilan d'étape offre/stress hydrique	
3. LA DEMANDE EN EAU.....	25
• Problématique et enjeux	
• Stratégies et orientations	
• Propositions spécifiques	
4. L'AGRICULTURE PLUVIALE EN TUNISIE, UN REGULATEUR CHARNIERE DE L'EQUILIBRE OFFRE/DEMANDE D'EAU	36
• Problématiques et enjeux	
• Orientations et stratégies	
• Les propositions	
5. LA SECURITE HYDRIQUE	51
• Problématiques et enjeux	
• Orientations et stratégies	
• Les propositions	
6. PEUT-ON RECUPERER PLUS D'EAU PLUVIALE ?.....	71
• Bilan hydrique global final	
• 4° bilan offre/stress hydrique	
• Feuille de route pour le dessalement	
• Equilibre hydrique régional	
• Les transferts régionaux	
7. LA GOUVERNANCE DE L'EAU.....	78
• Sur le plan organisationnel	
• Sur le plan structurel	
• Sur le plan institutionnel	
8. CONCLUSIONS GENERALES	87

Proposition : Avant-propos (par ITES)

L'Institut Tunisien des Etudes Stratégiques ITES entreprend de temps à autres des études prospectives tendant à prospecter l'avenir lointain de la Tunisie afin d'anticiper les changements futurs en terme d'évolution ou de rupture de nature à affecter la construction de l'avenir du pays. C'est ainsi, à titre d'exemple, il a entrepris en 2000 l'Etude prospective Tunisie 2030, la convergence, en 2015, l'Etude prospective Tunisie 2025, un Etat envergeant, en 2010 l'Etude prospective Tunisie Eau 2050 et en 2011, l'Etude prospective Tunisie Eau 2030.

Si toutes ces études ont été officiellement ou officieusement publiées, il n'en était pas de même pour l'Etude Tunisie Eau 2050.

En effet, les évènements intervenus dans le pays en 2011 ont conduit au changement du régime de gouvernement en particulier celui de la Présidence de la République Autorité de Tutelle de l'ITES et par conséquent, un changement de la direction de l'Institut et de l'équipe en charge du suivi de cette étude. Ces changements ont empêché la publication en son temps de cette dernière.

Cependant, étant donné l'importance de l'étude qui reste fortement d'actualité, l'ITES sous la direction de Monsieur Néji JALLOUL a décidé d'en publier une synthèse consistante avec une vision d'avenir pour le secteur de l'eau à l'horizon de 2050.

L'ITES a confié la confection de cette synthèse à M. Habib LAZREG Expert, Membre du groupe géopolitique à ITES et spécialiste des questions d'eau et d'énergie. M. H. LAZREG Dr en sciences est tout indiqué pour entreprendre cette tâche d'autant plus qu'il était en 2010 le coordonnateur à ITES de l'étude.

Cette étude était entreprise par trois groupes d'experts, tous anciens responsables dans les secteurs de l'eau ou de l'agriculture.

Il s'agit en particulier de Messieurs :

- *Ahmed Hammou et Mohamed El Ouati, animés par M. A. Horchani, ancien responsable de la Direction des ressources hydrauliques au Ministère de l'agriculture*
- *Abdelkader Hamdane et Jamel Chahed, animés par M. M. Besbes, ancien responsable de la Direction des ressources en eau au Ministère de l'agriculture*
- *Mohamed Gharbi et Taieb Belhaj, animés par T. Belhaj, ancien responsable à l'Office des céréales*

Le Directeur Général

Introduction

L'étude stratégique eau 2050 se compose de trois différentes sous-études de base approfondies entreprises par trois groupes d'éminents experts consultants, encore en activité ou à la retraite, tous anciennement hauts responsables dans le secteur de l'eau ou de l'agriculture.

Ces sous-études se rapportent à des domaines fondamentaux du bilan hydrique national que sont :

- L'offre en eau et la mobilisation constante des ressources en vue de la soutenir à partir des sources conventionnelles et non conventionnelles. (Horchani et al.)
- La demande nationale en eau et sa nécessaire maîtrise par l'usage optimal et efficient dans l'agriculture irriguée, l'industrie et l'usage social. (Besbes et al.)
- L'agriculture pluviale et son rôle primordial dans la mobilisation naturelle de l'eau pluviale et dans l'équilibre offre/demande. (Belhaj et al.)
- Les réformes réglementaires et institutionnelles nécessaires pour la sauvegarde de la ressource hydrique Nationale. (Besbes et al.)

La présente synthèse note constitue la synthèse de ces différentes études et les discussions approfondies les concernant. Elle a été préparée par Mr. Habib Lazreg Expert à ITES dans les domaines de l'Eau et de l'Energie et coordonnateur de l'étude. La présente synthèse n'est pas une rédaction nouvelle à partir des études accomplies par les trois groupes ; elle est par endroits une reprise des textes des auteurs accompagnés de leurs propres illustrations. Ces reprises sont toutefois intégrées selon le rationnel de la démarche suivie de façon à en faire du tout une vision globale du futur et une stratégie cohérente et structurée pour réaliser cette stratégie obéissant à une démarche par étape selon laquelle le bilan hydrique national est revisité et amélioré chaque fois par un apport nouveau de ressources conventionnelle et non conventionnelle jusqu'à mettre le pays nettement hors du stress hydrique minimal à l'horizon de 2050. La proche aboutit en fin de compte à une stratégie de répartition équilibrée des disponibilités nationales en eau entre les différentes régions de pays.

Enjeux & objectifs

La rareté des ressources en eau est un trait caractéristique du climat aride de la Tunisie. Or le pays se développe tant en nombre de population qu'en niveau économique et social et a l'ambition de mener son développement jusqu'à rejoindre les nations économiquement, technologiquement et socialement développées. La disponibilité de ressources aquifères suffisantes est indispensable à cet effet, en particulier pour soutenir et dynamiser ce développement et l'inscrire dans la durabilité. Il y va de surcroît, dans cette disponibilité, de la sécurité nationale, alimentaire et sociale.

L'Etude eau 2050 a été donc entreprise et suivie par l'ITES afin d'explorer l'état de disponibilité de ces ressources aquifères à l'horizon 2050. Elle vise à établir une stratégie de long terme pour que la question de l'eau, en termes de quantité et de qualité, ne devienne jamais un obstacle ou même une contrainte au développement du pays et inscrire ainsi cette disponibilité dans la durabilité pour les générations futures.

L'approche

Pour toutes ces fins, l'étude eau 2050 se propose, chose nouvelle, de partir du bilan hydrique naturel global du pays et examiner en premier lieu, l'offre naturelle globale en pluviométrie sur l'ensemble de la Tunisie et sa répartition sur les différents usages naturels de l'environnement du pays.

Elle se propose en 2^{ème} lieu, de cerner l'offre constituée par les parties mobilisables de cette offre globale sous forme de ruissellement en surface et d'infiltration en profondeur dans les nappes, c'est-à-dire les parties directement utilisables pour couvrir les besoins nécessaires au développement économique et social. Elle s'attarde sur les façons et les moyens d'améliorer et de pérenniser la mobilisation de ces ressources de ruissellement et d'infiltration afin de rendre pérenne leur disponibilité.

Elle aborde en 3^{ème} lieu, dans un contexte de rareté de la ressource, la nécessaire maîtrise de la gestion de la demande en eau pour tous les usages en œuvrant pour sa préservation et pour l'optimisation de ces usages. Cette gestion optimale est devenue un élément nécessaire pour équilibrer le bilan hydrique national, éviter les pénuries et se prémunir contre les incertitudes des changements climatiques.

Elle introduit, en 4^{ème} lieu, un élément nouveau dans l'approche de la mobilisation des ressources aquifères indirectement disponibles, celui des ressources

pluviométriques absorbées par l'agriculture pluviale, ressources aquifères récupérables sous forme de produits alimentaires de nature végétale et animale.

En 5^{ème} lieu, l'étude pose, également chose nouvelle, la question cruciale de la sécurité hydrique nationale qui implique la mobilisation de ressources additionnelles non conventionnelles (eau des crues, eau des lâchers des barrages, eau dessalée et eau usées traitée) et le stockage stratégique souterrain des eaux outre le stockage en surface pour la réserve sécheresse.

Elle préconise en 6^{ème} et dernier lieu, les reformes réglementaires et institutionnelles rendues nécessaires par la translation de la Tunisie de la phase de mobilisation des dernières disponibilités naturelles des ressources, à une phase d'optimisation de toutes les ressources d'eau conventionnelles et non conventionnelles afin de consolider la sécurité hydrique et de l'inscrire dans la durabilité jusqu'en 2050 et au-delà.

Le bilan hydrique de la partie mobilisable des ressources hydriques nationales est ainsi « revisité » à chaque phase de l'étude, chaque fois que de nouvelles sources de mobilisation additionnelles ont été identifiées.

La Méthodologies

Les six aspects ci-dessus indiqués du bilan hydrique sont abordés selon un modèle unique à savoir : les composants de l'aspect, ses déterminants, les problématiques et les enjeux qui le caractérisent, les orientations et stratégies suggérées, et enfin les propositions.

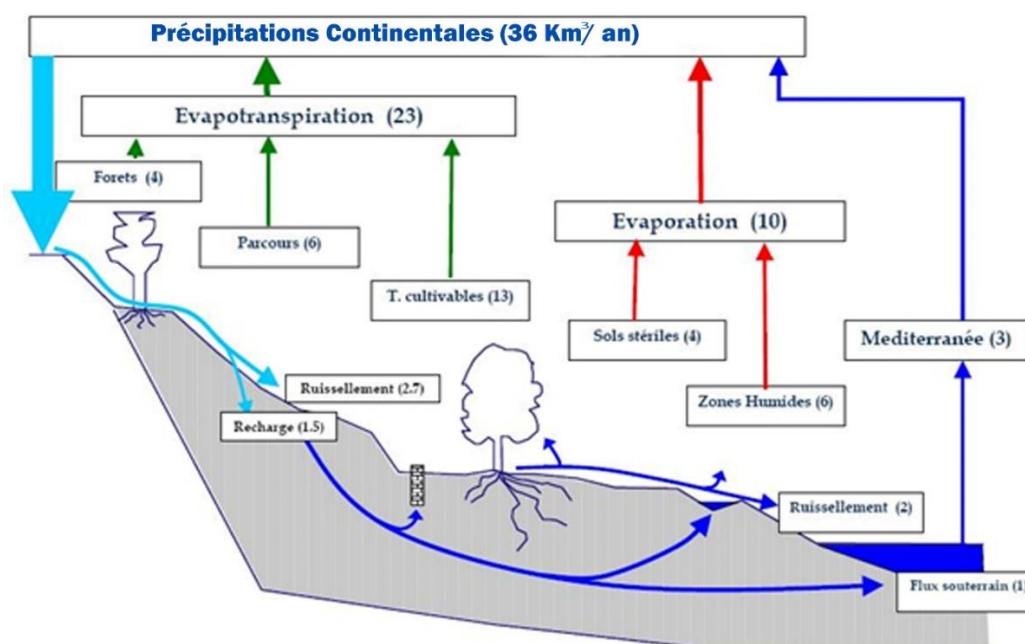
1. LA MOBILISATION DES RESSOURCES EN EAU : LE BILAN HYDRIQUE NATUREL GLOBAL DU PAYS

1.1. Les composants du bilan :

Parler du bilan hydrique global, c'est parler du devenir des ressources pluviales qui tombent annuellement sur le pays. Il s'agit en effet, de savoir où vont ces ressources globales de pluie qui s'abattent chaque année sur les 164.420 km² que représente la superficie continentale de la Tunisie.

L'exercice semble simple et anodin. En réalité, il est fort complexe. Il est en effet, apparu très tôt dans l'étude que « revisiter » le calcul du bilan naturel global se heurtait à un problème de taille, celui de l'insuffisance d'études scientifiques et d'observations pratiques approfondies concernant chacun des composants du bilan.

Cycle des eaux pluviales en Tunisie (km³/an)¹(Besbes et al)



¹ Les valeurs indiquées dans le schéma sont approximatives ou spéculatives faute de références documentaires ou d'antécédents d'études approfondies les concernant (modélisations géologiques, hydrologiques et climatologiques)

Les composants du bilan hydrique naturel global sont constitués d'un côté des quantités globales d'eau de pluie qui tombent annuellement sur le pays et de l'autre côté :

- Des quantités qui ruissellent à la surface et qui sont retenues en partie par les barrages et les lacs.
- Des quantités qui s'infiltrent en profondeur pour alimenter les nappes souterraines ou s'écoulent en profondeur sous la mer.
- Des quantités qui s'infiltrent dans le sol et absorbées par les plantes (forêts, parcours et agriculture pluviale).
- Des quantités qui s'évaporent dans l'atmosphère à partir des zones humides ou des sols non agricoles par évapotranspiration.

1.2. La problématique du bilan naturel global : une offre limitée

Il tombe sur la Tunisie en année moyenne environ 36 milliards de m³/an d'eau de pluie. Or, les eaux de surface mobilisées dans les lacs, les barrages et dans les nappes aquifères ne totalisent qu'environ 4,8 milliards de m³/an. Il reste pour clore le bilan environ 31,2 milliards de m³/an. Il est donc légitime de se demander où vont les quantités de cette pluviométrie non mobilisée et si l'on peut encore en récupérer une partie ?

C'est l'objet de la « revisite » du bilan hydrique national qui consiste à identifier les emplois de ces 31,2 milliards de m³ afin d'en récupérer le maximum soit sous forme directe (eau bleu dans les retenues) ou indirecte (eau verte, sous forme de produits alimentaires). L'on sait à cet effet que l'agriculture pluviale, l'élevage et jusqu'à une certaine mesure la forêt, génèrent des produits consommables et constituent donc des formes de mobilisation indirecte d'eau pluviale transformables en « équivalent eau » quantifiable avec une rigueur qui dépend de l'intensité des informations et de la profondeur des études scientifiques les concernant.

Or, l'approche étant nouvelle, nous ne possédons sur la plupart de ces composants du bilan que des informations limitées faute d'avoir fait l'objet d'études scientifiques systématiques et approfondies. Les évaluations ci-après relatives au bilan, quoique approximatives dans certains cas, sont cependant considérées assez proches de la réalité.

1.3. Le bilan naturel global selon l'état actuel des connaissances :

(Besbes et al)

Offre totale		Affectation en milliards m ³ /an		Qualité de l'évaluation
36 milliards de m ³ /an	Eau de surface	2.7 ²	}	relativement bonnes mais nécessite plus d'affinement
	Eau souterraine	2.1		
	Agriculture pluviale (5 millions ha) ~	13	approximative	
	Parcours (5 millions ha)	06	relativement précise	
	Forêts (1 million ha)	04	relativement précise	
Evaporation+ruissellement non récupéré	8	très peu précise		
Total	36	36	approximatif ³	

1.4. Orientation et stratégies :

Les chiffres du bilan naturel global ci-dessus, quoique basés sur des estimations et non sur des études scientifiques suffisamment approfondies sont tout de même révélateurs des orientations et stratégies à suivre pour mieux approfondir la connaissance relative aux ressources hydriques et pour identifier les niches de potentiel pour leur plus grande mobilisation :

- Les eaux bleues directement disponibles au pays (eau de surface/eau souterraines) sont manifestement limitées. (4,8 milliards de m³/an) soit environ le 1/7 des précipitations totales qui tombent sur le pays. D'où la nécessité impérieuse de les préserver, de les optimiser et de bien les gérer.
- Les « eaux vertes », eau indirectement disponible sous forme de production agricole, animale et utilitaire (agriculture pluviale, parcours et forêt) totalisent environ 23 milliards de m³/an. Il y a donc là un immense réservoir à mobiliser et bien exploiter pour assurer et renforcer la sécurité hydrique du pays.

1.5. Un arrêt sur image :

Les données sur les disponibilités en eaux de surface et souterraines, sont présentées ci-après sous forme de bilan : offre en ressources mobilisables

² Selon la capacité nominale des barrages existants (2010).

³ Les pluies peuvent être violentes et erratiques dans l'espace : Elles ne sont pas comptabilisées là où il n'y a pas de stations de mesure.

comparée au niveau de la norme du stress hydrique minimal de 500 m³/an/hab. Si rien n'est fait pour mobiliser plus de ressources, ce bilan se présentera pour les années à venir comme suit :

Premier Bilan actuel offre/stress hydrique minimal

Horizon temporel	2010	2030	2050
Population (millions hab)	10,8	12	13
Disponibilités actuelles en eau conventionnelle et non conventionnelle en milliards m³/an			
- Eau bleue (lacs, barrages et eau souterraine)	4,80	4,80 sans amélioration de la récupération	4,80 sans amélioration de la récupération
- Eau traitée	0,25	0,34 (prévision)	0,50 (prévision)
- Eau dessalée	0,26	0,26 (sans amélioration)	0,26 (sans amélioration)
Total disponibilités	5.31	5.40	5.56
Disponibilités m³/an/hab	500 (ce qui est au niveau du stress hydrique minimal)	450	427

Ce bilan montre qu'à partir de 2030, la Tunisie passera au-dessous du niveau du stress hydrique minimal.

1.6. Qu'est-ce que le stress hydrique :

On parle de stress hydrique lorsque la demande en eau dépasse les disponibilités de cette eau dans un pays donné.

Selon l'organisation mondiale de la santé (OMS), le stress hydrique commence lorsque les disponibilités en eau par habitant/an sont inférieures à 1700 m³. Lorsque ces disponibilités sont inférieures à 1000 m³/hab/an, on parle déjà de pénurie d'eau dans le pays⁴. En dessous de 500m³/hab/an, l'eau devient une contrainte au développement

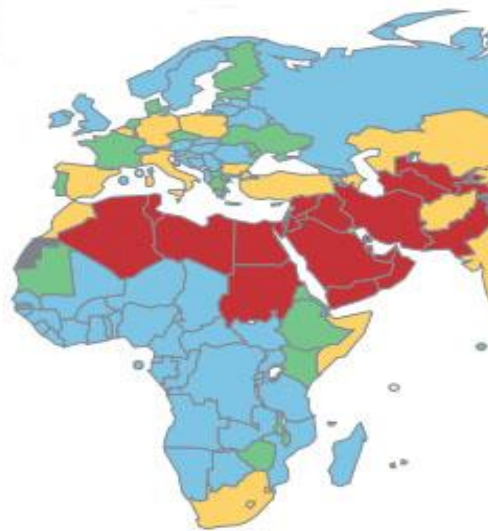
La Tunisie est à présent précisément dans ce dernier cas de stress hydrique minimal. Elle est parmi les 33 pays du monde les plus sévèrement touchés par le

⁴ Le critère de pénurie a été établi par Malin Falkenmark lorsqu'un pays ne dispose que de 1000 m³/hab/an soit 2700 litres hab/an et qu'à 500 m³/hab/an on parle alors de niveau critique de stress (appelé dans la présente note stress hydrique minimal).

stress hydrique et dans ce classement déjà inquiétant, elle compte parmi les dix derniers pays du monde en terme de dotation hydrique.

Stress hydrique en Afrique et au Moyen Orient

L'OMS considère que dans les zones de stress hydrique, l'eau est plus qu'une ressource naturelle ; elle devient un enjeu vital économique et social voire même géopolitique lorsque cette ressource est partagée entre plusieurs Etats. Cet enjeu devient encore plus vital quand on prend en compte l'aggravation probable du stress hydrique anticipée à cause des changements climatiques.



La Tunisie se trouve dans la zone méditerranéenne où les impacts de ces changements climatiques seront les plus ressentis.

Les premières impactées sont les forêts avec une forte augmentation d'incendies redoutables ; vient ensuite la production agricole et animale et l'eau potable. Pour finir ce sont donc les populations qui seront les plus impactées.

1.7. Les propositions :

Elles sont dans le détail toutes celles qui vont suivre dans les cinq paragraphes ci-après (2, 3, 4, 5, 6) ; mais d'une façon globale, il est important voire même vital que le pays réalise :

- Que son bilan hydrique est à un niveau critique.
- Qu'il est absolument nécessaire de le sortir de cet état et de le mettre à un niveau intermédiaire entre l'état de stress hydrique minimal et l'état de pénurie ; c'est-à-dire un niveau de 700 m³/hab/an au moins.
- Les technologies de l'eau permettent aujourd'hui d'atteindre cet objectif ou même de le dépasser.

2. L'OFFRE D'EAU : UNE MOBILISATION MAXIMALE DES RESSOURCES CONVENTIONNELLES :

2.1. Les composants de l'offre mobilisable des ressources conventionnelles sont essentiellement :

- Les ressources hydriques conventionnelles de la Tunisie mobilisables sous forme d'eau de surface (barrages et lacs) et d'eau souterraine (nappes phréatiques et profondes) est évaluée à 4,8 milliards de m³/an dont 2,7 d'eau de surface et 2,1 d'eau souterraine.
- L'ossature de ce potentiel mobilisable est constituée de 40 grands barrages dont 10 en construction (2010), 220 barrages collinaires, 700 lacs collinaires, 50 ouvrages de recharge d'eau dans les nappes, 479 nappes souterraines dont, 212 nappes phréatiques et 267 nappes profondes et dont les eaux sont mobilisées par 4900 forages profonds et 120.000 puits de surface.

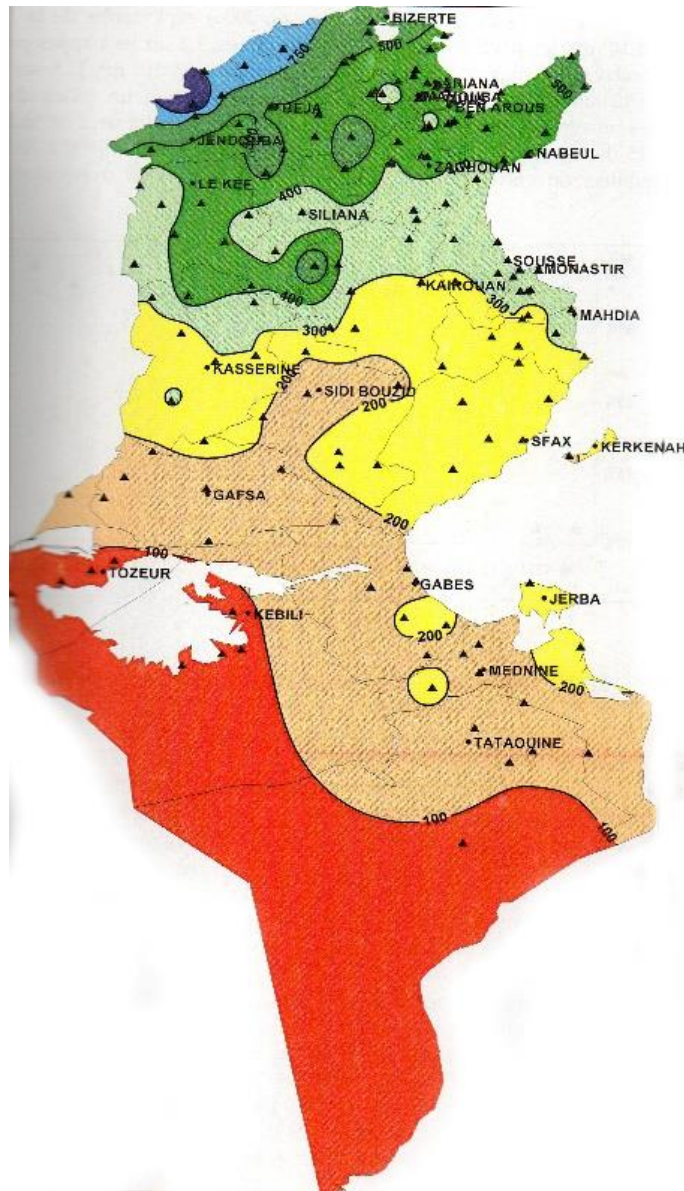
2.2. Les composants de l'offre mobilisable des ressources non conventionnelles sont représentés par :

- 90 stations de traitement des eaux usées ayant permis de traiter 225 millions de m³/an jusqu'en 2007.
- 4 stations de dessalement (eau saumâtre et eau de mer) permettant de dessaler 26,4 millions de m³/an.

2.3. Les déterminants de l'offre :

- La pluviométrie (36 milliards de m³/an) : elle est insuffisante en volume et erratique dans sa répartition spatiale et temporelle. Il tombe jusqu'à 1500 mm/an en extrême nord, autour de 400 mm/an dans la région du grand Tunis, entre 200 et 400 mm/an au centre et au sahel et entre 50 et 200 mm/an au sud.

Carte des isohyètes (Besbes et al)

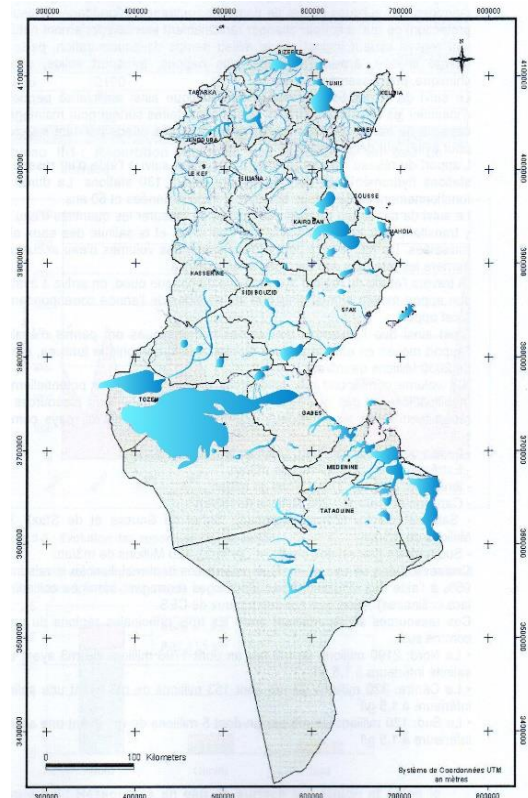


– La géologie : le système hydraulique tunisien est intimement lié à la configuration structurale et géologique du pays. La géologie a façonné le réseau hydrographique drainant les eaux de ruissellement vers les barrages, les lacs, la mer et les sebkhas. Elle a également conditionné la qualité de l’eau drainée et façonné le système aquifère du pays avec des nappes structurales de taille réduite au nord où il pleut suffisamment et de grandes nappes sédimentaires à grande capacité de stockage au centre et au sud où il pleut moins⁵. Certaines de ces nappes sont en contact avec la mer et forment des exutoires d’eau douce vers celle-ci.

⁵ D’où une complémentarité à trouver entre ces 2 systèmes d’aquifères par la recharge artificielle.

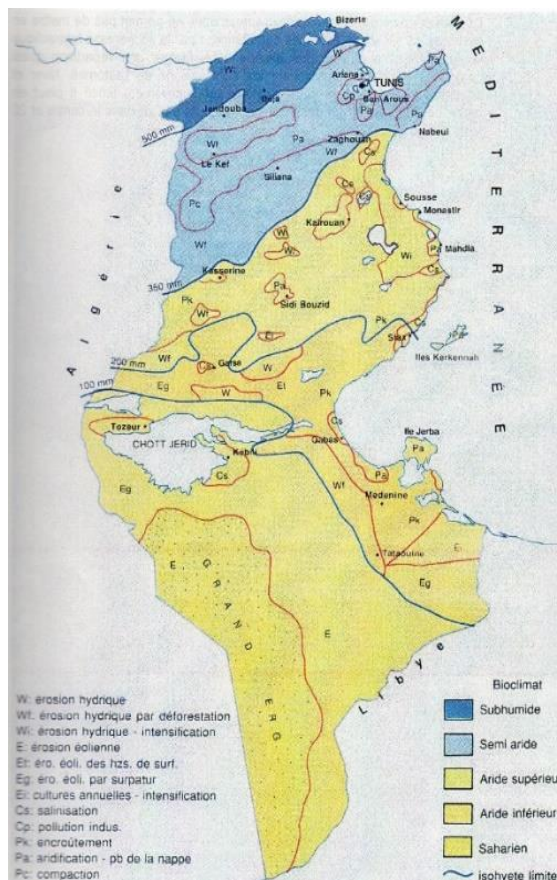
- La structuration morphologique du pays constituée de montagnes et de plaines joue un rôle déterminant dans la recharge naturelle des nappes. L'eau de pluie qui ruisselle sur les montagnes, surtout lorsqu'elles sont boisées, s'infiltrer en profondeur pour alimenter les nappes profondes. Les lits de rivières qui sculptent le paysage des plaines constituent aussi des zones de recharges naturelles pour les nappes phréatiques.
- Le climat : il est essentiellement aride et particulièrement chaud en été. Il est régulièrement venté durant toutes les saisons et se caractérise chaque été par l'apparition du « siroco » un vent particulièrement chaud et sec. Ce climat est particulièrement asséchant et augmente fortement l'évapotranspiration. Cependant la plus importante caractéristique du climat tunisien est son irrégularité qui se traduit par des successions difficilement prévisibles de périodes sèches et de précipitation violentes suivies de graves inondations

Carte réseau hydrographique (Horchani et al)



- Les changements climatiques : les modèles de prévision de l'impact des changements climatiques sur la Tunisie révèlent sur le long terme une augmentation de température de 1,5° sur l'ensemble du pays et d'environ 2° au niveau du Sud et du Sud-Est du pays. Si ces prévisions se confirment cela se traduira par une diminution des fréquences des précipitations sur les 2/3 de la Tunisie et une augmentation de l'évapotranspiration.

Carte climato (Horchani et



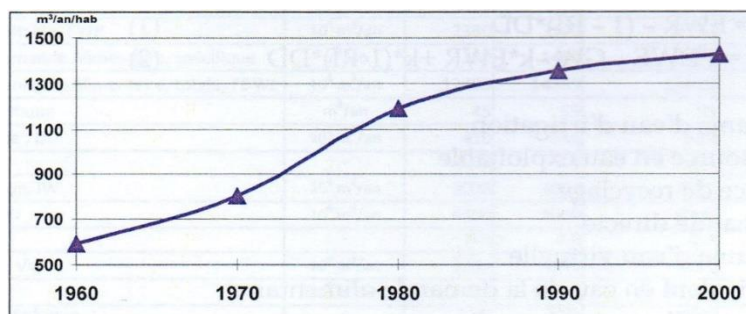
- La stabilité des apports transfrontaliers d'eau de surface et d'eau souterraine en particulier : Le système hydraulique national est relié naturellement aux systèmes des pays voisins par partage de certaines nappes et certains cours d'eau. La dépendance de la Tunisie de ces systèmes transfrontaliers se situe entre 15 et 20% dans l'ensemble. Toutefois cette dépendance peut aller jusqu'à environ 40% si ce n'est plus quand il s'agit des nappes profondes du sud.

- Le recours au dessalement, au recyclage des eaux usées traitées et à la recharge artificielle des nappes deviendront également de plus en plus des déterminants importants de l'offre d'eau.

2.4. Problématique et enjeux en matière d'offre :

- La nature aléatoire de la pluviométrie peut amener à des ruptures de stocks dans les années sèches, à une altération de la qualité de l'eau de surface suite à une forte évaporation et l'insuffisance de disponibilités peut devenir chronique vis-à-vis d'une demande en eau encore en augmentation.

- La surexploitation des eaux souterraines qui a atteint dans certain cas un stade alarmant dépassant largement le taux de renouvellement de la ressource. Cela va se traduire inmanquablement par une détérioration de la qualité de l'eau suite à l'augmentation de sa salinité in situ ou par intrusion de l'eau de mer et par un surcoût énergétique de pompage et de forage suite à la baisse excessive du niveau de la nappe.



Index d'exploitation des nappes (Besbes et al)

Région hydrogéologique	Ressources Mm3/an	Exploitation Mm3/an	Taux de Surexploitation
Kebili	173	341	97%
Nabeul	147	226	54%
Kairouan	73	120	64%
Kasserine-Sidi BouZid	65	113	74%
Gabès	50	65	31%

Tableau 1 : Les grandes régions de surexploitation (Besbes et al)

- Le rasage de montagnes entières, surtout celles boisées et se trouvant dans des zones humides, par des carrières de pierres et de sables, pour l'usage local et l'exportation et plus grave encore pour l'exploitation sous forme de ciment, de clinker, de pierre marbrée également pour usage interne et pour l'exportation, constitue un véritable ravage, non seulement pour le patrimoine scénographique national mais également pour l'alimentation des nappes souterraines et le renouvellement de leurs ressources⁽⁶⁾.
- Les effets du vieillissement et de l'envasement des ouvrages hydrauliques qui va progressivement augmenter leur coût d'entretien et de remplacement et diminuer leur capacité.

⁽⁶⁾ Rappelons que ce genre d'exploitation destructif est interdit ou très limité dans les pays développés surtout quand il s'agit d'exportation ou d'investissement extérieur.

- La nécessité d'accélérer le programme national de traitement et de recyclage des eaux usées, de même que le recours intensif au dessalement, suite à la rareté de la ressource hydrique naturelle exigent que le pays sauvegarde, adoucisse et recycle les eaux salées, les eaux domestiques, industrielles et de drainage dont le volume va en grandissant à mesure que l'économie se développe, le niveau social monte et la population croit. Le rejet vers la mer est un gaspillage de ressource et une source de pollution : soit un double effet négatif.
- Le coût de production d'eau devient de plus en plus élevé à mesure que l'on recourt aux eaux et aux procédés non conventionnels tels le dessalement ou la recharge artificielle. Il faut s'y adapter.

2.5. Orientation et stratégies :

- Bien que la Tunisie se trouve actuellement au niveau du stress hydrique minimal, l'infrastructure hydraulique existante lui permet jusqu'à l'horizon 2030 de faire face à la demande en eau des différents secteurs sans risque majeur de pénurie ou de déficit structurel sauf pour l'eau potable et par endroits seulement. En tout cas, la Tunisie n'aura ni soif ni être confrontée à une contrainte hydrique pour son développement jusqu'à cet horizon. Toutefois, les perspectives d'évolution démographique, de développement économique et de promotion sociale préparent le secteur de l'eau à affronter de sérieuses contraintes et des défis à relever. Afin de faire face à ces défis et contraintes, la Tunisie qui dispose de nombreuses compétences dans le secteur de l'eau, qui a capitalisé une grande expérience et un savoir-faire reconnu dans le domaine, doit s'investir à l'avenir davantage dans le développement du patrimoine connaissance concernant les éléments du bilan hydrique en général, le régime des pluies, les régimes hydrauliques et hydrologiques en surface et en souterrain, les techniques de recharge artificielle des nappes, le recyclage des eaux usés, le dessalement et le désenvasement des barrages en particulier, recourant en cela aux technologies modernes et aux outils de traitement et d'intervention rendus possibles par les NTIC afin de maîtriser tous les paramètres d'une gestion optimale d'une ressource rare et vitale.

Le secteur de l'eau doit entrer dans une ère technologique nouvelle dans tous les domaines. C'est là la grande orientation stratégique.

Ainsi en réponse à ces défis et contraintes, il est nécessaire d'entreprendre les actions ci-après afin de maintenir en permanence l'équilibre offre/demande hors de l'état du stress hydrique minimal actuel et de l'améliorer constamment autant que possible.

2.5.1. Développer le patrimoine connaissance et de savoir-faire technologique :

D'après l'historique de la pluviométrie en Tunisie sur un siècle, la succession de deux années sèches est fréquente, celle de trois est rare mais très dangereuse car elle épuise les réserves constituées. Si les efforts hydrauliques entrepris par le pays permettent aujourd'hui de surmonter deux années successives de sécheresse, ils permettent difficilement de résister à une succession de trois. C'est l'analyse de l'occurrence des années sèches et humides sur de très longues séries d'observations et de mesures en Tunisie et dans le voisinage qui le montre, de même que le recours aux nouvelles techniques de traitement informatique de ces observations. Cela permettra de mieux prévoir les successions dangereuses de trois ans de sécheresse pour se préparer d'avance à la gestion de leur impact ainsi que les successions des périodes de violentes crues afin de stocker en surface et en profondeur les excédents de leur ruissellement. Il est en conséquence recommandé :

- 1) L'office National de la Météo devrait être efficacement doté à cet effet en cadres de recherche, équipements⁷, réseautage régional et international afin de développer une expertise nationale de très haut niveau dans le domaine des prévisions, des analyses des tendances climatologiques et de l'évaluation des phénomènes d'évapotranspiration et d'établir autant que possible une horloge sécheresse pour le pays.
- 2) Le Ministère de l'Agriculture doit mettre en œuvre un programme national d'études pour actualiser et affiner les connaissances relatives au réseau hydraulique national en densifiant les points de mesures de débits, en identifiant de nouveaux sites de retenues, de lacs et de barrages, en procédant à des études plus approfondies des nappes souterraines et en particulier en ce qui concerne leur extension, leur réponse au stress dû au sur-pompage, leur convenance à la recharge naturelle et artificielle, l'évolution de leur chimisme et leur interconnexions entre elles et avec la mer et en procédant à l'usage intensif à tous ces effets, de l'outil informatique, d'intensifier les interconnexions entre les barrages et les tracés des conduites de transfert d'eau dans l'unité hydraulique et entre les différentes unités du pays.
- 3) L'Office National des Mines doit confectionner des relevés géologiques aux grandes échelles (du 1/50.000 au 1/10.000) afin de mieux cerner les extensions des nappes, leur interconnexion et les conditions de leur alimentation.

⁷ En particulier des ordinateurs de grandes puissances pour analyse et modélisation à grandes échelles.

- 4) Les Ministères de l'Agriculture et de l'Industrie doivent procéder à un échange institutionnalisé d'information entre les pétroliers, les hydrogéologues et les géologues afin de faire bénéficier les deux derniers de l'immense et hautement riche banque de données pétrolières (forages et sismique) sur le sous-sol du pays, en particulier les tranches peu ou non confidentielles hors niveaux pétroliers, les réservoirs aquifères traversés, leurs caractéristiques pour d'éventuelle recharge artificielle, et leur extension.

Un échange similaire entre pétroliers et hydrogéologues concernant les techniques de modélisation des réservoirs aquifères, des techniques de production et d'injection d'eau pour la recharge artificielle. Une énorme expertise technologique est disponible chez les pétroliers dans ces domaines mais qui n'est pas exploitée par les hydrogéologues.

Les Ministères de l'agriculture et de l'environnement doivent intensifier et accélérer les études relatives aux procédés d'amélioration du traitement d'eau et de l'examen des conditions et circonstances de l'utilisation des eaux traitées dans l'agriculture, l'industrie et la recharge artificielle des nappes. En 2009, 238 millions de m³/an attendaient encore d'être recyclés.

- 5) Le Ministère de l'environnement doit interdire l'ouverture de carrières de pierres dans toutes les montagnes boisées, se trouvant dans les zones à bonne pluviométrie et constituant un impluvium de recharge naturelle pour les nappes souterraines.
- 6) Les Ministères de l'Agriculture et du Tourisme et de l'environnement doivent procéder à la réhabilitation des carrières et à la réparation des blessures infligées **au patrimoine scénographique national, à la destruction des zones de recharge naturelle et à l'interdiction des décharges municipales dans les zones de recharge naturelle. Ils doivent s'abstenir d'autoriser les cimenteries à participation étrangère destinés à l'exportation.**

Les progrès techniques ont permis de rendre le cout du dessalement compétitif pour l'alimentation en eau potable (usage urbain, tourisme, industrie). Or, la production nationale actuelle d'eau dessalée (mer et saumâtre) est négligeable (près de 15 millions de m³/an) par rapport aux volumes qui seraient nécessaires à l'équilibre offre/demande de l'avenir, particulièrement dans les zones où les disponibilités d'eau conventionnelles et leur qualité sont limitées voire insuffisantes pour couvrir les besoins locaux (centre, zones littorales et sud du pays).

- 7) Il est donc indiqué d'étudier les technologies disponibles en matière de dessalement et les énergies y afférentes, y compris le solaire concentré et

d'opter pour la technologie de dessalement des eaux saumâtres et marines la plus adaptée pour satisfaire à grande échelle les besoins des principaux pôles urbains côtiers du sahel et du Sud en prévision de l'essoufflement -déjà nettement perceptible- des principales nappes alimentant ces pôles. C'est en particulier le cas des nappes de Kairouan, Bou Hafna, Sbeitla, Jilma, Chott Fejej et Koutine. Une feuille de route sera établie plus loin à cet effet.

Cette orientation est inéluctable ; autant la prendre dès aujourd'hui comme un choix stratégique national.

2.5.2. Augmenter l'offre d'eau :

L'augmentation de l'offre d'eau concerne les eaux conventionnelles et non conventionnelles.

En ce qui concerne les eaux conventionnelles, cette augmentation passe par la mobilisation des disponibilités restantes par des barrages et lacs collinaires nouveaux, l'introduction à grande échelle du stockage sous terrain des eaux des crues exceptionnelles et enfin par le renforcement de la capacité de rétention des barrages existants. Il est proposé à cet effet :

- 8) Compléter la mobilisation des écoulements des oueds secondaires encore faciles à capter par barrages et lacs afin d'atteindre un taux total de mobilisation de 95% du potentiel mobilisable sur l'ensemble du territoire. A cet effet et selon l'état actuel des connaissances il est encore possible de procéder aux mobilisations additionnelles suivantes : (*Selon Horchani et al*)

- Extrême nord et Ichkeul	200 Mm ³ /an
- Haute vallée de la Medjerda	125 Mm ³ /an
- Basse vallée de la Medjerda et Cap bon	75 Mm ³ /an
- Tunisie Centrale	50 Mm ³ /an
- Tunisie Côtière (Sahel, Sfax)	30 Mm ³ /an
- Sud de la Tunisie	<u>20 Mm³/an</u>
Soit un total de = 500 million de m³/an	

En ce qui concerne l'augmentation de la capacité de mobilisation des eaux non conventionnelles, il est proposé :

- 9) La généralisation de l'épuration des eaux usées à l'ensemble du pays, y compris les zones rurales et la généralisation de leur ré-usage dans l'agriculture irriguée (arboriculture), l'élevage, l'industrie et les cultures

énergétiques. Cet apport additionnel aujourd'hui de 250 millions (dont seulement 80 sont réutilisés) sera de 340 en 2030 et 500 millions de m³/an en 2050.

Ces apports additionnels permettent d'établir le 2^{ème} bilan d'étape suivant :

Deuxième Bilan offre/stress hydrique minimal

Horizon temporel	2016	2030	2050
Population (millions hab)	10,8	12	13
Disponibilités en milliards m³/an			
- Eau bleue améliorée par l'apport additionnel d'eau de surface	5,30	5,30 (si pas+d'amélioration dans l'intervalle de temps)	5,30 (si pas+d'amélioration dans l'intervalle de temps)
- Eau traitée améliorée	0,28	0,34	0,50
- Eau dessalée (capacité actuelle)	0,26	0,26	0,26
Total disponibilités	5,84	5,90	6,06
Disponibilités m³/an/hab	540	490	466

Cet apport additionnel permet donc à la Tunisie de se mettre (presque) au-dessus du stress hydrique minimal jusqu'en 2030 et de rester sous ce niveau jusqu'en 2050. Ce nouveau bilan commande que la Tunisie doit mettre en marche avant 2030 son programme intensif de dessalement afin de rester au-dessus du niveau minimum du stress hydrique jusqu'en 2050, d'où :

10) L'augmentation, progressive de la capacité actuelle de dessalement des eaux de drainage (dont le volume est de 100 millions de m³/an), des nappes saumâtres (dont le volume est de 614 millions de m³/an) et de l'eau de mer sur tout le littoral de la façade orientable de la Tunisie (dont le volume actuel est de 26,4 millions de m³/an) à concurrence de l'équilibre des besoins (voire plus) pourra mettre le pays au-dessus du stress hydrique minimal. Une feuille de route pour le dessalement sera établie plus loin dans le chapitre sécurité hydrique.

11) L'introduction à grande échelle du stockage souterrain par la recharge artificielle :

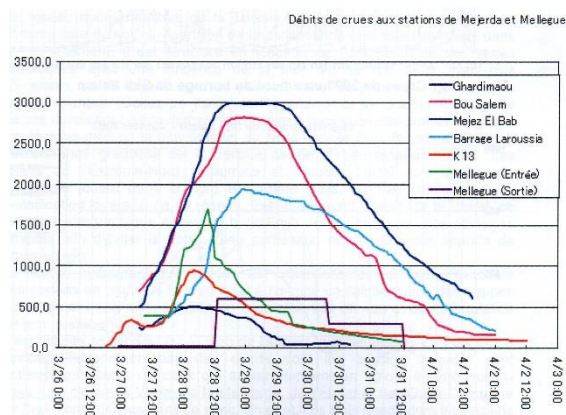
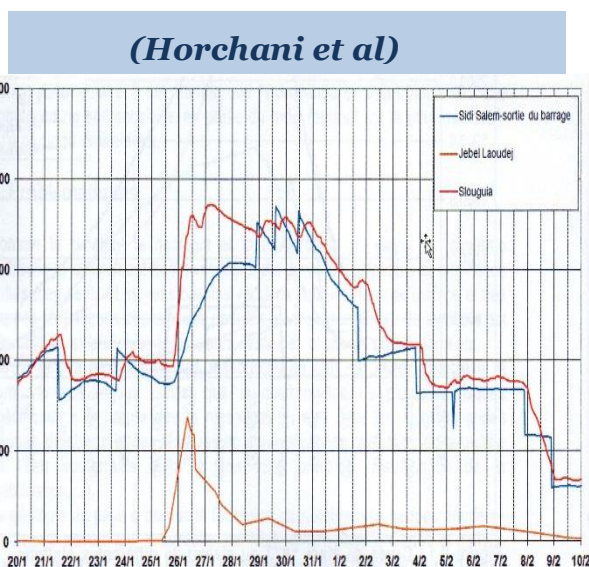
Le stockage souterrain de l'excédent d'eau des crues exceptionnelles par la recharge des nappes constitue un moyen d'avenir pour améliorer la mobilisation

des eaux de surface. Il permet en effet, de réduire les pertes par ruissellement des eaux de crues vers la mer et les sebkhas, de limiter les pertes par évaporation des eaux des barrages du centre et du sud du pays⁽⁸⁾, de remédier aux méfaits de la surexploitation des nappes en terme de baisse de leur niveau piézométrique et de dégradation de la qualité de leurs eaux. Il permet enfin de constituer **des réserves stratégiques** sûres et durables pour faire face à l'occurrence de sécheresses exceptionnelles de trois années consécutives et/ou à des catastrophes de pollution accidentelles naturelles ou provoquées majeures et imprévues en particulier pour ce qui est de l'eau potable.

La prépondérance des nappes souterraines (212 phréatiques et environ 267 nappes profondes) et la grande capacité de stockage de plusieurs d'entre-elles au nord comme au centre et au sud, les prédisposent au stockage stratégique et/ou opérationnel de grandes quantité d'eau.

Par ailleurs, l'expérience tunisienne de trente ans dans la recharge, bien que très modeste au niveau de l'hydraulique, très riche et pointue au niveau de l'exploitation pétrolière, prédispose le pays à faire de la recharge artificielle des nappes une option principale et urgente pour augmenter la sécurité hydrique en même temps que la mobilisation de ressources additionnelles.

Les quantités d'eau de surface additionnelles pouvant être mobilisées pour la recharge sont estimées entre 200 et 250 millions de m³/an en année normale et peuvent dépasser les 2 milliards de m³/an durant les années de crues exceptionnelles qui se produisent une fois tous les 10 ans.

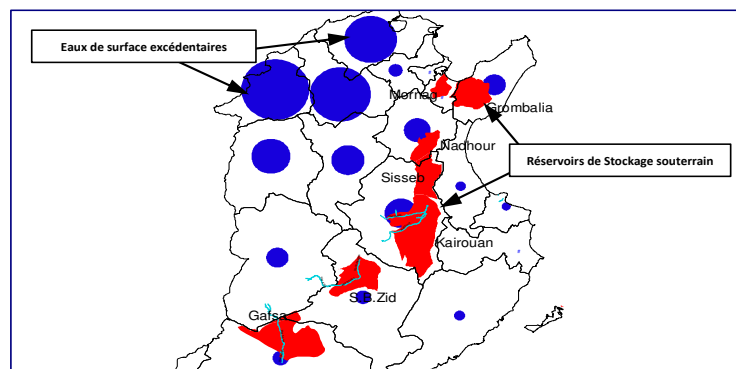


(Selon Horchani et al)

⁽⁸⁾ par injection dans les nappes souterraines ou par transfert vers les barrages dans les zones de moindre évaporation des stocks inutilisés pendant la saison des grandes chaleurs.

Pour ce faire, il s'agit d'identifier au niveau de chaque région naturelle c'est-à-dire celle des unités hydrauliques (Nord, Centre et Sud) les principales nappes susceptibles de faire l'objet de cette recharge et qui sont proches des zones à excédent naturel d'eau, réaliser les ouvrages spécifiques de stockage temporaire des eaux de surface et procéder au raccordement de ces ouvrages aux nappes concernées par la recharge.

Zones d'excédents d'eau et réservoirs de stockage possibles (Besbes et al)



Etant donné la nécessaire maîtrise de la technique d'injection, ces quantités additionnelles ne peuvent être mobilisées que sur une longue période et devront donc être étalées d'ici 2050. A cet effet, il est proposé d'en injecter 50 millions de m³ à l'horizon 2016, 100 millions en 2030 et 200 millions en 2050.

Le 3^{ème} Bilan d'étape offre/stress hydrique minimal deviendra alors comme suit :

Troisième Bilan offre/stress hydrique minimal

Horizon temporel	2016	2030	2050
Population (millions hab)	10,8	12	13
Disponibilités en milliards de m³/an			
- Eau bleue améliorée par injection	5,35	5,40	5,50
- Eau traitée améliorée	0,28	0,34	0,50
- Eau dessalée (restant à l'état actuel)	0,26	0,26	0,26
Total disponibilités	5,89	6,00	6,25
Disponibilités m³/an/hab	545	500	480

Cet apport additionnel par injection permet à la Tunisie de ne pas descendre sous le niveau du stress hydrique minimal jusqu'en 2030 et de se mettre juste en dessous en 2050.

12) Le renforcement de la capacité de rétention des barrages et le renouvellement de l'infrastructure de mobilisation :

La maîtrise des eaux des grandes crues passe entre autre par l'augmentation des capacités de stockage des barrages. Actuellement, cette capacité opérationnelle de 2,05 milliards de m³/an ne permet de mobiliser qu'une partie des apports des crues à cause de la faiblesse du taux de régulation des barrages. Cette faiblesse vient du fait que les crues du printemps adviennent au moment où les barrages sont déjà assez pleins suites aux crues de l'automne. Cela advient pour tout barrage dont la capacité de stockage est de l'ordre de l'apport moyen annuel. En d'autres termes plus la capacité de stockage d'un barrage est proche de l'apport moyen annuel, plus son taux de régulation des crues est faible. Cela fait que plusieurs crues de l'hiver et du printemps sont évacuées par lâchers vers la mer pour éviter les débordements et les inondations en aval. Soit une perte considérable pour le pays qui vit en permanence une situation de stress hydrique qui peut devenir bloquante pour son développement.

Afin de remédier à cet inconvénient, il est donc nécessaire de programmer l'augmentation de la capacité de stockage des barrages existants par élévation de leur bâti de manière à ce qu'elle soit plus grande que l'apport annuel moyen de façon à éviter les pertes par des lâchers vers la mer lors des grandes crues et à compenser la perte de capacité par ensablement. Cette opération permet de mobiliser un volume de 470 millions de m³/an.

Cette nouvelle mobilisation ne modifie cependant pas grandement les disponibilités par habitant, car elle vient seulement compenser les pertes de capacité de rétention dues à l'envasement des barrages. Il n'en sera donc pas tenu compte pour établir un autre bilan d'étape. Mais théoriquement, elle permet à la Tunisie de passer tout juste au niveau du stress hydrique minimal jusqu'en 2050 et au-delà si une protection efficace des barrages contre l'envasement est entreprise ou si une technique de leur désenvasement est mise au point et en œuvre dans les années à venir.

Par contre, un dernier bilan hydrique d'étape sera établi à la fin du chapitre sécurité hydrique : épilogue. Ce bilan intégrera les conclusions des différentes sous-études d'Eau 2050.

3. LA DEMANDE EN EAU :

La demande en chiffres

Emploi	2010	2030	2050
Eau d'irrigation en milliards de m ³ /an	2,2	2,04 ⁽¹⁾	2,00 ⁽¹⁾
Eau sous forme de besoins alimentaires équivalents en m ³ par habitant/an	1500	1600 ⁽²⁾	1700 ⁽²⁾
Eau potable en millions de m ³ /an (Tunisie)	460	735	1 million

⁽¹⁾ Cette baisse est prévue à cause de la concurrence des autres secteurs (potable, environnement et industriel) au dépend de l'irrigué dans un contexte de raréfaction de la ressource.

⁽²⁾ Cette augmentation est prévue pour tenir compte entre autre de l'évolution du régime alimentaire du tunisiens qui deviendra plus carnacier.

3.1. Les composants socioéconomiques de la demande :

– Le premier et le plus important en volume de ces composants est relatif à l'agriculture irriguée. Celle-ci consomme pas loin de 80% des ressources mobilisées (soit environ 2,2 milliards de m³/an) dont 75% proviennent des nappes souterraines. Ceci a exercé, nous l'avons déjà souligné, une énorme pression sur ces nappes dont plusieurs sont aujourd'hui surexploitées voire même menacée d'épuisement. Cette composante subie des pertes importante de l'ordre de 30 à 40% dues au transport et aux mauvaises pratiques de l'irrigation.

– Le second composant est constitué par les besoins sociaux (domestiques, industriels et tourisme) qui accaparent environ 16% des ressources mobilisées soit environ 460 millions de m³/an. L'eau potable provient en grande partie des eaux du nord et de l'extrême nord qui sont de bonne qualité chimique ($\cong 1-1,5\text{g/l}$). Elle subit des pertes de transport et de distribution comprise entre 18 et 20%. Ce qui est excessif.

– Le composant besoins alimentaires sous forme d'eau virtuelle : Pour combler ses besoins alimentaires (céréales, viandes, lait et autres) la Tunisie importe l'équivalent eau de 5,2 milliards de m³/an et exporte des produits agricoles dont l'équivalent eau est de 1,5 milliards de m³/an ; soit un déficit net de 3,7 milliards de m³/an importés. Ce volume important de déficit donne une idée sur l'effort important que la Tunisie devra faire pour réaliser l'autonomie alimentaire totale,

en termes de mobilisation additionnelle d'eau, d'économie et d'optimisation des usages d'eau, d'efficacité de l'agriculture irriguée, d'efficacité de l'agriculture pluviale et en terme de bonne gouvernance de l'eau.

Tableau 2 : Demande en eau totale de la Tunisie (valeurs moyennes pour 1990-1997)

Secteur	Demande en Eau, Km ³ /an
Irrigation	2.1
Agriculture pluviale (équiv.eau de la production)	6
Déficit de la Balance Alimentaire (Eau Virtuelle Importée)	3.7
Eau Potable	0.4
Industries	0.1
Forets et Parcours	10
Epargne sécheresse (Stockage dans les Barrages pour les années sèches)	0.6
Environnement (Conservation des Zones humides)	0.1
Demande Totale	23

(Tableau modifié d'après Besbes et al)

– Enfin le composant eau environnementale pour environ 2% des besoins. Cette eau est essentielle pour le maintien de l'écosystème national et partant pour assurer un développement durable. Elle ne doit souffrir de réduction et doit même au contraire, être augmentée autant que possible.

3.2. Les déterminants de la demande :

Les déterminants de la demande et leurs problématiques propres :

Besoin en eau potable :

– L'augmentation de la population : La croissance démographique fera passer la population de la Tunisie de 10,6 millions d'habitants en 2010 à 11 millions en 2020, 12 millions en 2030 et 13 millions en 2050. La demande en eau est appelée à suivre ce croit démographique.

– L'accroissement de l'urbanisation qui va s'accompagner par un taux d'urbanisation plus grand et donc par une métropolisation plus importante des grandes villes. En 2050, la population rurale tomberait à moins de 3 millions, celle urbaine monterait à 10 millions. Ce phénomène va s'accompagner inéluctablement par une augmentation des besoins individuels et collectifs en eau qui sont beaucoup plus élevés en milieu urbain qu'en milieu rural.

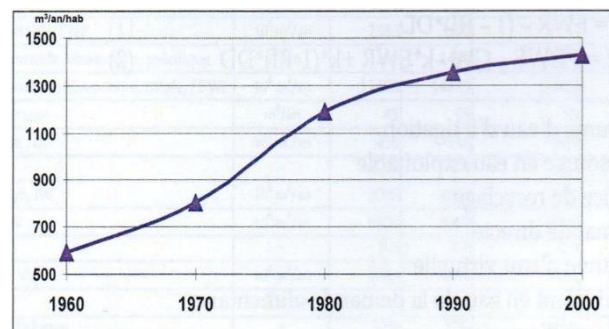
– L'élévation du niveau de vie : Les besoins directs du tunisien (eau domestique, touristique et industrielle) sont passés de 30 m³/hab/an en 1990 à 40 en 2006. Ils seront à 60 en 2030 et vraisemblablement à 80 en 2050 si la tendance constatée de l'augmentation des besoins se poursuit. Cela signifie que la demande en eau domestique totale qui était en 2006 de 460 millions de m³/an, sera de 735 en 2030 et d'environ 1 million de m³/an en 2050. C'est-à-dire qu'elle aura plus que doublée en 50 ans.

– Le problème de la qualité : Sur le plan de la qualité de l'eau, l'élévation du niveau de vie entrainera une plus grande exigence concernant le niveau de salinité de l'eau. Si aujourd'hui 89% de la population consomment une eau de qualité inférieure à 1,5 gr/l, et 11% de cette même population la consomment entre 1,5 et plus que 2gr/l, l'ensemble de ces niveaux de qualité tendront à évoluer vers des niveaux inférieurs à 1,5 gr/l.

Or, il paraît aujourd'hui impossible de satisfaire ces normes à partir des eaux naturelles du pays. Un mixage de ces eaux avec celles adoucies par dessalement d'eau saumâtre ou d'eau de mer s'avèrera donc nécessaire.

Besoin en eau agricole d'irrigation :

– Les changements climatiques : L'élévation attendue des températures, l'augmentation des régimes des vents, la fréquence des périodes de sécheresse augmenteront les besoins en eau autant pour les cultures irriguées en plein que pour l'irrigation d'appoint pour les cultures ordinairement pluviales.



Evolution de l'équivalent eau m³/hab/an de la demande alimentaire en Tunisie (1960-2000) (Besbes et al)

3.3. Problématiques et enjeux de la demande :

En sus des problématiques spécifiques citées dans le paragraphe précédent, d'autres problématiques et enjeux se posent à plus grande échelle pour la gestion de la demande en eau :

– Les changements climatiques empêcheront la pratique de certaines activités agricoles et obligeront leurs acteurs à la reconversion. En effet, une diminution de

28% des ressources en eau peut conduire à une révision de la répartition de cette eau entre les secteurs, entraînant une réduction de la part de l'agriculture irriguée.

– De son côté, l'élévation du niveau de la mer peut conduire à l'intrusion d'eau salée marine dans les nappes d'eau douce côtières diminuant ainsi l'offre et exacerbant la demande. Le recours aux sources non conventionnelles sera alors impératif.

– Le déficit alimentaire : si le bilan ressources/emplois d'eau au plan national est relativement équilibré au moins pour les deux prochaines décennies, le déficit actuel du bilan hydrique de la balance agroalimentaire risque de s'amplifier davantage en raison de l'évolution du niveau de vie, des besoins et des changements des habitudes alimentaires.

Tableau3 : Bilan alimentaire du tunisien

Horizon temporel	2010	2030	2050
Population	10,6	12	13
Besoins alimentaires globaux en équivalent eau- m ³ /an/hab	1500	1600	1700
Part de ces besoins de l'agriculture irriguée (légumes, fruits, lait, viande...) 30% m ³ /an/hab	450	480	510
Part de ces besoins de l'agriculture pluviale (céréales, légumineuses, viande, huile...) 70% m ³ /an/hab	1050	1120	1190
Part des céréales dans agriculture pluviale ~ 60% en m ³ /an/hab	630	672	714
Couverture en céréales par production locale 55% en m ³ /an/hab	346	370	393
Importation en équivalent eau sous forme de céréales seulement en m ³ /an/hab	284	302	321
Equivalent eau importée pour toute la Tunisie en milliards m ³ /an ⁽¹⁾	3.00	3.60	4.000

⁽¹⁾ Il n'est pas tenu compte dans ce calcul de l'équivalent exporté sous forme de blé dur.

Il ressort de ce bilan des conclusions alarmantes :

– **Les importations nettes en céréale seulement représentent le 1/5 des besoins alimentaires du tunisien en équivalent eau. (État 2010)**

- **Le volume global d'eau virtuelle importée sous forme de céréales seulement dépasse la moitié des ressources totales disponibles en termes d'eau de surface et d'eau souterraines. (État 2010)**

Ce tableau soulève le problème majeur de la maîtrise de la demande tant en eau qu'en produits alimentaires et soulève de même la question de savoir : Que faire en effet, dans quelques années, lorsque toutes les ressources en eau du pays auront été mobilisées et les mesures techniques, réglementaires et institutionnelles pour maîtriser la demande auront été épuisées alors que celle-ci n'a pas été encore stabilisée, pour assurer la sécurité hydrique et alimentaire du pays ?⁽⁹⁾

Des simulations pour 2030 ont été testées pour répondre partiellement à cette question à travers le recours à l'eau virtuelle sous forme de produits alimentaires importés :

- L'une d'elles correspond au maintien de l'état actuel de la situation hydrique à l'exception de l'évolution de la population qui devrait atteindre 12 millions en 2030.

Tous les autres paramètres sont maintenus à leur niveau de 2004, notamment la demande alimentaire et la production de l'agriculture pluviale. Dans ces conditions,

- L'eau virtuelle (sous forme de produits alimentaires importés) requise pour combler le déficit en équivalent eau croît de 4,5 en 2004 à 8,5 milliards de m³/an en 2030.

L'indice de dépendance hydrique de l'extérieur qui était de 31% en 2004 atteindra alors 45% en 2030.

- Le 2^{ème} correspond à la tendance observée concernant l'augmentation du niveau de vie de la population qui portera la demande alimentaire par personne à cet horizon à 1700 m³/an/hab et la demande directe (notamment domestique) à 70 m³/an/hab.

L'eau virtuelle importée requise pour combler le déficit alimentaire sera alors de 11,5 milliards de m³/an et l'indice de dépendance hydrique atteindra 51%.

- Le 3^{ème}, en maintenant les variables du 2^{ème} cas, considère toutefois que la productivité de l'agriculture pluviale s'améliore de 25%.

⁽⁹⁾ Il y a lieu de garder ce fait présent à l'esprit lorsque la Tunisie aborde les négociations sur l'Aleca Agricole.

L'eau virtuelle requise pour combler le déficit sera alors de 8,5 milliards de m³/an (25% de 11,5) et l'indice de dépendance hydrique sera alors de 37,4%, (51:11,5x8,5) ce qui nous ramène à un niveau de dépendance légèrement supérieur à celui de 2004 (31%) et légèrement inférieur à 45% prévu dans le scénario tendanciel.

Cette simulation quoiqu'approximative et non approfondie montre que :

La réduction de l'indice de dépendance hydrique de l'extérieur se trouve donc dans l'amélioration au maximum du rendement de l'agriculture pluviale ; le déficit restant est à combler inéluctablement par l'importation de l'eau virtuelle sous forme de produits alimentaires. Ceci nécessite une méditation profonde lors des négociations sur l'Aleca agricole.

C'est pour cette raison que la présente étude a consacré un chapitre spécial à l'agriculture pluviale pour en identifier les contraintes et les voies possibles de son développement, de l'augmentation de son efficacité et de son pouvoir de mobilisation d'eau pluviale.

3.4. Les orientations et stratégies qui en découlent :

Cette simulation montre également combien est difficile la réalisation du rêve d'une autosuffisance alimentaire. Bien que ce rêve doive demeurer un objectif, la réalité oblige d'en accepter le caractère plutôt peu probable à moins d'un changement radical des habitudes alimentaires des tunisiens qui s'appuieront beaucoup plus sur les poissons et les légumes au lieu des céréales (pain, pâtes, couscous) et sur les viandes, du recours intensif aux sources non conventionnelles d'eau et à une efficacité plus accrue des agricultures pluviales et irriguées et du recours à une gestion optimale parfaite et rigoureuse de la ressource en eau.

Cette simulation permet d'autre part, malgré qu'elle ne soit pas rigoureuse et nécessite d'être raffinée davantage, de dégager quelques orientations futures importantes :

- Le rôle de l'agriculture pluviale dans l'équilibre de la balance alimentaire et par voie de conséquence dans le comblement du déficit hydrique et son corollaire le bilan hydrique national, est primordial. Tout l'espoir de l'équilibre hydrique national naturel se trouve là.
- L'impact des habitudes alimentaires de la population sur la structure du déficit hydrique est important et très sensible. Des habitudes alimentaires qu'il faudra

par conséquent faire évoluer et inscrire dans le schéma d'évolution future du niveau de vie des citoyens et dans les politiques de l'Etat les concernant.

- L'introduction dans les orientations futures « d'une stratégie non orthodoxe » d'optimisation des échanges en rapport avec le bilan hydrique qui consiste à :
 - **Diminuer les superficies des cultures irriguées trop consommatrices d'eau (tomates, agrumes, raisins, grenades...) destinées à l'exportation. Actuellement ces cultures consomment 25% des volumes d'eau destinés au secteur agricole et rapportent 11% seulement en valeur des exportations agricoles.**
 - **Renforcer l'agriculture pluviale dont l'apport en valeur ajoutée à l'exportation est élevé et son impact direct sur les ressources d'eau est faible (irrigation d'appoint).**
 - **D'une façon générale, la Tunisie en tant que pays qui manque fondamentalement de ressources hydriques, a intérêt à importer le nécessaire possible de produits agricoles de grande consommation d'eau pour compenser ses déficits internes, alimentaires et hydriques, tout en exportant des produits agricoles de faible consommation d'eau et de forte valeur ajoutée. Cette orientation est à garder à l'esprit lors des négociations avec l'UE sur l'agriculture (Aleca).**

3.5. Les propositions spécifiques pour maîtriser la demande :

En réponse aux défis, enjeux et orientations ci-dessus, il est proposé :

Pour le secteur de l'eau agricole :

En ce qui concerne la conservation des ressources et la maîtrise de la demande :

- 13)** Accompagner les orientations futures qui restent essentiellement fondées sur l'amélioration génétique des espèces cultivées pour réduire les besoins en eau et la mise en œuvre de technologies d'irrigation de plus en plus efficaces et sophistiquées.
- 14)** L'efficacité globale de l'irrigation devra viser l'augmentation simultanée des revenus et de la production agricole par unité de volume d'eau. **Cela nécessite un changement radical dans l'approche agricole de production et de commercialisation.**

Plusieurs options sont actuellement disponibles pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau :

- Renforcer l'emploi des technologies modernes d'irrigation en vigueur en Tunisie pour réduire les pertes d'eau, en reconvertissant une part importante des superficies irriguées par des méthodes gravitaires « traditionnelles » à des techniques de haut rendement (irrigation gravitaire améliorée, irrigation par aspersion, irrigation localisée).
- L'amélioration des conditions de pilotage de l'irrigation en combinant les informations locales relatives au climat, au sol et à la plante en vue d'aboutir à une irrigation précise satisfaisant les besoins réels des cultures.
- L'adoption de l'irrigation déficitaire permettant d'appliquer l'eau à des stades déterminés de développement ou de croissance de la plante dans l'objectif d'économiser l'eau tout en améliorant le rendement et la qualité de la production.

La recherche - développement devra s'atteler à approfondir les conditions propices pour la mise en œuvre de ces options en fonction du contexte des régions et des caractéristiques propres aux principaux périmètres irrigués du pays. **Un énorme effort de recherche scientifique, théorique et appliquée reste à faire dans ce domaine.**

15) Généraliser dans les meilleurs délais possibles les programmes d'économie de l'eau d'irrigation à la parcelle pour toutes les eaux non renouvelables du Sud, et mettre en place des programmes de recherche-développement pour l'adaptation de systèmes de gestion de l'eau et des pratiques d'irrigation modernes compatibles avec les systèmes de cultures oasiens. **Il est aussi indiqué en parallèle, de diversifier l'économie des zones sahariennes pour alléger la pression socioéconomique sur les ressources en eau et sur l'agriculture oasienne en général.**

16) Encourager l'utilisation rationnelle des eaux non conventionnelles sanitaires certifiées (eau usée traitée, eau salée) dans l'agriculture irriguée afin d'économiser les eaux naturelles de bonne qualité. Cependant, cette orientation ne devra pas cacher la nécessité de prendre en compte les critères de qualité exigés par l'usage agricole. En effet, l'emploi de l'eau salée sans précautions risque d'engendrer la stérilisation du sol ; de même l'emploi des eaux usées traitées d'une manière inadéquate risque d'entraîner des impacts sanitaires sur les irrigants et les consommateurs et peut affecter l'image des produits agricoles et alimentaires pour un pays ouvert au tourisme et

exportateur de ces produits. **La recherche/développement doit jouer ici un rôle crucial et déterminant ; le contrôle phytosanitaire rigoureux également.**

- 17) Mettre en œuvre des politiques de financement adaptées à l'accroissement de l'efficacité des systèmes d'eau, à la pratique généralisée de l'économie d'eau à la parcelle et à l'emploi des eaux non conventionnelles sanitaires certifiées qui sont en mesure de réduire d'une manière substantielle la demande en eau agricole à des niveaux pouvant atteindre **30-40** pour cent, tout en améliorant les rendements des cultures et la productivité de l'eau en général.
- 18) Instaurer une politique tarifaire efficace et équitable qui assure aux Groupements de Développement Agricole et aux CRDA les moyens nécessaires à l'autonomie de la gestion locale de l'eau et à la maintenance des ouvrages et équipements hydrauliques en particulier, condition nécessaire à la durabilité du potentiel productif des périmètres irrigués.

En effet, malgré les progrès enregistrés en matière de tarification de l'eau agricole, celle-ci reste encore un des points vulnérables de la politique actuelle de l'eau, car les systèmes tarifaires sont souvent conçus comme moyens d'amélioration directe des revenus des agriculteurs, au lieu d'être un instrument puissant d'orientation de la politique agricole irriguée en termes **de valorisation économique de l'eau**. Cette situation n'incite nullement à la préservation de la ressource et ne peut que véhiculer **un message contradictoire** de celui des incitations destinées à encourager l'équipement pour l'économie de l'eau.

19) Dissémination des innovations :

Mettre au point des programmes de formation, d'information et de vulgarisation efficaces et adaptés à la situation de pénurie et à la modification des programmes des demandes en eau dans les différents périmètres irrigués, lesquels programmes devront prendre en considération la problématique de l'eau, propre à chaque région du pays et au niveau local et qui soient capables d'aider les irrigants à maîtriser la gestion de l'eau sur les plans technologique et économique.

Pour le secteur de l'eau potable :

En ce qui concerne la conservation de la ressource et la maîtrise de la demande :

- 20) L'amélioration du rendement de la SONEDE dans la lutte contre les pertes :

La SONEDE devra viser des objectifs de rendement plus élevé (85% en 2005 !?). Ces rendements sont entre 90 et 97% dans d'autres pays.

- 21) L'enforcement et/ou **la réactualisation, si nécessaire, des mesures spécifiques prises par le Conseil des Ministres Restreint du 21 Juin 2001** relatives au renforcement de l'économie de l'eau, surtout en ce qui concerne l'audit périodique et obligatoire des systèmes d'eau chez les grands consommateurs. Les mesures spécifiques en question ont eu le mérite de s'attaquer réellement au nœud du problème de la conservation de la ressource au niveau des usagers de l'eau potable, **là où un vaste gisement d'économie d'eau reste encore à exploiter.**
- 22) L'encouragement à **l'innovation technologique dans le domaine de l'eau domestique** en imposant des normes pour la fabrication/production locale privée de l'eau et des équipements y relatifs et une réglementation sévère pour l'importation des équipements efficaces tels que les réservoirs de chasse pour les toilettes, les pommes de douche, les machines à laver, les lave-vaisselles, etc. Il s'agit d'appliquer le même concept que celui de l'économie d'énergie en ce qui concerne les frigidaires par exemple. La même approche serait aussi à appliquer pour **le choix des procédés industriels** à introduire en Tunisie, lesquels procédés doivent s'adapter aux conditions de la rareté des ressources en eau du pays c'est-à-dire être efficaces et économes.
- 23) L'introduction de **modèles esthétiques et économiseurs d'eau** pour l'arrosage à l'eau potable des espaces verts publics et des jardins particuliers (hôtels, villas, etc.), qui soient fondés sur l'utilisation de systèmes d'irrigation performants et des espèces végétales résistantes à la sécheresse ou peu consommatrices d'eau (plantes grasses, etc.). Recours aux paysagistes pour concevoir de tels modèles en fonction de la nature des jardins et des spécificités climatiques et culturelles des régions et localités du pays.
- 24) L'encouragement à la mise en œuvre de projets collectifs et individuels pour la récupération des eaux pluviales et des eaux usées traitées destinées à l'arrosage des espaces verts et des jardins publics avec une analyse préalable permettant de mettre en évidence l'intérêt de tels projets (aspects environnementaux, rentabilité économique, etc.).

Promouvoir la gestion de l'eau à l'école : L'avenir de l'eau repose sur la capacité des jeunes générations à relever les défis du secteur et la complexité des systèmes de gestion de l'eau qui ne peut aller que croissant. Il est donc nécessaire de préparer ces jeunes à acquérir les bons réflexes de la

conservation de l'eau, et leur inculquer les connaissances adéquates, et les outils intellectuels et pratiques nécessaires, tout au long de leur scolarité. Plusieurs expériences européennes peuvent être considérées à ce sujet pour s'en inspirer.

- 25)** Introduire le facteur « eau » comme un des éléments fondamentaux de **l'aménagement du territoire**, lequel doit orienter le choix des zones industrielles ou touristiques et des grands ensembles urbains. En effet, l'eau devenant de plus en plus rare, l'aménagement du territoire devra prendre en considération la disponibilité de la ressource en eau sur le plan local ainsi que la rentabilité des investissements à mettre en jeu en cas de transfert éventuel de l'eau ou de la dessaler sur place.
- 26) Repenser le modèle actuel de tarification de l'eau potable** pour qu'il tienne mieux compte, d'une part de la consommation domestique avec sa composante parfois sociale mais aussi parfois de confort et de loisir, et d'autre part, des autres consommations à caractère économique. Ces dernières, relatives aux activités industrielles, touristiques et commerciales, doivent supporter la réalité des coûts et même la valeur économique de l'eau. **La valorisation de l'eau potable dans les activités économiques est une orientation nécessaire à la durabilité du secteur.**

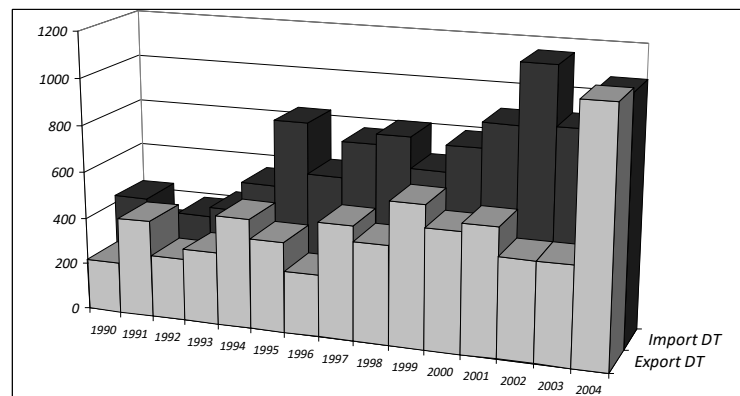
4. L'AGRICULTURE PLUVIALE EN TUNISIE, UN REGULATEUR CHARNIERE DE L'EQUILIBRE OFFRE/DEMANDE D'EAU :

L'agriculture pluviale est une innovation de l'étude eau 2050 dans son approche à l'évaluation du bilan hydrique national, à la maximisation de la mobilisation des ressources hydriques naturelle et à la confortation des sécurités hydriques et alimentaires du pays. Pour toutes ces raisons, les défis, enjeux et stratégies la concernant seront abordés avec plus de détails que précédemment.

L'agriculture pluviale correspond à l'ensemble des cultures et des productions végétales et animales qui sont conduites ou produites sous un régime hydrique exclusivement pluvial. Elle exclue par conséquent tout ce qui est irrigué. Elle est abordée dans ce chapitre sous l'angle de son pouvoir mobilisateur d'eau pluviale et par conséquent en tant que réservoir d'eau « transformée » (eau verte) et virtuelle (équivalent eau importé ou exporté sous forme de produits alimentaires). **Nous avons vu en effet, que l'agriculture pluviale avec ce qu'elle absorbe comme eau (agriculture en sec 13 milliards m³/an, parcours 6 milliards m³/an et forêts 4 milliards m³/an) est de loin le plus important mobilisateur d'eau pluviale avec un total de 23 milliards de m³/an.**

La production de l'agriculture pluviale ne représentant cependant que partiellement les besoins alimentaires du tunisien dont l'équivalent eau évolue très fortement en raison du croit démographique et de l'évolution du niveau de vie. Ces besoins ont évolué de 550 m³/an/hab en 1960 à 1450 m³/an/hab en 2000 et doivent dépasser actuellement (2010) les 1500 m³/an/hab.

Importation / exportation de produits alimentaires (hors pêche) de 1990 à 2004 (en millions de DT)(Besbes et al)



Par ailleurs, la simulation ci-dessus (**Chapitre 3.3.**) a révélé le rôle primordial de l'Agriculture pluviale dans l'équilibre offre/demande et a suggéré que cet équilibre ne peut être atteint que grâce à une amélioration importante de l'efficacité de cette agriculture.

Dans les développements qui suivent, nous allons aborder les conditions qui peuvent améliorer cette efficacité afin que le pays puisse récupérer, sous forme de production agricole, le maximum des 23 milliards de m³/an qu'absorbe l'agriculture pluviale en général et diminuer sa dépendance de l'extérieur en termes de produits alimentaires. Il s'agit donc d'une mobilisation indirecte de ressources pluviométriques, autrement non récupérables et qui ne peuvent, à ce stade de connaissance de nos conditions climatiques et pédologiques, être quantifiée directement et avec précisions.

4.1. Les composants de l'Agriculture pluviale :

Ces composants importants sont au nombre de cinq :

- Les superficies labourables qui couvrent l'espace exploitable en pluvial soit 4,5 millions ha (hors superficies en irrigué).
- La Céréaliculture qui couvre en moyenne 1,5 millions ha mais peut osciller entre 1,2 et 1,8 millions ha selon la pluviométrie de l'année.
- L'arboriculture (olivier, amandier et pistachier) qui couvre 1,9 millions ha dont 1,6 million pour l'olivier.
- Les parcours, fourrages et légumineuses qui couvrent environ 4,5 millions ha dont 4 millions pour les parcours.
- L'élevage de cheptel (ovin, bovin, caprin, camelin) destiné à la production de viande et de lait. L'élevage industriel (poulet, lapin, œuf) n'est pas pris en considération dans l'agriculture pluviale.

Tableau 4 : Répartition des terres labourables selon les cultures (Belhadj et al)

	Enquête 1962		Enquête 1994		Enquête 2004	
	Surface	%	Surface	%	Surface	%
1. En plein						
- Céréales en plein	1.566.000	35%	1.417.000	30%	1.508.000	31%
- Légumineuses	50.000	1%	90.000	2%	72.000	1%
- Fourrages	15.000		202.000	4%	351.000	7%
- C. maraichères	11.000		107.000	2%	115.000	2%
- C. industrielles et autres	3.000		31.000	1%	22.000	1%
- Arboriculture	1.310.000	29%	2.038.000	4%	2.155.000	44%
S /Total en plein	2.955.000		3885.000		4.223.000	86%
2. En intercalaire						
- Céréales	(243.000)		(113.000)		(102.000)	
- Légumineuses	(30.000)		(12.000)		(5.000)	
- Fourrages	(20.000)		(17.000)		(32.000)	
- C. maraichères	(20.000)		(50.000)		(46.000)	
- C. industrielles et autres	(5.000)		(4.000)		(1.000)	
3. Jachère	1.555.000	34%	885.000	19%	670.000	14%
S /total superficie physique cultivable (labourable)	4.510.000	100%	4.770.000	100%	4.893.000	100

Ces composants ont connu des évolutions mitigées dans le temps, positives pour les uns (arboriculture, élevages, superficies cultivées) et négatives pour les autres (superficies pour les céréales en diminution de 10% avec le blé qui progresse au dépend de l'orge, et parcours qui diminuent en faveur de l'arboriculture).

4.2. Les déterminants de l'agriculture pluviale :

Ce sont ces éléments qui agissent sur le potentiel de production tels : les conditions climatiques, le sol, les systèmes de culture et les structures agraires.

- Les conditions climatiques (précipitation, température, vent et évapotranspiration) conditionnent la pratique de l'agriculture pluviale et divisent le pays en zones favorables (nord et centre-nord) relativement réduites et défavorables (centre-sud et sud) beaucoup plus étendues.

Ces caractéristiques font que pendant les années humides l'agriculture pluviale peut théoriquement, répondre aux besoins alimentaires du pays mais pendant les années sèches ou à précipitations irrégulières, elle peut enregistrer des déficits qui deviennent, depuis quelques années, de plus en plus importants (jusqu'à 50% des besoins en céréales).

- Le sol constitue un réservoir d'eau et d'éléments nutritifs pour les plantes. Sa connaissance est essentielle pour réussir une agriculture pluviale efficace et une protection contre l'érosion également efficaces.

En effet, en dehors des saisons de pluie, la plante doit pouvoir satisfaire ses besoins en eau en puisant dans les réserves hydriques du sol. Ce dernier doit donc en emmagasiner la plus grande quantité possible tout en réduisant les pertes par évaporation.

- Les systèmes de culture (la façon dont le sol agricole est aménagé) permettent de tirer le meilleur profit de l'eau pluviale avec la meilleure efficacité en prenant en considération les conditions bioclimatiques et topographiques du milieu physique. L'on peut en citer les systèmes de culture de plaine faisant intervenir des techniques de rétention d'eau tel l'aménagement du sol en courbes de niveau ou en levées de terre réduisant le ruissellement ; les systèmes de culture en terrasse lorsque les terrains sont en forte pente et enfin les systèmes de culture en Jessours dans les zones à climat aride. Les systèmes de culture se définissent également par la nature et le choix des cultures, le mode de succession ou d'association des cultures, le choix de l'aménagement de l'espace de culture et s'articulent autour d'une culture principale (olivier, blé) associée à d'autres cultures secondaires (amandier, orge).
- Les structures agraires sont l'expression de l'organisation de l'espace agricole : Le nombre, la forme et l'étendue des exploitations et des parcelles ainsi que les modes agraires définissent les conditions pour un développement agricole optimal. C'est de ces caractéristiques que dépend l'aménagement de l'espace pour mieux mobiliser le plus d'eau de pluie possible sous forme de production agricole.

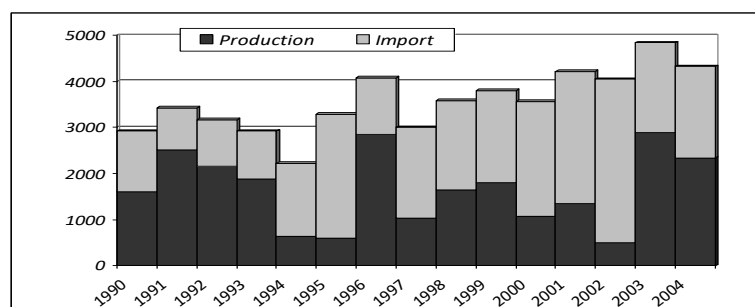
4.3. Problématiques et enjeux :

Le poids de l'agriculture pluviale dans l'économie agricole du pays est important. La valeur annuelle de la production en sec *senso stricto* s'est élevée en moyenne à environ 1,5 milliards de dinars pour la période 2000-2006 soit 53% de la production de toutes les terres cultivables (y compris l'agriculture irriguée). C'est un recul par rapport à la décennie 1960-1969 lorsque ce taux était de 66% et de même un recul par rapport à la moyenne mondiale qui est de 60%.

En termes d'emplois, l'agriculture pluviale offre une occupation à 350.000 exploitants et environ 130.000 emplois permanents. Elle génère par unité d'emploi une production de 5400^D aux prix actuels et une valeur ajoutée de 4300^D.

Par ailleurs, l'agriculture pluviale joue un rôle fondamental dans la couverture des besoins alimentaires du pays. Alors que l'objectif de la sécurité alimentaire du pays vise à couvrir le maximum de ces besoins par la production nationale (surtout pour les produits fondamentaux : céréales, viandes, lait...), force est de constater que le bilan des échanges agroalimentaire de la Tunisie a été négatif pendant les deux dernières décennies (à l'exception des années pluvieuses 1991-1993, 1996 et 2003-2004). Le déficit est particulièrement important en ce qui concerne les céréales qui représentent près de 45% en valeur des importations de denrées alimentaires.

Production nationale et importation de céréales de 1990 à 2004 (Belhaj et al)



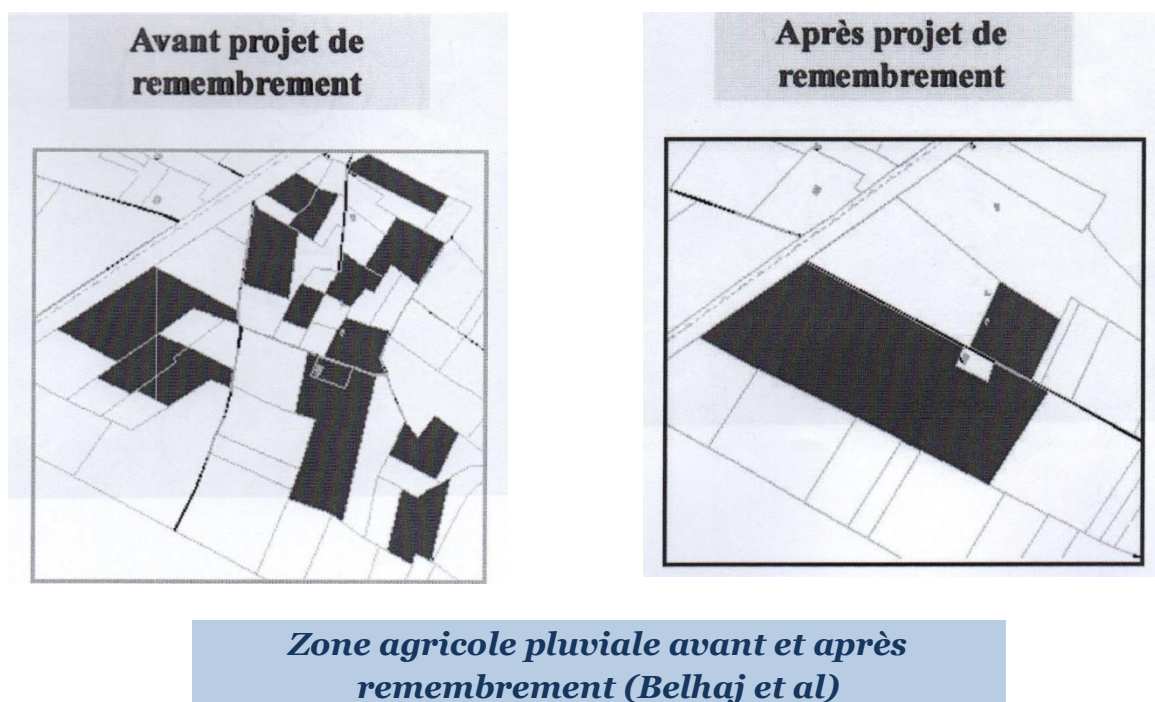
Or, près de la moitié (45 à 50%) de l'équivalent eau des besoins alimentaires du tunisien

(1500 m³/an/hab) est fournie en année moyenne par les cultures pluviales, environ 30% par l'agriculture irriguée et le reste soit environ 30% est comblée par l'importation d'eau virtuelle (équivalent eau sous forme de produits alimentaires, céréales, viande...). De surcroit, cette partie équivalent eau importée est appelée à croître à l'avenir en raison de l'amélioration du niveau de vie, du croit démographique, et de l'évolution des habitudes alimentaires vers un mode plus carnacé. Les implications de cette évolution sur la balance commerciale alimentaire sont importantes en particulier, une dépendance de plus en plus grande de l'importation et donc une exposition de plus en plus forte aux aléas du marché international des produits agricoles et aux changements de politique de commercialisation des pays gros producteurs.

Par ailleurs, la relance de l'agriculture pluviale est handicapée, outre par les aléas climatiques, par les problèmes qui grèvent les déterminants de cette agriculture. Par exemple, le déterminant sol, malgré de grands efforts d'inventaire (12 millions d'ha de sol classifiés et cartographiés entrepris particulièrement au niveau des périmètres irrigués), souffre encore d'insuffisance de levé cartographique à grande échelle pour le reste des terres cultivables.

En ce qui concerne les systèmes de cultures, un énorme effort a déjà été accompli en termes de travaux de CES qui nécessitent toutefois à être généralisés et constamment entretenus. De même qu'un grand effort reste à faire au niveau de la sélection des plants et des semences adaptées aux conditions climatiques difficiles du pays en termes de tolérance à la sécheresse, à la salinité et aux maladies y conséquentes.

Enfin, le déterminant structures agraires demeure un handicap majeur et une calamité qui attend des solutions rigoureuses. En effet, le morcellement des exploitations agricoles continue de s'aggraver par ventes partielles et par morcellement d'héritage. Le nombre des exploitants augmente et les superficies par parcelle diminuent entraînant des difficultés d'aménagement hydraulique des parcelles, de conservation du sol et d'efficacité économique. L'enquête 2004/2005 sur les structures agraires a révélé en effet que le nombre de parcelles qui était de 387.000 en 1994 s'est élevé à 420.000 en 2004 et la superficie moyenne de la parcelle qui était de 16,8 ha en 1961 s'est réduite à 12,7 en 1990 et 11,5 en 2004.



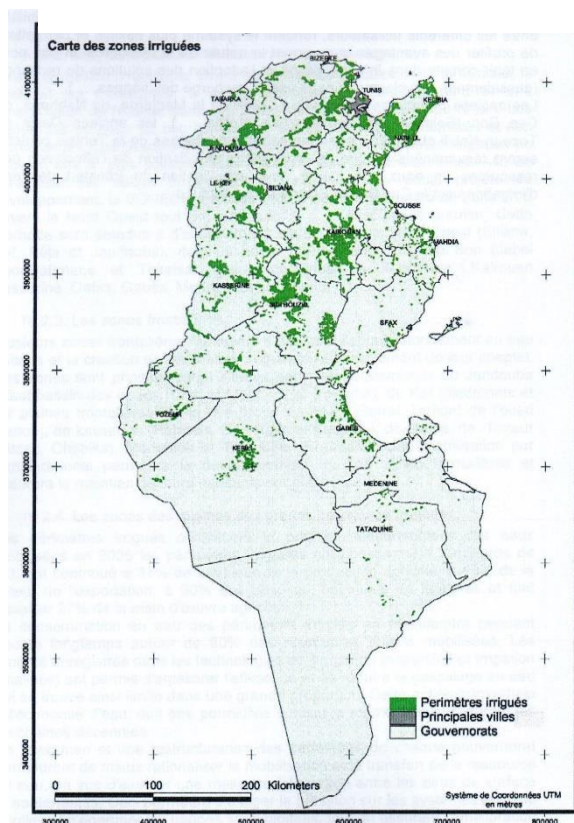
Pourtant, des expériences de remembrement parcellaire ont donné de très bons résultats. Elles attendent à être généralisées, éventuellement imposées et les causes juridiques du démembrement arrêtées.

4.4. Orientations et stratégies :

– La mobilisation de l'eau grâce à la construction de barrages et de lacs collinaires, la mise en place de nouveaux périmètres irrigués et l'appui par l'Etat à la réalisation de sondages et de puits de surface, a permis de développer une agriculture irriguée sur près de 450.000 ha soit 8% du total des surfaces agricoles cultivées.

Cette agriculture irriguée de par sa contribution importante (30%) dans la couverture des besoins de consommation en produits agricoles et 35% de la valeur de la production agricole totale a été considérée durant les quatre dernières décennies, comme une priorité dans les programmes de développement agricole. Elle a de ce fait accaparé une partie importante des budgets alloués à l'agriculture en général et a relégué l'agriculture pluviale en deuxième position ne bénéficiant que de presque la moitié des investissements consentis à l'agriculture en irriguée⁽¹⁰⁾. **Ce déséquilibre d'intérêt doit être redressé.**

Un gisement d'économie d'eau



Les périmètres irrigués en Tunisie en 2009

⁽¹⁰⁾ L'investissement moyen par hectare en agriculture pluviale est seulement de : 500D environ en 10 ans alors qu'elle contribue à 53% de la valeur de la production totale agricole.

(Belhaj et al)

Evolution des investissements agricoles
dans les terres cultivées et la part réservée aux terres en sec (millions DT)

	86-89 Moyenne/an	90-99 Moyenne/an	00-06 Moyenne/an
- Hydraulique agricole	102	163	284
- dont exploitations en sec	-	-	-
- Elevage*	20	45	70
- dont exploitations en sec	12	27	40
- Matériel agricole	26	67	80
- dont exploitations en sec	22	57	68
- arboriculture	28	57	75
- dont exploitations en sec	17	25	38
- CES	5	18	26
- dont exploitations en sec	4	14	20
- Autres**	30	85	90
- dont exploitations en sec	21	57	60
- Total	211	435	625
- dont exploitations en sec	76	180	226
%	36%	41%	36%

(*) non compris l'aviculture

(**) projets de développement agricole intégrés, actions BTS,

– D'autre part, le développement de l'agriculture pluviale a été le plus souvent abordé avec une approche sectorielle où chaque secteur était examiné séparément en se préoccupant en premier lieu de l'augmentation des productions sans trop s'attarder sur la manière de les optimiser dans un espace agricole donné et d'une façon durable. Ainsi, des programmes d'extension de la céréaliculture, de l'arboriculture en sec et de l'élevage ont été mis en œuvre avec les appuis de l'Etat souvent aux dépens de parcours, parfois sur des terres marginales qui n'ont pas la vocation de la culture développée et avec le risque de perturber les écosystèmes naturels particulièrement dans les zones arides (déforestation et érosion). Cette politique est à réviser.

– La vulgarisation avec ses programmes d'intervention tout azimut d'une manière souvent standardisée, utilisant une approche méthodologique qui n'est pas toujours adaptée au contexte socio-économique et sans être soumise d'une façon permanente à une évaluation objective, a joué un rôle fondamental dans cette orientation productiviste. Elle a accordé très peu de place dans ses préoccupations aux facteurs essentiels qui déterminent la durabilité et l'optimisation de l'agriculture en sec à savoir, d'une part la préservation du sol et le meilleur mode de son exploitation et d'autre part à la valorisation de l'eau

pluviale d'une façon optimale en agissant de même au niveau de la parcelle, pour améliorer son efficacité.

– Les limites techniques des stratégies actuelles de développement de l'agriculture en sec dans certaines régions du pays où la fragilité des sols sous climat aride et le déficit pluviométrique posent problème sont patentées. Ces limites dues à des choix stratégiques parfois inappropriés (et aux programmes qui en découlent), se traduisent aujourd'hui sur le terrain par une valorisation insuffisante de l'eau pluviale et une menace envers la durabilité des systèmes de culture.

Parmi ces limites, à prendre en considération pour les orientations futures en vue d'améliorer la mobilisation de l'eau pluviale, on peut rappeler principalement :

– **En ce qui concerne la céréaliculture** celle-ci qui occupe près de 1.500.000 ha des terres agricoles cultivées, est implantée sur des sols très hétérogènes dont 700.000 à 800.000 ha seraient à vocation céréalière alors que le reste peut être classé parmi les terres marginales considérées comme étant non appropriées à l'agriculture céréalière et qui nécessitent d'être exploitées et valorisées autrement. Certaines de ces terres se trouvent dans les régions du Centre et du Sud (près de 40%) et sont conduites en sec en dépendance totale d'un régime pluviométrique très aléatoire. Leurs cultures n'arrivent que rarement à maturation pour valoriser le peu d'eau pluviale qu'elles reçoivent. La vocation de ces terres à sol pauvre est à revoir.

– D'autres terres, dans les régions du Nord-Ouest, sont en pente et se trouvent, bien des fois, emblavées sans être aménagées en terrasses et en courbes de niveau à l'intérieur de l'exploitation agricole. Une bonne partie de l'eau pluviale qui tombe sur ces terres ruisselle des fois sous forme de sol et semences ou plantes à la fois. Un aménagement simple au niveau de la parcelle aurait pu améliorer son efficacité pour absorber l'eau pluviale et améliorer les rendements à l'hectare. La céréaliculture ne peut en effet tirer le meilleur profit de l'eau pluviale que lorsqu'elle est pratiquée dans son milieu favorable de sol profond et aménagé pour emmagasiner cette eau.

– **En ce qui concerne l'oléiculture**, celle-ci avancée en partie dans l'âge (25% à 30% des plantations ont plus de 70 ans si ce n'est beaucoup plus), et non rajeunie s'est étendue dans le Centre et le Sud du pays au dépend des parcours sur des sols non aménagés et parfois non appropriés (peu profonds, argileux, squelettiques, ...) avec des densités de plantation standards. Avec ces handicaps, cette culture ne peut pas tirer le meilleur profit de l'eau pluviale et la valoriser d'une façon

optimale. La correction de ces handicaps doit être envisagée par étapes dans le cadre d'un plan de restructuration avec la mise en œuvre d'un programme de rajeunissement en choisissant les variétés les mieux adaptées et les terrains favorables et aménagés en aval d'un espace agricole non cultivé et utilisé comme impluvium (exemple des Meskats dans le Sahel).

En ce qui concerne les parcours naturels qu'ils soient dans les régions du Nord-Ouest, dans les zones montagneuses (bioclimat humide et subhumide) ou dans les régions du Centre et du Sud du pays, ceux-ci nécessitent d'être autrement gérés et administrés en les préservant des modes d'exploitation abusifs actuellement pratiqués et des surpâturages qui en découlent. Dans l'état actuel, leur productivité est en train de décroître sans tirer le meilleur profit des pluies qui les arrosent. La problématique des parcours naturels est complexe car elle a plusieurs facettes (technique, économique, sociale et environnementale). Elle nécessite d'être recherchée dans le cadre d'une approche globale de développement intégré et local. (Confère l'expérience de Sejnane) afin de pouvoir mobiliser au mieux l'eau pluviale.

4.5. En guise de conclusions de ce chapitre :

L'agriculture pluviale est un grand mobilisateur d'eau de pluie voire même le plus grand mobilisateur. Rappelons à cet effet que l'équivalent eau des besoins alimentaires des tunisiens est assuré, à près de la moitié, par l'agriculture pluviale au 1/6 par l'agriculture irriguée et presque au 1/3 par l'eau virtuelle c'est-à-dire sous forme de produits alimentaires importés notamment les céréales (Etat 2009). Cet équivalent eau importé pouvait atteindre près de 4 à 5 milliards m³/an en 2050 soit plus que l'ensemble des eaux de surface dans les barrages et les eaux souterraines dans les nappes phréatiques et profondes disponibles à la Tunisie.

Or, de grandes quantités d'eau pluviale se perdent chaque année sous forme de ruissellement vers la mer et/ou vers la sebkha, où elles s'évaporent en entraînant au passage érosion des sols fertiles et dégâts matériels et humains¹¹. Ces eaux pluviales se perdent faute d'aménagement hydraulique des parcelles de culture.

Il devient donc stratégique de repenser la pratique de l'agriculture pluviale pour qu'elle mobilise encore davantage d'eau de pluie et de la valoriser dans le but d'équilibrer le bilan hydrique national : Offre/Demande ou du moins s'en rapprocher.

¹¹ Confère les inondations du début de 2019 (au moment de la révision et de l'impression de la présente note).

En réponse à cette orientation stratégique consistant à repenser l'agriculture pluviale, les actions suivantes sont donc proposées :

27) La réhabilitation du sol, en tant que réservoir hydrique et support des cultures en accordant plus de soins à :

- Sa caractérisation pédologique qui doit être plus exhaustive plus fine et cartographiée à des grandes échelles de l'ordre du 1/10.000 et 1/5.000.
- L'adoption d'une classification des sols et leur caractérisation basée sur leur vocation propre et l'établissement de cartes thématiques directement utilisables par l'agriculteur, pour les cultures principales.
- Sa préservation contre l'érosion en optant pour une approche de développement plus globale se basant sur des plans d'aménagements de dimension régionale
- Appropriés **englobant notamment l'exploitation agricole** en préconisant des techniques douces, perturbant le moins possible la terre et évitant de porter préjudice aux écosystèmes naturels.
- Les aménagements des terres agricoles doivent être établis dans le cadre d'un plan d'intervention global qui considère la région comme une plateforme intégrant, au côté des bassins versants, les exploitations agricoles même si la parcelle appartient à des privés. Les règles d'aménagement doivent être, si nécessaire, imposées dans le cadre de l'intérêt général.
- L'amélioration de la qualité intrinsèque du sol en se fixant pour objectif de reconstituer sa fertilité et l'accroissement de sa réserve utile en eau par un labour profond. Ceci devrait être retenu comme une stratégie permanente.
- L'incitation aux agriculteurs d'entreprendre eux-mêmes leurs travaux de CES en sus des programmes nationaux.

28) L'adoption d'espèces et de variétés de plantes les mieux adaptées à l'environnement écologique (édaphique et bioclimatique) en se basant sur leur capacité de générer la meilleure efficacité de l'eau pluviale. Ceci s'appliquera en priorité bien évidemment aux deux principales composantes de l'agriculture pluviale à savoir la céréaliculture et l'oléiculture.

29) L'entreprise, progressivement, du rajeunissement de l'oliveraie tunisienne dans le cadre d'un programme national. Cela pourra **augmenter de 30% la**

productivité de l'oliveraie nationale et donc augmenter son pouvoir mobilisateur d'eau pluviale.

- 30) L'adoption de brises vent naturels pour atténuer le pouvoir asséchant du vent dans les grands espaces ouverts de culture en réservant dans certains cas, des espaces aux forêts brise vent et stabilisatrices de pentes (lutte contre l'érosion et augmentation du pouvoir de rétention d'eau).
- 31) Repenser l'approche d'aménagement actuellement pratiquée pour la récupération de l'eau pluviale pour mieux l'adapter au contexte climatique de la région et revenir, là où il le faut, aux pratiques de Meskats et Jessours d'antan.
- 32) L'adoption de systèmes cultureux qui soient les mieux appropriés au contexte écologique de la zone de culture. Ceci est vrai pour le système céréalier où il sera nécessaire de respecter les bonnes règles en matière d'assolement et de mécanisation raisonnée, de même que pour le système oléicole en identifiant les meilleurs sols à planter et les meilleures techniques de plantation les mieux
- 33) Adaptées (densité, etc...) et l'intégration de l'élevage dans l'exploitation agricole. Le tout pour améliorer les rendements et donc améliorer l'absorption et la valorisation de l'eau pluviale.
- 34) La restructuration foncière des terres agricoles dans l'objectif d'aboutir à l'émergence d'exploitations agricoles de taille optimale. Ceci pourrait être réalisé sur le long terme moyennant :
 - Le renforcement des programmes actuels de restructuration des terres agricoles exploitées en sec en dotant l'Agence Foncière Agricole (AFA) des moyens nécessaires pour passer à un rythme de réalisation annuel supérieur,
 - En parallèle, la mise en œuvre d'un programme spécifique qui aurait pour objectif d'inciter les agriculteurs disposant d'exploitations agricoles de petite taille (difficilement viables et ne pouvant valoriser l'eau pluviale au mieux) à se regrouper en Sociétés mutuelles d'exploitation. Dans certains pays européens plusieurs formes d'association ont démontré leur efficacité.
 - La modification de la législation sur les baux ruraux pour moderniser et pérenniser ce mode d'exploitation. Ceci nécessite l'introduction de l'obligation de mise en valeur des terres agricoles en location d'une façon conforme aux exigences de la saine et efficiente pratique agricole.

- La promotion de programmes d'agrandissement des exploitations en instituant les outils juridiques nécessaires pour encourager les cessions père-fils avec les incitations financières et fiscales nécessaires. (cf Hollande et Belgique).

35) Le réaménagement de la politique des prix des principaux produits de l'agriculture pluviale (essentiellement céréales et légumineuses alimentaires) afin de réintroduire ces dernières dans les pratiques d'assolement. Certaines de ces légumineuses ont été abandonnées en pratique agricole en partie par manque de preneurs systématiques de la production. Il en découle un déficit de production de ces produits sur le marché et donc leur importation et un appauvrissement du sol cultivé suite à l'emblavage successif des mêmes parcelles en céréales préférées par les producteurs parce qu'il existe au niveau national un preneur systématique (L'ONC) et à de meilleurs prix.

36) Dynamisation des cartes de production agricole :

Les systèmes des cartes de production agricole constituent un socle utile et riche en information intégrant des aspects multiples ayant relation avec différentes disciplines (pédologie, climatologie, hydrologie, agronomie, économie, et sociologie rurale...). Ces cartes couvrent des régions écologiques diverses. Dans l'optique d'un développement agricole intégral, les actions d'amélioration suivantes méritent d'être mises en œuvre :

- Mise à jour du système des cartes de production actuellement en place afin d'en faire un outil dynamique actualisé en permanence pour servir de support de développement et d'intensification au niveau de l'exploitation agricole. Ceci suppose l'établissement exhaustif de cartes de base (topographie, pédologie, foncier, utilisation des sols, ...) et l'usage de cartes à échelles plus grandes (1/10000 voire 1/5000 au lieu de 1/25000).
- Mise à la disposition de l'exploitant agricole de la base de données du système pour lui permettre d'en tirer profit en lui apportant le cas échéant l'assistance nécessaire pour favoriser une gestion au niveau de la parcelle.
- La nécessité de développer et d'intensifier la Recherche et Développement dans tous les domaines qui constituent les déterminants de l'agriculture pluviale depuis la maîtrise des connaissances sur les aléas des conditions climatiques aux politiques de réformes foncières et assurantielles en passant par l'aménagement hydraulique des exploitations, la préservation et l'amélioration des caractéristiques des sols et la sélection des plants et semences adaptés.

Cette recherche et développement doit viser l'amélioration de l'efficacité d'une agriculture pluviale durable autant en termes de production qu'en termes de mobilisation du maximum d'eau pluviale qui autrement, se perd par évaporation au niveau du sol, par ruissellement fautes d'aménagement au niveau de la parcelle et par une déficience d'absorption par une plante mal adaptée.

37) L'introduction de la notion du risque climatique dans l'élaboration des axes de la politique agricole.

Afin de pérenniser l'agriculture pluviale, favoriser son extension et donc son pouvoir mobilisateur d'eau pluviale, la mise en œuvre d'une stratégie d'appui aux agriculteurs en cas de risques naturels dus aux aléas climatiques devient nécessaire aujourd'hui plus que jamais. Elle se justifie par l'intensification des cultures et l'importance des aléas pluviométriques.

Cette stratégie pourrait s'articuler autour de trois axes :

- Adoption par l'agriculteur de choix de cultures et de systèmes d'exploitation en considérant les aléas climatiques comme une donnée permanente. Un tel comportement doit être développé jusqu'à devenir une culture chez l'agriculteur tunisien notamment chez les novices (mesure préventive).

Ainsi l'adoption d'espèces, de variétés et d'associations de cultures adaptées ; de techniques optimales et anticipation des situations de crise ; de systèmes de défense active contre les fléaux naturels ; l'élaboration de procédures de gestion financière devant atténuer les effets des crises doivent faire partie de cette culture.

- Instauration d'un système d'assurance avec un objectif majeur de couvrir le plus grand nombre d'agriculteurs (adhérents) dans le but de réduire le coût d'adhésion.

Ceci impliquerait notamment : L'extension à l'ensemble des agriculteurs des subventions de l'Etat aux primes d'assurances ; la mise en place de systèmes encourageant plus efficacement les assurances collectives (rabais d'au moins 20% du coût contre 10% actuellement) ; la réduction des coûts des primes supportées par l'agriculteur à un niveau acceptable.

- Intervention et appui direct de l'Etat pour réassurer les systèmes d'assurances normales en cas de conditions climatiques adverses exceptionnelles (sècheresse, grêles, tempêtes entre autres). Cet axe relève de la solidarité nationale.

Ceci impliquerait l'activation du fonds de calamités agricoles créé par « la loi des finances de 1987 ». Actuellement (juin 2010) il n'est pas opérationnel. Pour ce faire, il est proposé au préalable de reprendre son texte de création en l'inscrivant dans une approche globale de gestion des risques climatiques.

Dans ce cadre assurantiel, il est tout indiqué d'élaborer un plan d'action « gestion des aléas climatiques » et de mettre en place un comité de suivi permanent qui aurait pour mission d'assurer une veille en temps réel des évolutions de la ressource en eau.

Ce comité doit être actif surtout pendant les périodes difficiles, mais sans négliger les périodes favorables. Il pourrait aussi avoir pour mission de valoriser les travaux de recherche menés dans les domaines de l'hydrologie, l'agronomie, la pédologie, la bioclimatologie, ... et en faire la base de son plan d'action.

Ainsi, il est important d'asseoir, au cours des prochaines années, ce système de gestion opérationnel des risques climatiques doté d'une base de données actualisée en permanence et d'outils d'aide à la décision stratégique.

5. LA SECURITE HYDRIQUE :

La sécurité hydrique du pays est le souci majeur de la présente étude et la raison première de son élaboration.

Tout au long des quatre chapitres précédents, la sécurité hydrique se trouve en filigrane des problématiques, des orientations, des stratégies et des propositions préconisées. Il n'y a donc pas lieu de les reprendre dans ce chapitre.

Toutefois une composante majeure de la sécurité hydrique est représentée par la sécurité hydraulique, celle qui concerne les eaux de surface et des nappes souterraines. Il est réservé ci-après, à cette partie de longs développements ainsi qu'à d'autres aspects de la sécurité qui n'ont pas été abordés dans les précédents chapitres.

5.1. Les composants de la sécurité hydraulique :

- Le système de mobilisation des eaux de surface (30 grands barrages en opération, 40 petits barrages, 700 lacs collinaires)¹² mobilisant au total en année moyenne 1,8 milliards de m³/an sur une capacité nominale de 2.7 milliards m³/an.

Certains de ces barrages ont été réalisés avant l'indépendance du pays et devront être réaménagés pour assurer leur sécurité et/ou leur fonctionnalité. D'autres plus récents, sont mal adaptés pour être intégrés avec efficacité dans le système hydraulique national et devront donc être aménagés à cet effet.

Le transport en sédiments par le réseau hydrographique du bassin versant dû à l'érosion réduit avec le temps la capacité des barrages. Le taux d'envasement annuel des retenues des barrages est estimé entre 0,5 et 1,0 mm/an d'épaisseur de la surface du bassin versant. Le dégagement périodique des ouvrages de prise est nécessaire par l'installation, dans certains cas, de dragues suceuses qui dégagent les prises d'une façon continue.

Afin d'augmenter la durée de vie des barrages qui est de 50 ans en moyenne environ en Tunisie, il convient de surélever la structure de retenue et de protéger le bassin versant contre l'érosion en couvrant les parties trop en pente par de la végétation permanente, et par la pratique des cultures en terrasses selon les courbes à niveau.

¹² Etat de 2010.

- Les systèmes aquifères phréatiques et profonds (500 nappes et 30 puits injecteurs)¹³.

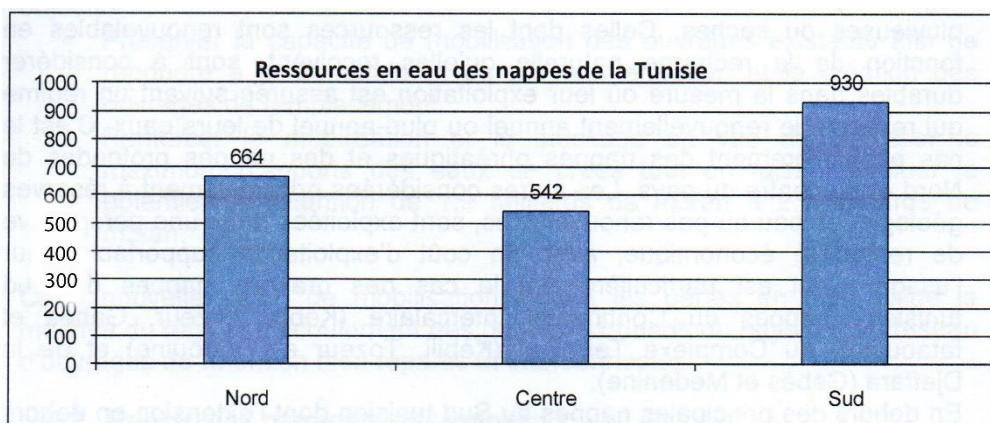
Les caractéristiques générales de ces systèmes se présentent comme suit :

Le Nord du pays renferme des nappes alluvionnaires à faible profondeur et dont les ressources sont pour l'essentiel renouvelable (Mateur, Sejnane, Nefza, Ras Jebel...).

Le Centre du pays renferme des systèmes aquifères phréatiques (50m de profondeur) surmontant d'autres plus profonds (>100 m) et dont les ressources sont renouvelables (Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, Meknessy, Gafsa).

Le Sud du pays renferme des systèmes aquifères profonds (>800 m) dont l'extension déborde les frontières du pays et dont les ressources sont très peu renouvelables (Tozeur, Kebili, Gabès, Médenine et Tataouine).

Le volume total exploité à partir des nappes phréatiques était de 810 millions de m³/an en 2005 avec plus de 100.000 puits équipés. Le volume total exploité à partir des nappes profondes était de 1450 milliards de m³/an en 2005 avec 7000 forages équipés.



(Horchani et al)

¹³ Etat de 2010.

- Les Unités de dessalement :

Elles sont au nombre de sept unités¹⁴. Elles totalisent une capacité d'environ 140.000m³/j soit plus de 50 millions de m³/an.

Cette dernière source de mobilisation est appelée à se développer sérieusement là où la disponibilité en eau est faible et ne répond pas à la demande en quantité et/ou en qualité, en particulier le long des côtes orientales du pays à partir de l'eau de mer (30gr/l) ; au Centre et au Sud du pays à partir des lacs ou des nappes souterraines (5 à 10gr/l) alimentées par des oueds à eaux saumâtres (El Hatab, Melah, Fessi et Ouadrane). L'eau saumâtre peut provenir aussi de certaines nappes aquifères surexploitées qui voient de ce fait leurs eaux devenir de plus en plus salées (nappes du Sahel, du Sud et du Centre par endroits).

- Les Unités de traitement d'eau usée :

Elles sont au nombre de 120 unités. Cette source devient de plus en plus abondante à mesure que les petites agglomérations deviennent des villes et ces dernières deviennent des métropoles et à mesure que le niveau de vie des populations monte et le pays s'industrialise et l'environnement devient plus exigeant.

- Le stockage stratégique en surface et en profondeur (réserve sécheresse et réserve stratégique d'eau potable) :

Cette opération permet de réalimenter artificiellement les nappes souterraines phréatiques et profondes, éviter leur épuisement, leur salinisation et réduire leurs coûts de pompage. En outre, elle permet de conserver à l'intérieur du pays les eaux des crues qui autrement, rejoignent la mer ou aboutissent dans des Sebkhah où elles s'évaporent dans l'air. Elle permet en fin de constituer une réserve stratégique d'eau potable en cas de graves pénuries naturelles ou accidentelles affectant l'usage des eaux de surface des barrages (pollution chimique, bactériologique ou radioactive).

- L'équilibre hydrique régional par les transferts (voir paragraphe 6.2.).
- La protection du système de mobilisation des eaux de surface contre la pollution accidentelle ou provoquée, (vandalisme ou actes terroristes) (voir paragraphe 5.4.5.).

¹⁴ Etat 2019.

5.2. Les déterminants de la sécurité hydraulique :

- La performance des ouvrages du système de mobilisation
- Le comportement hydraulique des nappes souterraines.
- La maîtrise technologique du dessalement, de la recharge artificielle des nappes, de la prévention de l'envasement et celle du désenvasement des barrages, de l'épuration au 3ème degré des eaux usées, de la modélisation des paramètres climato-hydro-géologiques.
- La gestion coopérative des eaux frontalières.

5.3. Problématiques et enjeux :

Le système hydraulique de la Tunisie intègre des technologies diversifiées hautement qualifiées et exploite des ressources en eau de différentes natures et qualités. Ces ressources présentent un régime naturel entaché d'une irrégularité excessive ; ce qui impose, pour la sécurisation de la mobilisation, le surdimensionnement de l'infrastructure, sa gestion optimale et la prise en considération des phénomènes extrêmes. Ainsi, il est donc primordial que ce système soit muni contre toute vulnérabilité immanente qui expose les utilisateurs aux différents risques d'approvisionnement liés à la pérennité de la ressource, à sa qualité et sa salubrité ou à la réduction des performances des systèmes. La gestion des risques devient ainsi primordiale afin d'assurer la fiabilité du fonctionnement de ces systèmes et de leur état de sécurité physique et sanitaire.

L'objectif de la sécurité hydraulique est donc d'atténuer ou de circonscrire les impacts négatifs de la sécheresse, des crues, de la variabilité du régime hydrologique, de l'érosion, de la pollution, de l'obsolescence des installations et ouvrages, du changement climatique et des dysfonctionnements conjoncturels ou accidentels naturels ou provoqués des systèmes.

5.4. Orientations et stratégies :

Les principales orientations stratégiques nécessaires pour assurer la sécurité hydraulique du pays concernent en particulier les domaines suivants :

5.4.1. La gestion de la sécheresse :

La sécheresse est fréquente en Tunisie, en général deux années sur six. Cette variabilité des cycles climatiques provoque d'une façon erratique, des modifications du niveau de la production agricole et affecte les stocks en eau des

retenues des barrages et les réserves en eau souterraine des nappes. Les secteurs les plus sévèrement touchés seront alors, dans les zones rurales, l'élevage, l'irrigation et les céréales. Cela peut impliquer des changements profonds quant à la manière de répondre à la problématique de la demande en eau potable/eau agricole. C'est pourquoi, au cours des prochaines décennies et à l'horizon 2050, la capacité du pays à prendre des mesures de protection contre la sécheresse, est appelée à s'améliorer particulièrement par la densification des infrastructures de mobilisation. L'efficacité des moyens mis en place, dépendra cependant, de la disponibilité de l'information hydrologique et hydrogéologique, de son traitement rapide en vue de la prise de décision pour la gestion des stocks en eau et de la planification optimale de l'affectation de la ressource afin de répondre aux priorités des besoins en eau, selon les cas dans les différentes régions du pays.

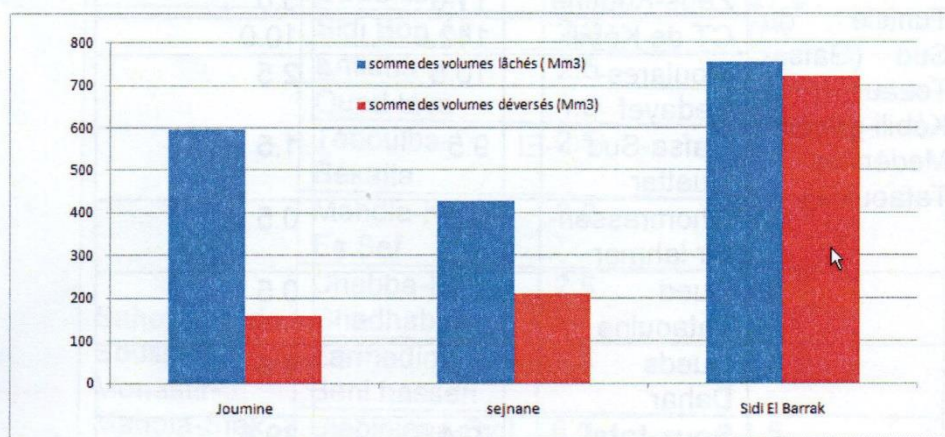
Il est prévu par exemple que les changements climatiques provoqueraient dans le sud et sud-est du pays une augmentation de température d'environ 1,5 à 2°C. Ce qui entraînera une augmentation de l'évaporation qui, à son tour provoque une diminution de l'humidité du sol et donc un effet sécheresse prononcé. A cet égard, la réserve sécheresse actuelle de 600 millions de m³ maintenus par la Tunisie dans les barrages pour amortir l'effet de deux années consécutives de sécheresse doit augmenter d'ici 2050 pour avoisiner un milliard de m³ entre eau de surface et eau de stockage souterraine.

5.4.2. La gestion des crues ordinaires :

Les crues permettent de reconstituer le stock en eau des barrages et la recharge naturelle des nappes souterraines. Quand elles sont violentes, ces crues causent de graves dégâts matériels et humains. A côté de ces dégâts, le pays perd des quantités énormes de sols fertiles par l'érosion et d'eau de ruissellement qui doivent rejoindre la mer ou les sebkhas faute de capacité de rétention des barrages, ou des fois, par des « lâchers » volontaires pour la sécurité des ouvrages et des populations en aval. Afin de diminuer l'impact négatif des crues, l'on doit augmenter la capacité des retenues, en construisant d'autres sur les cours d'eau secondaires et en aménageant des retenues temporaires spéciales proches des grandes nappes aquifères du pays aux fins de leur recharge artificielle. Cela constitue la meilleure façon de maîtriser les crues et protéger à la fois les populations. Les déviations vers la mer des eaux des crues par des canaux spécialement aménagés à cet effet, actuellement pratiquées est une erreur de gestion des crues et ne constitue pas la solution adéquate pour protéger les zones inondables. La solution se trouve dans les retenues en amont. Elle doit par conséquent être reconsidérée sérieusement.

Les lâchers des barrages sont une autre erreur de gestion des crues. Le diagramme ci-après montre que pendant certaines saisons humides, les quantités lâchées sont égales ou supérieures aux quantités accumulées dans les barrages et de loin supérieures aux quantités allouées pour l'agriculture. Ces pertes énormes doivent être évitées en transférant ces eaux vers les régions à déficit hydrique pour être injectées dans les nappes phréatiques et profondes du littoral, du centre et du sud du pays.

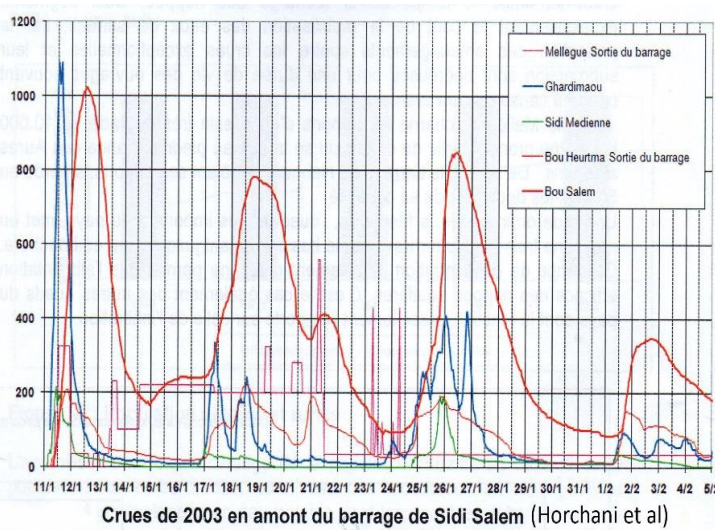
Stock lâchers et déversées des barrages de Medjerda



5.4.3 La mobilisation des eaux des grandes crues exceptionnelles :

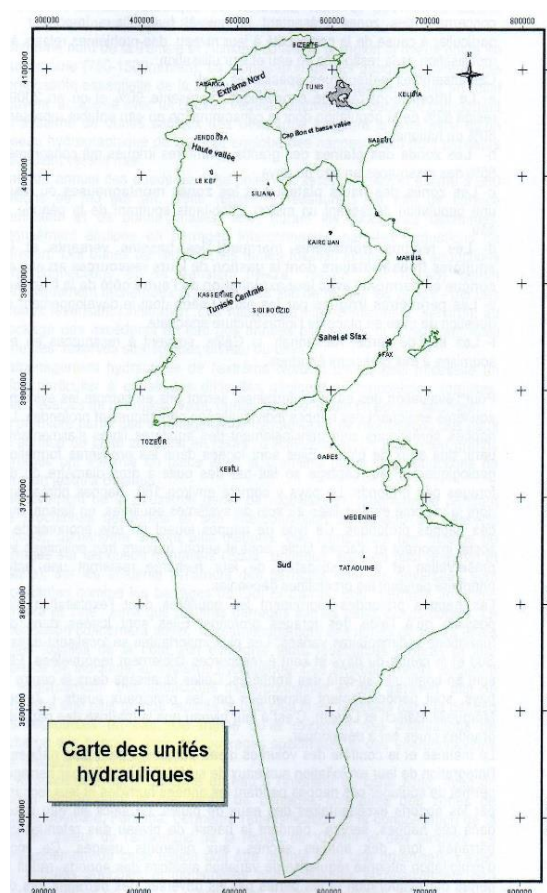
Les grandes crues exceptionnelles ne sont pas rares en Tunisie. Elle en a connu en 1969, en 2003... 2019. Chaque fois se sont des quantités gigantesques qui sont déversées dans la mer. Or, leur mobilisation, du moins en partie est possible et doit faire partie des objectifs majeurs de la politique de sécurité hydrique du pays.

La mobilisation de ces eaux devra être faite de plusieurs manières : par l'augmentation de la capacité propre des barrages, par l'adjonction d'autres barrages à l'amont sur les affluents, ou par l'aménagement de retenues spéciales temporaires destinées à collecter ces eaux afin de leur injection dans les



nappes souterraines du voisinage.

Les contraintes topographiques, géologiques, techniques, et souvent financières ont précédemment limités le niveau de la retenue des barrages et par conséquence, leur capacité de stockage. De plus, ces barrages ont été planifiés de façon à être indépendants et ne sont donc pas interconnectés pour fonctionner en complémentarité c'est-à-dire se seconder en cas de surcapacité ou de déficit de capacité. Leur intégration à toutes les unités hydrauliques du pays, par l'augmentation de la capacité de stockage, l'homogénéisation de la qualité chimique des eaux et la réalisation d'axes de transfert entre eux et les zones de besoins, permettra de mobiliser d'une façon plus économique, une part importante des apports des crues exceptionnelles qui autrement ruisselleront vers la mer. Ceci pose le problème de la gestion intégrale de toutes les unités hydrauliques du pays. Elles sont adoptées pour répondre aux besoins spécifiques dictés par le dynamisme propre à chaque région. Leur interconnexion est fondamentale pour la gestion des grandes crues à l'échelle du pays.



Les unités hydrauliques de la Tunisie (Horchani et al)

5.4.4. La gestion de l'érosion :

Le régime des pluies est caractérisé en Tunisie par son caractère orageux et sa grande variabilité mais aussi par ses violentes précipitations qui produisent un ruissellement rapide et violent entraînant une érosion excessive du sol. Les grands torrents déposent suite aux crues, une énorme quantité d'alluvions rabotés des hauteurs ou scalpés des berges du lit. Ces dépôts s'accumulent dans les retenues des barrages. Ils contribuent ainsi à réduire la durée de vie de ces ouvrages par comblement de même que leur capacité à maîtriser les grandes crues.

A titre d'exemple, avec le maintien du rythme actuel d'érosion sur la Mejerda, le barrage de Sidi Salem, sera envasé à 40% en 2030 et à 57% en 2050. Celui de Sidi Saad sera envasé à 67% en 2030 et à 95% en 2050. Le tableau ci-après indique la situation d'envasement prévisionnel pour chacun des grands barrages du pays aux horizons 2030/2050.

Capacité utile des barrages 2030-2050(Horchani et al)

Nom du barrage et date bathymétrie	Date mise en eau	Capacité mise en eau	Envasement/an (Mm3)	Capacité utile (Mm3)			Envasement (Mm3)		% Envasement	
				2010	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Mellègue (2000)	1954	182,2	2,81	22	0	0	Envasé	Envasé	100	100
Ben Mtir	1954	61,6	0,2	51	47	43	15	19	24	31
Kasseb	1968	81,8	0,2	74	70	66	12	16	14	20
Sidi Salem (2006)	1981	814	6,84	623	486	349	328	465	40	57
Bouheurtma	1976	117,5	0,2	111	107	103	11	15	10	12
Joumin (2000)	1983	130	0,36	121	113	106	17	24	13	18
Ghezala	1984	11,7	0,02	11	11	10	1	1	8	11
Siliana (2003)	1987	70	1,06	47	25	4	45	66	64	94
Lakhmess (2000)	1966	8,22	0,03	7	6	5	2	2	25	30
Bir Mcherga (2002)	1971	53	0,36	39	32	25	21	28	40	53
Nebhana (2002)	1965	86,5	0,64	58	46	33	41	54	48	62
Sidi Saad (2000)	1981	209	2,91	89	69	11	140	198	67	95
Haoureb (2002)	1989	95,3	1,33	73	42	16	53	80	56	84
Bezirk	1959	6,5	0,02	6	5	4	1	2	15	28
Chiba (2008)	1963	6,3	0,06	6	2	1	4	5	63	82
Masri	1968	6,9	0,04	5	4	3	2	3	30	47
Lebna (2003)	1986	30,1	0,37	20	14	7	16	23	53	77

L'intervention par des travaux CES (conservation des eaux et des sols) et par la multiplication des couverts végétaux antiérosifs dans les bassins versants diminue l'érosion, réduit l'ampleur de l'envasement des barrages et contribue plus efficacement à réduire l'ampleur des crues.

On retrouve ici l'importance des recommandations concernant l'agriculture pluviale, portant sur les aménagements hydrauliques les concernant, de même que les interventions au niveau des sols et de la sélection des plants adaptés, le tout afin de retenir plus d'eau sur la parcelle et augmenter l'absorption et l'efficacité de cette agriculture.

5.4.5. La réhabilitation et la modernisation des ouvrages hydrauliques :

Les ouvrages hydrauliques réalisés avant l'indépendance du pays et au cours des premiers plans de développement économique du pays ont atteint / ou atteindront la limite de leur âge (environ 50 ans) de fonctionnement et devront être remplacés ou réhabilités durant les prochaines décennies.

Cette réhabilitation concerne l'entretien des ouvrages, la surélévation de leur bâti, le désenvasement de leur retenue et la protection de leur bassin versant contre l'érosion.

5.4.6. La recharge artificielle des nappes et le stockage souterrain de l'eau :

La recharge artificielle des nappes souterraines permet de mieux moduler la répartition dans le temps et dans l'espace des apports en eaux de surface et particulièrement celles des crues, en même temps qu'elle permet de remédier aux méfaits de la surexploitation de ces entités naturelles qui deviennent de plus en plus salées à mesure de leur épuisement. Cette opération menée selon les règles de l'art assurera une meilleure gestion des nappes aquifères du pays, tant pour la correction de la qualité de leurs eaux que pour la limitation des baisses du niveau de l'eau de la nappe dans les puits d'exploitation. Elle permet également une meilleure préservation des eaux contre l'évaporation. De même elle permet la constitution de stocks stratégiques de sécurité plus sûre, que les réserves en surface, en particulier en cas de sécheresse ou de besoin en eau potable ; en particulier si les eaux de surface viennent à être polluées accidentellement ou provoquées chimiquement, biologiquement ou par des produits radioactifs. Ce stockage relève donc de la haute sécurité nationale au même titre que la sécurité physique de l'Etat et des personnes.

5.4.7. La lutte contre les pertes d'eau physique et par évaporation :

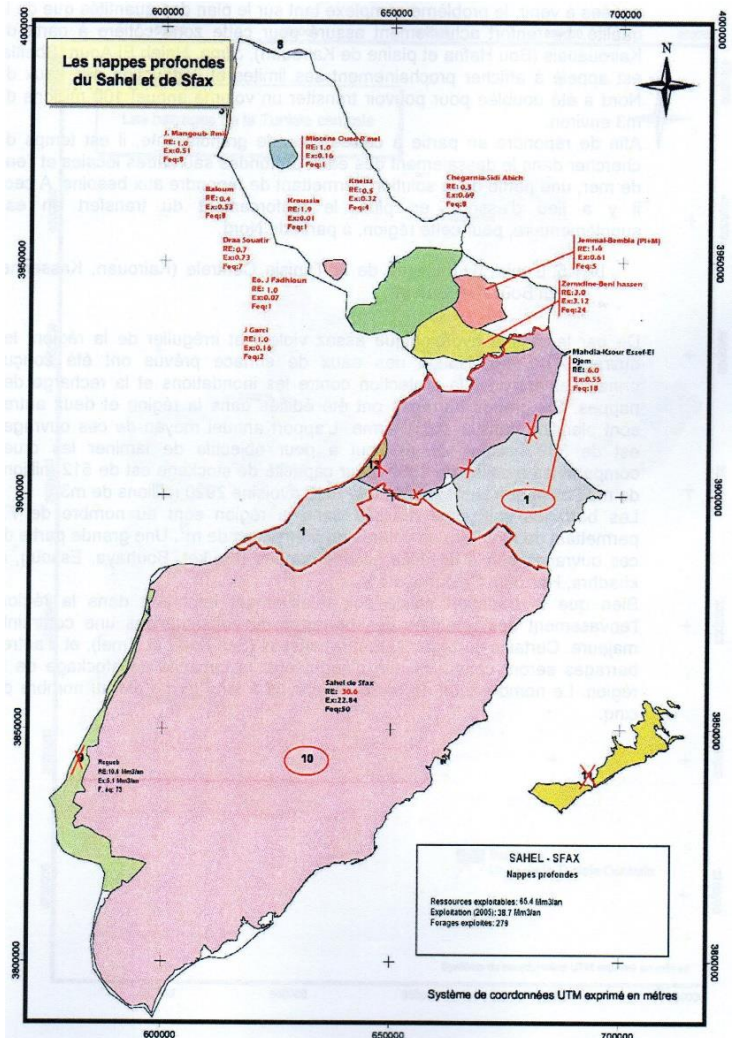
Durant le stockage des eaux dans les retenues des barrages, une partie de l'ordre de 1% des apports est perdue à cause des fuites à travers les appuis et sous la digue et une partie plus importante du stock s'évapore. Cette dernière est équivalente à **une tranche d'eau de l'ordre d'un mètre d'épaisseur de la surface des retenues importantes**. Plusieurs tentatives ont été effectuées à travers le monde, pour diminuer ce volume évaporé (protection par film liquide, par feuille de plastique), mais dont l'efficacité s'est avérée limitée à cause du vent.

A titre d'exemple, la lame d'eau évaporée dans la retenue du barrage de Sidi Saad est de l'ordre de 1,579 m (soit en moyenne 12 millions de m³/an. Celle évaporée dans la retenue du barrage El Houareb est de 1,626 m (soit 2 millions de m³/an). **Extrapolé à tous les barrages et lacs collinaires le volume d'évaporation peut représenter entre 150 et 200 millions de m³/an. Cela soulève l'effet sur/et l'efficience de la réserve sécheresse d'environ 600 millions de m³ retenue en permanence dans les barrages de même que sur les volumes non utilisés dans les barrages en sus de la réserve sécheresse dont une grande partie se perd donc par évaporation chaque année. De là apparait l'importance cruciale du stockage souterrain par la recharge artificielle à grande échelle comme développé précédemment.**

Une façon de limiter ces pertes par évaporation, consiste à limiter le temps de séjour de l'eau dans les barrages, soit par une utilisation directe sur place en recourant à des cultures à maturation rapide, soit par l'injection du stock non utilisé dans les nappes aquifères qui s'y prêtent, proches ou lointaines, soit enfin en transférant l'eau non utilisée vers des barrages où l'évaporation est moindre. Cela implique la mise en place des politiques sectorielles adaptées aux possibilités hydriques de chaque unité hydraulique du pays.

Dans le centre du pays, l'évaporation est intense comme c'est le cas au niveau des barrages de sidi Aïch, sidi Saad, el Houareb, Sficifa, el Breck, Baïech, Kanguet Zazia. Ces barrages essentiellement conçus pour la recharge naturelle des nappes peuvent servir également pour la recharge artificielle. Les apports des crues centennales des principaux cours d'eau de leurs régions sont en mesure d'être valorisés à l'aide de la recharge naturelle et artificielle des nappes se trouvant à leur proximité.

Ainsi, la reconversion de l'irrigation directe à partir de ces barrages en une irrigation à partir des nappes rechargées à l'aval par lâchers planifiés, ou par injection permettra de gagner un grand pourcentage de ce volume évaporé.



(Horchani et al)

5.4.8. La gestion de l'envasement des barrages (Voir tableau p.50)

La gestion de l'envasement des retenues des barrages, par le contrôle de l'érosion dans le bassin versant ou par le désenvasement hydraulique ou mécanique permet de conserver leur capacité de rétention et donc de limiter le ruissellement de l'eau pluviale vers la mer et les zones inondables et préserver du même coup leur performance. Le système de transfert de barrage à barrage permet de vider les retenues pendant l'été et de les désenvaser mécaniquement ne serait-ce qu'en partie chaque fois. Cela augmentera leur capacité de rétention et leur vie et les limons dégagés peuvent fertiliser les sols pauvres pour l'agriculture ou pour la stabilisation des terrains en pente des bassins versants par plus de couvert végétal.

La réhabilitation doit donc constituer un des objectifs majeurs de la recherche expérimentale, sous forme de thèses de diplômes et de doctorats et sous forme d'essai et d'application sur des échantillons de barrages et de lacs collinaires afin

de développer un savoir-faire, une technologie propre à l'environnement tunisien. Sur le long terme cette orientation est capitale.

5.4.9. La gestion des changements climatiques :

Toutes les prévisions concernant ces changements sont concordantes sur les menaces susceptibles d'affecter d'une manière grave les ressources en eau. Ces prévisions mettent l'accent sur les perturbations qui affecteront le régime des pluies en quantité, en violence et en régularité. L'étude du Ministère de l'agriculture (2007) estime que l'augmentation annuelle de la température serait de 1,1 °C en 2030 et 2°C en 2050 ; ce qui augmenterait la fréquence des années de sécheresse et l'intensité de l'évaporation. Ceci pourrait impliquer la révision de la demande en eau ainsi que celle de certaines activités agricoles. Car comme dit plus haut une diminution de 28% des disponibilités en eau, nécessitera une nouvelle répartition des quantités d'eau allouées entre les secteurs utilisateurs. Les conséquences en seraient :

- Le partage de l'eau entre les différents usages (y compris les écosystèmes).
- Le partage de l'eau entre les régions.
- Le traitement massif et poussé des eaux usées.
- Le recours au dessalement de l'eau de mer, et saumâtre à grande échelle.
- La nécessaire révision de la tarification de l'eau pour tous les usages.

5.4.10. La gestion coopérative des eaux frontalières :

La gestion des eaux transfrontalières concerne plusieurs oueds dont les bassins versants sont partagés avec l'Algérie ainsi que les nappes sahariennes dont l'extension est commune à la Tunisie, l'Algérie et la Libye. La gestion des ressources en eau de ces entités, se réfère aux accords entre la Tunisie et ses deux voisins et elle se fait dans le cadre de la concertation et de l'échange de l'information, chaque partie se préservant toutefois la souveraineté de la décision.

En effet, pour les causes de surface, l'Algérie a programmé la réalisation de deux nouveaux barrages sur la Medjerda à Ghenam et à Jerda en vue de transférer leurs eaux en plus de celles du barrage de Ain Dalia situé à l'amont de Souk Ahras. Cinq autres barrages sont programmés sur le Mellègue, le premier sera juste sur le Mellègue avant son entrée en Tunisie à proximité de la frontière, le deuxième à l'Aouinate, le troisième à Berkoussette, le quatrième à Meskiana, et le dernier à Ras Zabbar en amont du Mellègue. Un autre barrage est actuellement en construction à proximité de la frontière, sur l'oued Saf Saf qui est à l'amont de l'oued Baiech. Avec ce programme de barrages à édifier, l'Algérie projette de dériver la totalité des eaux de surface passant en Tunisie.

De son côté, la Tunisie réalise son propre programme de barrages sur les oueds venant de son territoire et se déversant en Algérie. Au total 4 barrages qui ne compensent qu'en partie les eaux interceptées par l'Algérie et se déversant en Tunisie.

Ces pratiques égoïstes des deux côtés ne sont pas, à notre avis, conformes aux « bonnes pratiques » de bon voisinage ni même à la doctrine dominante (mais non exclusive) en droit et un arbitrage internationaux d'aujourd'hui et qui est liée à la notion de bassin intégré et de gestion commune des eaux¹⁵. Elles auraient dû respecter la nature et les rapports de bon voisinage et la volonté commune de développer les régions frontalières pour le bien des deux pays. En particulier, cette pratique peut causer de graves dommages, voire même de graves catastrophes à l'un et à l'autre des pays en cas de lâchers brutales et soudaines des eaux des barrages lors des crues exceptionnelles et aucune des deux parties n'est préparée pour les recevoir dans son système hydrographique, à moins d'un système d'alerte bien programmé et rigoureusement respecté. Ce système doit être mis en place.

5.5. Les propositions :

38) L'extrême nord du pays constitue le château d'eau de la Tunisie et le réservoir national d'eau potable (qualité inférieure à 1g/l). Il y tombe entre 750 et 1500 mm/an de pluie. **La mobilisation de la totalité de ses apports devra constituer une composante essentielle de la stratégie nationale et de la sécurité du pays en eau potable.**

Il est par conséquent proposé d'accorder une attention spéciale aux potentialités hydriques de cette zone afin de l'équiper intensément de barrages de toutes tailles afin d'intercepter tout l'apport annuel estimé à plus de 960 millions de m³/an soit un peu plus que le 1/3 de l'apport annuel total du pays en eau de ruissellement¹⁶. Il faudra également profiter des crues fréquentes (cf. hiver 2019) dans la zone pour recharger les nappes de la région afin de limiter les pertes vers la mer. Il faudra enfin préserver la zone contre la pollution d'origine industrielle (tels phosphate et autres), de décharge publique ou d'usage de produits chimiques nocifs et donc baser le développement économique de cette zone sur un développement durablement propre. **Le château d'eau du nord rime avec haute sécurité hydrique nationale.**

¹⁵ Aymeric Chauprade (Ouvrage : Géopolitique, section la guerre de l'eau p.643 et 661).

¹⁶ Confère le cas de l'hiver 2019. Près de 1 milliards de m³ /an d'eau fraîche à - de 1 gr/l alors que le reste de pays consomme une eau entre 2 et 2,5 gr/l : cela est donc à prendre en considération.

39) La sécheresse est le phénomène récurrent naturel le plus grave à craindre. La vulnérabilité du pays en est grande et ses impacts négatifs et pénibles sont inscrits dans la mémoire collective des tunisiens. En vue de gérer ses méfaits, il est préconisé, outre la constitution de la réserve sécheresse de 0,6 (ou plus)¹⁷ milliards de m³ dans les barrages, de renforcer cette réserve par la lutte contre les pertes, l'économie dans l'usage de l'eau et de faire de celle-ci une priorité nationale. Il est de même préconisé de favoriser le stockage de l'eau dans le sol par un labour profond et par l'aménagement de retenues d'eau pluviale (CES), de procéder au stockage souterrain des eaux des crues (200 à 300 millions de m³/an) par la recharge des nappes et au transfert rapide de ces eaux des crues par l'interconnexion des barrages (de tous les barrages). **Celle-ci doit constituer l'une des pièces maîtresses de la politique de sécurité hydrique nationale du pays.**

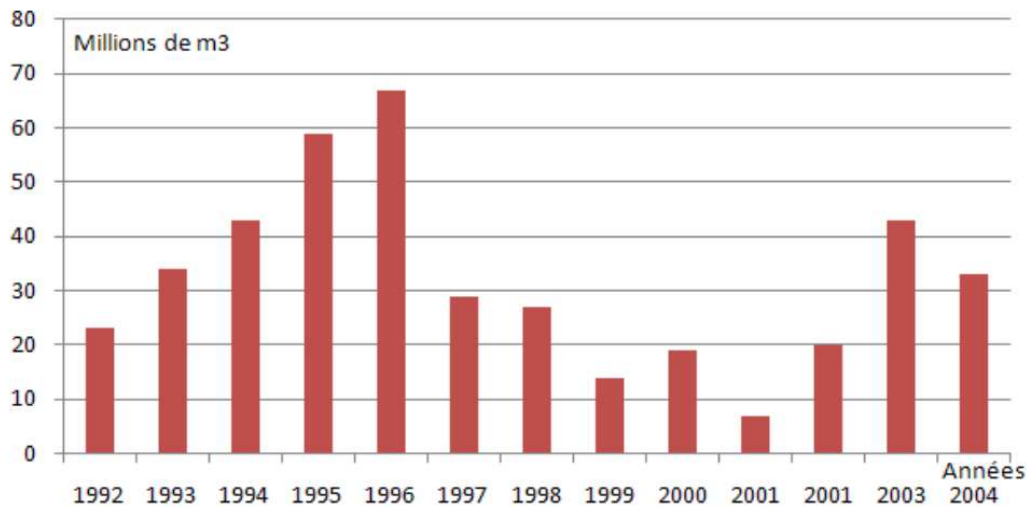
40) Le stockage souterrain de l'excédent en eau des crues par la recharge artificielle constitue un des aspects les plus importants pour améliorer la maîtrise des eaux de surface. Commencée en 1992, dans les lits des oueds et pratiquée sur une échelle plutôt expérimentale depuis 30 ans, la recharge artificielle n'a pas connu l'expansion qu'elle mérite.

La mise en évidence de son rôle substantiel dans la mobilisation des eaux de surface et la constitution de réserves stratégiques de sécurité et partant la nécessité de la reprendre à une plus grande échelle constitue une autre innovation de l'étude eau 2050. Cette pratique doit constituer l'autre pièce maîtresse de la politique nationale de sécurité hydrique.

¹⁷ A augmenter à 800 millions m³/an d'ici 2050.

***Volume de recharge des nappes de Tunisie (1992-2004)
(Essentiellement par recharge naturelle) (Horchani et al)***

Volumes de recharge des nappes de Tunisie (1992-2004)

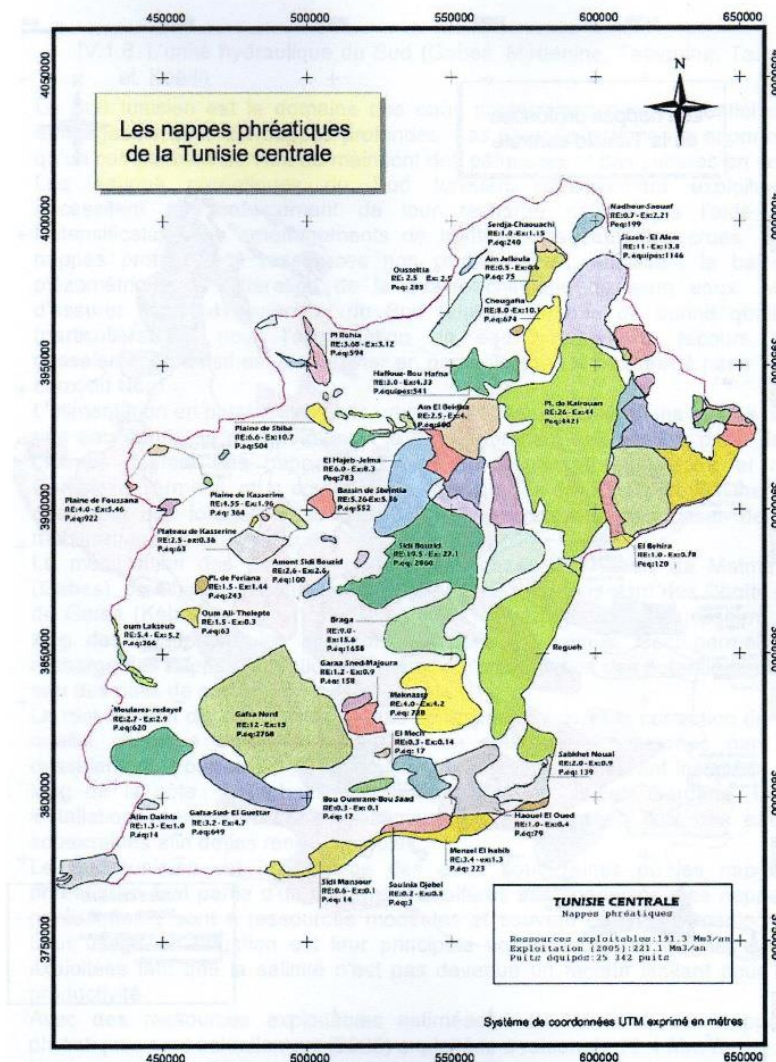


La prépondérance des nappes phréatiques et profondes et la grande capacité d’emmagasinement des principaux systèmes aquifères (profonds en particuliers) les prédisposent au stockage de grandes quantités d’eau surtout pour les nappes surexploitées qui disposent, de ce fait, d’un grand vacuum à remplir. Ce vacuum doit être considéré comme une richesse naturelle nationale importante à valoriser.

A cette fin, il est nécessaire de procéder au :

- Démarrage de la recharge artificielle à grande échelle, dans le cadre d’un programme national appuyé par des études techniques, scientifiques et expérimentales à cet effet.
- L’identification au niveau de chaque région naturelle (unité hydraulique), des principales nappes qui se prêtent le plus favorablement à la technique de recharge artificielle et prévoir leur raccordement aux ouvrages de stockage des eaux de surface (en cas de lâchers) et à ceux des crues spécialement construits et aménagés à cette fin.
- La conclusion d’un partenariat technologique avec le milieu pétrolier national qui utilise, maîtrise et développe avec succès la technologie de l’injection depuis de très longues années. Il s’agit pour cela de lever le cloisonnement entre les secteurs de l’eau et du pétrole en tenant compte de quelques particularités de confidentialité propres aux pétroliers et rendre obligatoire ce partenariat. Le grand savoir-faire des pétroliers, en théorie et en pratique, ne doit pas se perdre avec la fin de l’activité de récupération du pétrole dans un champ donné de

production. Ceci est particulièrement vrai au cas où la Tunisie entame l'exploitation du pétrole et du gaz dit de schistes.



Les nappes phréatiques de l'unité hydraulique de la Tunisie centrale (Horchani et al)

- 41) Les ouvrages hydrauliques, qu'ils soient barrages, lacs collinaires, adductions d'eau, réseaux de distribution, stations de traitement d'eau potable, forages profonds etc... se dégradent avec le temps ou deviennent obsolètes. Il s'agit de les réhabiliter constamment, de les moderniser progressivement afin de les maintenir constamment en état de bon fonctionnement. Il s'agit également d'assurer la sécurité physique des ouvrages contre les actes de vandalisme ou de terrorisme biologique, chimique ou radioactif. **Cela devra être un objectif majeur de toute gestion optimale du secteur de l'eau et de la sécurité hydrique du pays.**

- 42) Le secteur hydraulique de la Tunisie se caractérise par la rareté de la ressource et la diversité de ses origines. Cette diversité engendre celle des technologies utilisées

pour sa mobilisation et pour sa production. Il est donc préconisé la nécessaire maîtrise parfaite des technologies adoptées et adaptées de même que la maîtrise des innovations à introduire aussi bien pour la mobilisation, le transfert et la préservation (recharge artificielle et lutte contre l'évaporation...) de la ressource que pour sa production par le dessalement ou le traitement des eaux usées. **La gestion de la veille technologique est fondamentale pour assurer la sécurité hydrique du pays.** Il est également fondamental d'institutionnaliser la technologie de l'eau par la création d'un Institut spécialisé, par l'intensification de la recherche scientifique et le patronage de thèses de diplômés et de doctorats.

- 43) Les changements climatiques deviennent de plus en plus une réalité palpable dans plusieurs endroits du monde. La Tunisie serait parmi les pays qui seront sévèrement touchés, peut-être moins par la réduction quantitative de la pluviométrie que par son irrégularité et sa fluctuation entre des extrêmes. Il convient donc de se préparer à « **gérer les extrêmes** » : **crues exceptionnelles et sécheresse prolongée, chaleur extrême et froid excessif, vent violent et tempêtes de sable et mer ultra houleuse.**

A cet effet, il est proposé de « valoriser » les crues exceptionnelles en aménageant des ouvrages de rétention spécifiques à cet effet, proches des grandes nappes souterraines du Cap Bon, du Sahel, de Sfax du centre et du sud du pays afin de recharger ces nappes à partir des eaux de ces crues et constituer ainsi un « **stockage de haute sécurité** » sûr, protégé contre l'évaporation et toujours disponible pour prendre le relais des eaux de surface en cas de nécessité impérieuse (sécheresse, catastrophe biologique, chimique ou nucléaire) aussi bien pour l'agriculture que pour l'approvisionnement en eau potable.

- 44) Les technologies évoluent et le dessalement économique par l'énergie solaire est prévisible pour les années à venir. La Tunisie doit se **lancer fermement** sur la voie des énergies renouvelables (solaire et éolien) et entrer de plein pied dans la « **Civilisation de l'Electricité** » **annoncée pour le monde entier.**

Il est proposé qu'elle se lance avec la même vigueur et détermination sur la voie du dessalement intensif par l'énergie solaire directe ou à travers l'électrolyse par l'électricité renouvelable et d'engager de suite des projets d'envergure, à l'échelle industrielle à cet effet et s'approprier la technologie y est relative.

45) La recherche et développement dans tous les aspects qui concernent l'eau sont le passage obligé pour une sécurité hydrique nationale.

En effet, sécurité hydrique entraîne une sécurité alimentaire et sociale. Il en est de même pour l'inverse : l'insécurité. L'effort national en matière de recherche et développement devrait être orienté vers ces sécurités au même titre que celles concernant l'énergie ou la santé. Les domaines de recherche dans la sécurité hydrique sont très nombreux et peuvent mobiliser des milliers de spécialistes en activité ou à la retraite pour le traitement concret et la résolution pratique des innombrables problématiques auxquelles le secteur est confronté.

Une révision profonde de la Recherche et Développement agricole peut s'avérer nécessaire en termes de définition de mission, d'objectifs ciblés, d'organisation, de méthode de travail et de productivité. **Il est proposé d'inclure cette recherche avec des objectifs précis dans les Programmes nationaux prioritaires.**

46) La gestion des eaux frontalières est un problème grave qui ne mérite pas seulement une attention technique mais également et surtout, une attention politique. Car il en dépend non seulement les questions de quantité d'eau qui s'écoulent d'un côté ou de l'autre de la frontière, mais il y va également de la haute sécurité des populations voire même du devenir de la coopération Tunisie-Algérie.

Nous vivons, comme dit plus haut, le temps de la gestion des extrêmes climatiques. Les inondations catastrophiques au Pakistan, en Chine, en Inde, en Afrique, en Amérique, en Europe viennent nous le rappeler ostensiblement. Rien n'empêche désormais que cela se produise aussi en Tunisie et/ou en Algérie. En l'absence d'accord de coopération sur les eaux frontalières entre les deux pays (chacun fait aujourd'hui ce que bon lui semble selon ce qu'il voit comme droit souverain) et sachant que les deux pays sont en train d'édifier des chapelets de barrages de part et d'autre de la frontière sur des cours d'eau qui ont leur lit d'écoulement naturel chacun dans le pays de l'autre, l'on imagine le tort que chacun peut faire à l'autre et l'ampleur de la catastrophe qui se produirait suite à des crues exceptionnelles qui font que ces barrages lâchent ou sont volontairement « lâchés » pour des raisons de leur sécurité ou par des raisons accidentelles ou provoquées, à l'aval de ces barrages.

L'égoïsme et la courte vue mises à part, les deux pays doivent gérer leurs eaux frontalières d'une façon intégrée dans le cadre de leur volonté de coopération pour le développement de leurs zones frontalières et dans le cadre des pratiques internationales comme cité plus haut. Il y va de leurs intérêts et sécurité mutuelle.

Il est proposé par conséquent de conclure avec le voisin algérien un accord de coordination des « lâchers » et d'alerte rouge en cas de danger. Un système permanent et institutionnalisé de communication doit être mis en place par les deux parties pour s'alerter mutuellement et de ne pas détourner la totalité de leurs ressources hydriques qui s'écoulent naturellement des bassins versants de chacun d'eux vers le pays de l'autre.

6. PEUT-ON RECUPERER PLUS D'EAU PLUVIALE ?

Quelques appréciations :

Pour répondre à cette question l'on est ici dans le domaine des idées et des spéculations approximatives. Il est possible d'accepter par exemple que l'intégration des barrages dans chaque unité hydraulique par des axes de transfert locaux et régionaux peut augmenter la capacité de stockage de ces barrages et donc permet une récupération plus grandes des eaux des grandes crues qui autrement seraient perdues par ruissellement vers la mer ou par évaporation dans les dépressions fermées. Ces eaux des crues exceptionnelles sont évaluées approximativement à une moyenne de 440 million de m³/an d'eau supplémentaires qui auraient dû rester dans les retenues.

Si l'on considère en plus que l'on injecte 250 millions de m³/an dans les nappes souterraines à partir des eaux des crues exceptionnelles dans les retenus spécialement aménagées à cet effet en dehors des interconnexions entre barrages, le volume des eaux souterraines sera augmenté d'autant de m³/an.

Enfin la lutte contre l'évaporation va permettre aussi la récupération d'une partie des eaux pluviale stockée dans les barrages. Cette évaporation est estimée égale à une tranche d'eau d'un mètre d'épaisseur/an de la surface d'une retenue. La lutte contre évaporation permettrait donc d'économiser un volume d'eau estimé entre 150 et 200 millions m³/an¹⁸ soit en moyenne 175 millions m³/an.

6.1. Retour au bilan hydrique global :

Avec toutes les propositions précédentes notamment celles concernant l'agriculture pluviale, il devient possible de pouvoir améliorer l'absorption des eaux des précipitations par un rendement meilleur de l'agriculture en sec, des pâturages et des forêts. Bien évidemment il est difficile de chiffrer avec précision ces améliorations et nous ne pouvons donner que des chiffres approximatifs en l'absence d'évaluations scientifiquement fondées.

¹⁸ Estimation sur la base des volumes moyens perdus par évaporation des barrages Sidi Saad (12 millions m³/an) et El houareb (2 millions de m³/an) soit 12+2 :2x30 grands barrages=210 millions de m³/an soit une moyenne approximative autour de 175 millions de m³.

Bilan hydrique global final en 2050

	En milliards de m³	
Eau bleue	6,365	5,5 (3 ^{ème} bilan + 0,44 + 0,25 + 0,175 = 6,365)
Agriculture pluviale	8,000	(6 milliards équivalant eau aujourd'hui + 2 milliards équivalent eau avec amélioration du rendement d'ici 2050)
Foret	6	(4 milliards équivalant eau aujourd'hui + 2 milliards équivalent eau avec amélioration par forestation d'ici 2050)
Parcours	8	(6 milliards équivalant aujourd'hui + 2 milliards équivalent par transformation des sols pauvres (actuellement arbo-culture et céréale sans rendement) en parcours)
Total eau pluviale utilisés	28,3 milliards de m³/an	
Reste irrécupérable	36-28,3 = 7,7 milliards de m³/an	

Enfin en intégrant toutes les récupérations possibles on aboutit au 4^o= bilans offre stress hydrique minimal :

6.2. Quatrième bilan offre/stress hydrique minimal à l'horizon 2050

Horizon	2050
Population (millions hab)	13
- Eau bleue (milliards de m ³) (5,5 au 3 ^{ème} bilan) + 0,440 (crues excep) + 0,25 (injection) + 0,175 (lutte contre évaporation)	6,365
- Eau traitée (avec amélioration)	0,500
- Eau dessalée (à l'état actuel)	0,260
Total disponibilité (milliards m ³ /an)	7,125
Disponibilité m ³ /hab/an	548

Ce dernier bilan montre que :

Lorsque la Tunisie aura récupéré tous ce qui est possiblement récupérable des eaux de surface, usées et dessalées (à l'état actuel) elle sera en 2050 au niveau de

548 m³/an c'est-à-dire juste au-dessus du stress hydrique minimal mais encore dans l'état d'un pays à pénurie d'eau. Pour sortir de cet état et placer la Tunisie, par exemple au niveau de 700 m³/hab/an à l'horizon 2050, le recours au dessalement à grande échelle est inévitable.

6.3. Feuille de route pour le dessalement à l'horizon de 2050

Horizon temporel	2016	2030	2050
Population en milliard	10,8	12	13
Disponibilité en eau bleue	5,35	5,40	6,365
Eau traitée	0,28	0,34	0,500
Eau dessalée (à l'état actuel)	0,26	0,26	0,260 (état actuel)
Total disponibilité	5,89	5,94	7,125
Disponibilité m ³ /hab/an	545	500	548
Déficit à combler par dessalement et pour un objectif de 700 m ³ /hab/an			-145 Soit 1,88 milliard m³/an

6.4. L'équilibre hydrique régional est-il possible ?

L'équilibre hydrique régional : Un projet national du futur

Il est difficile de parler **d'équilibre hydrique** régional dans un pays qui s'étire dans le sens nord-sud sur une distance supérieure à 1000 kms traversant plusieurs zones climatiques : humide (au nord) subhumide (au centre nord), semi-aride (au centre), aride (au sud) et franchement désertiques (au Sahara). Il est également difficile de parler de cet équilibre hydrique alors que les différentes zones climatiques ci-dessus possèdent chacune leurs caractéristiques propres en terme de pluviométrie, de densité démographique d'espaces cultivables, de traditions agricoles et par conséquent de besoins spécifiques propres en eau. La notion d'équilibre hydrique doit donc prendre en considération ces caractéristiques de même que la valorisation économique de l'eau, ressources par définition rares et de quantité et de qualité forcément limitées. Et pourtant, ni la nature, ni les technologies, ni les compétences humaines en Tunisie, ne s'y opposant. Seuls la volonté politique et les moyens financiers pour mettre en œuvre ce projet sont nécessaires pour réaliser « ce rêve » de l'équilibre hydrique régional.

Il existe en Tunisie un déséquilibre patent de développement entre les régions côtières et l'intérieur du pays. Si au cours de l'histoire, l'ouverture de la Tunisie côtière sur le monde extérieur a permis un développement varié (industrie légère, services et échanges commerciaux...) les régions de l'intérieur sont restées piégées dans leurs environnements agricoles au développement limité car très largement dépendant de la disponibilité de l'eau laquelle est largement dépendante d'un régime pluviométrique aléatoire.

Pourtant en considérant l'ensemble du pays on constate qu'annuellement il y tombe une quantité importante de pluie (36 milliards de m³/an) mais une grande partie ruisselle vers la mer et une autre s'évapore. D'autre part, la Tunisie possède deux façades maritimes au nord et à l'est lui permettant de dessaler l'eau de mer à volonté.

La conclusion logique de cet état de fait conduit à déduire qu'il est possible à la Tunisie de mobiliser des disponibilités hydriques importantes à mettre au service de l'ensemble du pays et du développement régional en particulier.

Statuons tout de suite que pour l'eau potable d'une quantité et d'une qualité sanitaire adéquate est une nécessité et non un rêve pour tous les citoyens du pays.

Pour l'ensemble des besoins cet équilibre doit être assuré soit par l'eau naturelle des précipitations, soit par mixage de cette dernière avec une eau de moindre qualité, soit par mixage de cette dernière avec de l'eau dessalée à partir des eaux saumâtres ou marines.

En particulier, le littoral sahélien du Cap Bon à Médenine, aux grandes villes et agglomérations doit pouvoir satisfaire ses besoins en eaux potables à partir du mixage des eaux du nord et celles des nappes locales ou voisines rechargées à partir des eaux des crues ou dessalées sur place.

Pour l'eau agricole, il doit combler son déficit à partir des transferts des zones excédentaires du centre et du nord, du mixage des eaux de ses nappes saumâtres et de celles dessalées sur place et /ou des eaux usées traitées au niveau sanitaire exigées, ou enfin à partir de ses nappes d'eau douce rechargées par les eaux des crues locales ou transférées du centre et du nord.

Pour le sud, ses besoins en eau potable peuvent être satisfaites à partir de ses nappes phréatiques dont l'eau aura été adoucie au niveau adéquat par la recharge artificielle à partir des crues locales et par mixage avec les eaux du nord et du dessalement sur place.

Pour l'eau agricole, celle-ci doit être satisfaite en partie par les nappes phréatiques et en partie à partir des nappes profondes qui doivent servir, en premier lieu, pour pérenniser l'agriculture des différentes oasis tunisiennes et ce conformément aux accords entre les trois pays riverains des aquifères profonds. Ces oasis ou nombre de 246 environ constituent un patrimoine national culturel, social et économique. Elles servent également comme postes avancés contre la désertification et également pour la sécurité et la défense du pays.

Pour le nord et le centre, l'excédent d'eau du premier devrait suffire largement pour équilibrer le déficit du second et même le dépasser.

A l'effet de tout ce qui précède il y'a lieu de souligner que la nature géologique a doté le pays d'un grand nombre de nappes phréatiques (212) et profondes (267) à grande capacité d'absorption et d'emmagasinage surtout celles qui sont surexploitées et qui se trouvent toutes ou presque situées dans des régions de plaines à vocation agricole. Certaines de ces nappes sont saumâtres et leurs eaux peuvent « facilement » être rendues utilisables moyennement un dessalement à un cout supportable ou par mixage avec une eau douce transférée à partir des régions excédentaires.

Cette richesse nationale en nappes phréatiques et profondes appuyée par un réseau de transfert développé et par un effort soutenu de recharge artificielle des nappes à partir des crues et des lâchers de barrage et enfin par un programme de dessalement conséquent d'eau saumâtre et d'eau de mer (mettant à profit les progrès des technologies, des énergies solaires), permettra à la Tunisie d'assurer son équilibre hydrique régional et de le pérenniser.

Certes, cette entreprise est colossale en terme d'investissements. Mais nous parlons dans la présente étude des besoins en eau du pays à l'horizon de 2050. D'ici là, la Tunisie aura largement complété le développement de ses infrastructures de base tels les autoroutes, les ports et les aéroports, le chemin de fer, l'aménagement des grands centres urbains, les hôpitaux, les centres universitaires et de recherche etc...

Avec **l'achèvement** de cette infrastructure budgétivore, il lui deviendra possible d'entamer dès maintenant, et petit à petit la **réalisation du projet national de l'équilibre hydrique régional**.

Cette tache doit commencer par l'interconnexion des barrages dans chaque unité hydraulique, puis l'interconnexion des unités hydrauliques entre elles, puis l'aménagement de retenues temporaires pour la récupération des eaux des crues ordinaires et des grandes crues, puis entamer la recharge artificielle des nappes à

grande échelle, puis la réalisation des grandes stations de dessalement des eaux saumâtres et marines et enfin entamer la réalisation des réseaux de transfert des différentes sources d'eau **afin de rendre toute la ressource mobile en mesure d'être acheminée dans les régions selon les besoins, les saisons et les cultures.**

Dans cette tâche gigantesque, il est peut-être utile de penser à la contribution du secteur pétrolier du pays.

Si la Tunisie décide d'entamer l'exploitation du pétrole et gaz des roches mères (ou schiste), l'eau à injecter doit être obtenue par les compagnies à partir du dessalement et non à partir des aquifères utilisables pour l'eau potable ou pour l'agriculture. Les compagnies disposeront ou développeront donc à cet effet des techniques de dessalement et d'injection dont les coûts seront amortis au dépend des revenus de l'Etat à qui ces installations et technologies reviendront de droit. L'Etat et les régions doivent être associés dès le départ afin de partager avec les compagnies ces technologies et de pouvoir les généraliser dans le pays au service de la réalisation du projet de l'équilibre hydrique régional.

6.5. Les transferts régionaux :

L'étirement dans le sens nord-sud de la Tunisie sur plus de 1000 Km de longueur expose le pays à l'effet de plusieurs zones climatiques en termes de différences de pluviométrie de température et d'humidité atmosphérique. Cela constitue un avantage et un désavantage. Un avantage par la division du pays en 4 zones climatiques : humide et froide au nord subhumide au centre-nord, semi-aride au centre-sud et aride désertique et chaude au sud.

Cette division représente par conséquent 4 zones de saisons agricoles à termes de maturation différents. Cela constitue un avantage économique et social important ; un désavantage cependant, par l'irrégularité des précipitations dans le temps, dans l'espace et dans les volumes. La production agricole n'est pas viable de la même façon dans chacune de ces zones climatiques.

Or, l'agriculture est fondamentale pour le développement économique et social dans les régions de l'intérieur de toutes ces zones climatiques. La question est de se demander comment augmenter les avantages et diminuer les désavantages voire même comment transformer les désavantages en avantages là où la nature les a placés ; tels par exemples la production des primeurs dans les zones désertiques.

Par ailleurs, la nature physiographique a doté la Tunisie de plusieurs dépressions fermées qui se sont transformées avec le temps en sebkha salées donc en désavantages pour la production agricole à usage humain ou animal.

Ces sebkhas représentent une anomalie dans le paysage agricole du pays. Elles sont acceptables quand elles ont un rôle environnemental en tant que zone humides permanentes. Mais inacceptables quand elles servent seulement de vaporisateur d'eau douce et d'accumulateur de sédiments salés.

Elles doivent normalement disparaître du paysage physiographique du pays soit par leur transformation en terres agricoles par drainage et par aménagement hydraulique approprié, soit par leur aménagement en retenue temporaires pour collecter les eaux des crues en vue de leur transfert et injection rapide dans les nappes phréatiques et profondes du voisinage ou de l'unité hydraulique de la région. Ceci est d'autant plus nécessaire que les prévisions à long terme concernant les effets des changements climatiques laissent planer un doute sur la permanence de disponibilité des eaux de surface et prévoit, par voie de conséquence un recours de plus en plus grand aux eaux souterraines.

D'un autre côté, la géographie a doté la Tunisie d'un immense privilège naturel, d'être cernée au nord et à l'est par la mer méditerranée sur une longueur de côté avoisinant 1200km. Cet avantage gigantesque permet d'affirmer que la Tunisie n'aura jamais soif à l'avenir quels que soient les défis des changements climatiques du futur, les technologies utilisant l'énergie solaire sous toute ses formes évoluant à grande vitesse pour servir de sources d'énergie pour le dessalement.

Dans certains cas les couts du dessalement sont déjà compétitifs par rapport à ceux d'autres sources de fourniture d'eau. Le pays se développant et les technologies évoluant la Tunisie peut dessaler à volonté l'eau de mer pour assurer l'équilibre de son bilan hydrique : offre/demande.

Pour mettre en œuvre sa stratégie d'équilibre hydrique régional la Tunisie doit s'appuyer sur un système de transfert d'eau complexe mais performant. Car le transfert ne concerne pas seulement l'eau agricole et l'eau potable mais également l'eau des crues ordinaires et exceptionnelles et acheminer cette eau là où les besoins l'appellent. Cela signifie que l'ensemble des eaux du pays **deviennent mobiles** et dirigeables à volonté sur « presse bouton ». Chimérique dirait-on ? Non. Certains pays l'ont déjà réalisé ex. Israël. Pourquoi pas la Tunisie ?

7. UNE GOUVERNANCE DE L'EAU A LA HAUTEUR DES GRANDS DEFIS :

- Le premier grand défi auquel la Tunisie devra faire face dans les décennies à venir, nous l'avons mentionné dès le début de la note, est de faire en sorte que l'eau ne devienne j'aimais une contrainte au développement économique et social de la Tunisie actuelle et de celle des générations futures.
- Pérenniser sa disponibilité en recourant à la maîtrise des technologies qui permettent de mieux la mobiliser, de la collecter et accumuler, de la distribuer, de la stocker sous forme de réserves de sécurité, de la produire à partir de sources non conventionnelles par dessalement ou traitement et retraitement et enfin de la préserver contre le gaspillage et la pollution constitue le 2^{ème} grand défi.
- Loin de sous-estimer l'effort immense que la Tunisie a fait et continue de faire en vue de gérer ses rares ressources aquifères - elle est citée en exemple dans cet effort dans le bassin méditerranée - il n'en demeure pas moins qu'elle soit classée parmi les pays les plus menacés, sur le long terme, par un stress hydrique de plus en plus contraignant. Sortir de ce classement peu enviable représente le 3^{ème} défi.
- Enfin le 4^{ème} grand défi : Une gouvernance responsable et avertie :

Sur le plan de la gouvernance, être conscient de ces défis constitue en soi déjà un pas important en direction de leur relèvements. Car, la bonne gouvernance n'est pas seulement une affaire de lois et de réglementation, mais également des acteurs avertis et conscients des enjeux et de la gravité des conséquences des pénuries et enfin des citoyens sensibilisés au caractère précieux et limité de la ressource. La Tunisie, prenant conscience de ces enjeux et défis, a déjà évolué progressivement d'une politique basée sur l'augmentation de l'offre vers une politique de gestion de la demande, maintenant que presque la totalité des ressources naturelles ont été mobilisées ou sur le point de l'être.

Les propositions ci-après visent par conséquent, à conforter davantage cette évolution vers une gouvernance encore plus perfectionnée en mettant en œuvre une gestion plus adaptée à la situation nouvelle, économe dans la consommation, optimale dans l'usage, économique dans la valorisation, équitable dans la distribution et durable dans la disponibilité.

Certaines des recommandations ne sont pas nouvelles, mais sont présentées pour être actualisées ou mieux enforcées. D'autres sont nouvelles et présentées dans le but de parfaire la phase ultime d'une gestion de ressources dont l'offre stagne, mais dont la demande continue de progresser.

Sur le plan comportement des usagers : Imprimer un changement profond dans notre comportement vis-à-vis de l'eau :

Dire que l'eau est une ressource rare et épuisable dans notre pays, comme d'ailleurs dans certaines autres régions du monde, est une vérité qui n'est plus à démontrer. Le premier sommet de la Terre à Rio (Rio de Janeiro 1992) a déjà annoncé et prévenu que la planète terre connaîtra dans les décennies à venir des pénuries d'eau plus ou moins sévères selon les régions du globe. La région méditerranéenne est l'une de ces régions. La Tunisie, comme dit plus haut, est classée parmi les 10 derniers pays du monde, les moins dotés en ressources d'eau, situation peu enviable que soulignent des instances internationales comme la FAO et la Banque Mondiale.

Comme il a été également déjà dit, la Tunisie s'est engagée avec succès durant des dernières décennies dans une stratégie de gestion de la demande et sa couverture par l'offre selon l'impératif que l'offre doit suivre la demande. Un grand effort a été entrepris dans ce domaine. Mais l'effort ne saurait se limiter aux aspects quantitatifs et qualitatifs de la demande. Il faut également reconnaître à l'eau son caractère de patrimoine vital, rare et épuisable, qui représente un enjeu économique et social majeur et qui légitimise la mise en œuvre d'une politique appropriée.

47) Mise en œuvre d'une politique vigoureuse à la mesure des enjeux et des défis qui pèsent sur l'avenir peu rassurant de cette ressource.

Cette politique doit parvenir à imprimer un changement radical dans le comportement de chacun pour reconnaître les valeurs sociales, économiques et environnementales de l'eau et qui anticipe les risques qu'elle encourt eu égard aux changements climatiques attendus. Une tâche colossale quand on réalise le peu d'égard qu'ont actuellement les usagers de l'eau qui se soucient peu ou pas de son économie dans tous les secteurs d'usage : irrigation, ménages, industries, transport et distribution où les pertes sont encore importantes¹⁹.

Mais si la situation actuelle de l'offre paraît encore confortable et sans grand souci pour l'agriculture irriguée, le pays connaît par contre chaque été une situation

¹⁹ A titre de comparaison, au Canada qui renferme presque 1/3 des ressources en eau douce du globe, il est interdit de laver sa voiture ou arroser son gazon avec un tuyau d'arrosage débitant à pleine capacité.

difficile pour certaines localités, rurales en particulier, en ce qui concerne l'eau potable. Si la situation de l'offre paraît encore confortable c'est aussi parce que l'essor économique et social ne touche pas tout le pays. Cette situation confortable va changer en fonction de l'élévation du niveau de vie des citoyens. Le simple maintien du régime actuel de l'exploitation des ressources hydriques entraînerait à terme la dégradation de cette situation confortable à cause de l'épuisement des réserves d'eau douce par détérioration de leur qualité et quantité.

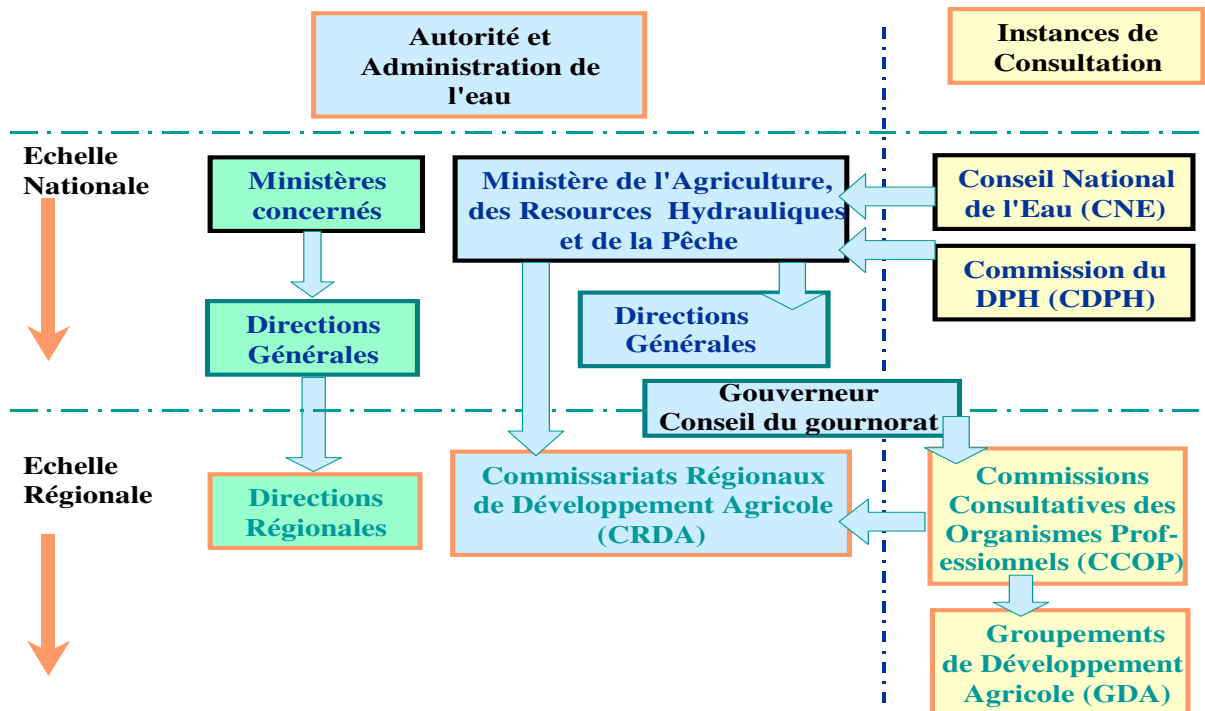
Sur le plan organisationnel :

48) Instituer une coordination effective des actions de l'Etat et entre les instances de l'eau :

Pour progresser dans la direction des objectifs essentiels de la gestion intégrée et intersectorielle de la ressource, de la gestion de la demande et de la gestion du risque, il est nécessaire d'instituer une coordination effective des actions de l'Etat : renforcement des rôles des institutions, coordination de leurs attributions, développement des ressources humaines, amélioration des instruments techniques et financiers.

Par ailleurs, le besoin d'une gestion de la demande, l'encouragement des usages efficaces de l'eau, les éventuelles réallocations des ressources disponibles sont autant de facteurs qui demandent la mise en place d'une coordination et d'une coopération effectives entre les organismes aux différents niveaux ainsi que le renforcement des capacités du système administratif pour aboutir à un cadre global permettant une gestion intégrée des ressources en eau dont ci-après un exemple à titre illustratif :

Organisation de l'administration de l'eau



49) Instaurer un partenariat institutionnalisé entre l'administration, les usagers et les intervenants privés :

Les administrations et organismes publics chargés de la gestion de l'eau doivent s'appuyer sur une forme de partenariat institutionnalisé avec les associations d'utilisateurs et les intervenants privés dans le cadre de méthodes et de procédures transparentes ouvrant la voie à une réelle participation à la prise de décision. Apparaît donc la nécessité du développement et de la responsabilisation des ressources humaines au niveau local (formation professionnelle, encadrement technique et administratif, modernisation des outils de gestion, accès à l'information etc.).

50) Déléguer les tâches à caractère techniques aux organismes spécialisés et aux intervenants privés :

L'Etat peut se décharger des tâches à caractère technique (études, travaux, gestion des ouvrages etc.) pour se concentrer sur son rôle fondamental de régulateur qui veille à la préservation des équilibres fondamentaux dont l'équilibre hydrique régional. A cet effet, les recommandations visent principalement : la décentralisation de la gestion des ouvrages hydrauliques ; la gestion des ouvrages importants (barrages, systèmes de transfert etc.) pourrait être prise en charge par

des sociétés ou organismes publics spécialisés (à l’instar de la SECADENORD) ; les intervenants privés pouvant prendre en charge la réalisation et la gestion des ouvrages et équipements de moindre importance.

51) Réactiver les instances de consultation et élargir leur composition à l’ensemble des acteurs de l’eau :

La relance des activités du Conseil National de l’Eau est essentielle pour mettre en place des modes de gestion intégrée de la ressource nécessitant la conciliation des usages de l’eau et l’organisation des arbitrages entre les régions et entre les secteurs. Il est également nécessaire d’instaurer un secrétariat permanent du Conseil National de l’Eau et d’élargir sa composition à l’ensemble des acteurs de l’eau afin d’assurer la cohérence des actions sectorielles et de faire en sorte que les modes de gestion soient conformes aux stratégies. En particulier, le Ministère de l’Environnement et du Développement Durable devrait bénéficier d’une représentation dans le Conseil National de l’Eau et dans la Commission du DPH. Des personnalités et organisations de la société civile et des experts pourraient également y prendre part.

Sur le Plan structurel :

52) Mise en place d’un Centre d’Excellence pour soutenir technologiquement la politique de l’eau :

A l’exemple de l’Agence Nationale de Maîtrise de l’Energie (ANME), cette Agence sera chargée de la promotion des technologies et des procédés d’économie d’eau potable pour les usages domestiques, touristiques et industriels, de la coordination des divers intervenants relatifs à l’amélioration de l’efficacité de ces usages, de suivre et d’évaluer, les divers programmes correspondants.

La réussite des stratégies de l’eau nécessite une forte émancipation des moyens techniques et humains de la Tunisie. Or, aujourd’hui le pays dispose d’un gisement de données et d’informations sur l’eau exceptionnellement riche et des compétences nombreuses et de haut niveau. La Tunisie est donc prête pour la mise en place d’une Agence d’excellence (ou Institut supérieur) pour soutenir les politiques de l’eau où se développent la recherche appliquée, le transfert des technologies avancées et sur l’expertise de laquelle s’appuie la politique du pays.

53) Création d’une Agence de Maîtrise de l’eau et de Gestion du DPH (Domaine Public Hydraulique) ?!

A l'image de ce que le pays a fait pour la maîtrise de l'énergie en créant une Agence spécialisée à cet effet, il s'agit également de créer une Agence Nationale spécialisée dans le domaine de l'eau dont le rôle serait d'améliorer d'une façon intégrée les conditions de durabilité des ressources en eau, en créant un cadre propice pour **lutter contre la surexploitation ou la prévenir ainsi que contre la dégradation de la qualité de l'eau** de toutes les nappes phréatiques et profondes du pays : (i) réadaptation du cadre législatif existant pour le creusage des puits ; (ii) mise en place d'une planification concertée de l'utilisation des ressources en eau et de l'exploitation agricole irriguée ; (iii) adoption généralisée de la gestion participative de l'eau ; (iv) mise en œuvre prioritaire de programmes de recharge artificielle avec les eaux naturelles ou les eaux usées traitées ; et (v) prévention de la pollution, (vi) lutte contre le gaspillage, (vii) maîtrise de la consommation de l'eau domestique et industrielle, (viii) les incitations à l'économie de l'eau.

Cette Agence peut jouer un rôle déterminant pour consacrer les objectifs de conservation de la ressource. Elle pourra renforcer le cadre institutionnel en se chargeant d'assurer la Police des Eaux et le recouvrement des redevances de prélèvement dans le DPH. Une coordination entre elle et l'ANPE qui a la vocation d'assurer la Police de la pollution devra être instaurée.

54) La création d'un « centre des métiers de l'eau » spécialisé dans toutes les questions de formation à caractère professionnel en relation avec le secteur de l'eau. Actuellement, les activités de formation professionnelle relatives à l'eau sont très éparpillées, manquent de cohérence et ne peuvent répondre aux besoins actuels et futurs du secteur. Il pourrait être confié à ce centre certaines actions d'évaluation des appareils ou des procédés d'économie d'eau, etc.

Sur le plan institutionnel : La révision du code de l'eau :

Le code de l'eau a été élaboré dans un cadre de « gestion de l'offre ». Maintenant que la Tunisie est passée aussi à une logique de « gestion de la demande », le code des eaux nécessite une nouvelle orientation répondant aux profondes mutations subies par le secteur de l'eau du pays et en particulier la préservation des ressources, la valorisation optimale de leur usage, l'équité de leur répartition, la gestion des extrêmes climatiques : sécheresse et inondations, le stockage stratégique, le développement des sources non conventionnelles etc...

55) Délimiter dans le code, l'ensemble des ressources conventionnelles et non conventionnelles :

Comme la plupart des textes législatifs sur l'eau, le Code des Eaux est basé sur une approche hydraulique de planification de la ressource qui ne porte que sur

l'eau qu'on est en mesure de mobiliser, déplacer, stocker distribuer, etc. Dans cette approche, l'eau est considérée comme une ressource qui doit répondre à une demande en croissance. Cette vision hydraulique a atteint ses limites et c'est avec toutes les ressources des différentes sources que la Tunisie doit composer dans l'avenir pour assurer sa sécurité hydrique et renforcer sa sécurité alimentaire. Le travail de délimitation de l'ensemble des ressources hydriques, conventionnelles et non conventionnelles appartenant aux cycles hydrologiques naturel et anthropique constitue la base des programmes de valorisation, de protection et de sauvegarde : définition, délimitation quantitative, caractérisation qualitative, couverture technique et institutionnelle, aspects législatifs et réglementaires, mécanismes de délimitation géographique.

56) Elargir dans le code, le principe de la valorisation de l'eau à l'ensemble des ressources hydriques y compris les cultures irriguées, l'agriculture pluviale, les ressources hydriques du sol, les aménagements des retenues anti-érosion, etc...

L'élargissement de ce principe de valorisation maximale du m³ procède d'une démarche originale et innovatrice qui s'appuie sur des constats tout à fait objectifs.

57) Il faudrait également y étendre le principe de la gestion de la demande à la demande alimentaire ; celle qui de loin, pèse le plus sur le bilan hydrique. Cette démarche audacieuse ouvre des perspectives nouvelles aux ressources hydriques qui dépassent, du moins en ce qui concerne l'eau agricole, la notion classique des ressources en eau.

58) Accorder dans le code, à l'agriculture pluviale les avantages accordés à la culture irriguée :

Le renforcement du secteur de l'agriculture pluviale renvoie à la nécessité de développer des solutions adaptées dans le cadre d'une stratégie cohérente. Il s'agit de promouvoir les méthodes agronomiques relatives à la valorisation de l'eau au niveau local et de prendre les mesures visant à mieux gérer la variabilité de la production : mesures structurales [choix des espèces et des variétés, fertilité des terres, construction des infrastructures d'accompagnement (routes, silos à grains, réserves de produits alimentaires) et non structurales (mécanisme d'aide et de soutien aux agriculteurs durant les années sèches, assurance, etc..). Ces avantages doivent inclure également les facilités de financement.

59) Promouvoir la valorisation économique de l'eau dans le code :

La gestion efficace des ressources hydriques doit s'appuyer sur la valorisation économique de l'eau. Ceci est vrai aussi bien pour l'eau potable que pour les cultures en irrigué où l'efficacité économique est une condition nécessaire à la durabilité du secteur.

Certes, pour l'eau potable, le secteur doit continuer à garantir les objectifs sociaux qu'on pourrait assigner à la desserte domestique, mais il doit s'engager avec plus de vigueur dans la valorisation économique de l'eau potable dans les divers autres secteurs d'activités (commerciales, touristiques, industrielles) notamment en révisant les modes de tarification.

La valorisation économique de la ressource conduit également à considérer le facteur « eau » comme un des éléments fondamentaux de l'aménagement du territoire ; l'un des critères pour le choix et l'aménagement des zones industrielles ou touristiques et des grands ensembles urbains. Cette valorisation doit également tenir compte de la durabilité de la ressource et des passifs que l'exploitation de la ressource (eau et sol) est susceptible d'engendrer. A cet effet, la dégradation des ressources naturelles doit intégrer le coût environnemental dans les décisions de développement économique. Ce principe est également vrai pour la réutilisation des eaux usées traitées. Cette réutilisation a une valeur environnementale qui correspond au coût économique de la non-réutilisation et comprend, outre la valeur intrinsèque de la ressource, les coûts supplémentaires que peuvent engendrer les traitements additionnels qu'impose, dans certains cas, le rejet dans le milieu naturel. Pour s'inscrire dans une démarche qui vise la promotion systématique de la réutilisation des eaux usées traitées, les études des programmes d'assainissement doivent procéder d'une démarche intégrée qui prend en compte, outre les aspects techniques, le contexte socio-économique et les implications environnementales. La réutilisation de l'eau épurée doit faire partie intégrante du projet d'assainissement tant au niveau de l'étude qu'au niveau de la réalisation : elle constitue ainsi le mode d'escamotage des eaux qui a une valeur environnementale.

60) Inscrire le risque comme une composante essentielle des modes de gestion des ressources en eau :

Le code des eaux n'évoque pas de dispositions particulières pour la gestion du phénomène de la sécheresse. Or, les perspectives d'insuffisances structurelles ou conjoncturelles nécessitent le développement de stratégies de prévention et de mesures d'interventions. Elles nécessitent aussi la mise au point de mécanismes d'arbitrage et de règlement des conflits pour concilier les usages et conserver la valeur socio-économique de la ressource. De même, le risque d'inondation est un

facteur important de la politique de l'aménagement du territoire. Celle-ci doit considérer le risque de désordre hydraulique et se doit de le gérer tout en prenant en compte aussi les questions relatives aux bénéfices économiques et environnementaux liés aux excès d'eau. Les stratégies de gestion du risque doivent également prendre en compte les risques environnementaux notamment ceux associés aux modifications du climat.

61) Inscrire dans le code de l'eau que les nappes aquifères, phréatiques et profondes d'eau douce ou salée et leurs zones de recharge (montagnes, forêts, lits de rivières, etc...) constituent un patrimoine national à protéger contre la pollution et l'exploitation minière (carrières).

CONCLUSIONS GENERALES :

- L'étude eau 2050 a approché la problématique de l'eau sous l'angle de l'évaluation du bilan global des ressources hydriques. Cette approche est une innovation en elle-même, bien que les données scientifiques et les études approfondies disponibles concernant les éléments du bilan global soient limitées en quantité et souvent non rigoureuses en qualité – la problématique n'ayant pas été approchée auparavant sous cet angle, l'étude a pu mettre en évidence des aspects du cycle de l'eau qui, pris individuellement, peuvent paraître comme étant des particularités techniques du cycle, alors qu'ils sont des composants importants du bilan hydrique. C'est le cas par exemple de l'agriculture pluviale, qui prend dans cette étude la dimension d'un composant fondamental du bilan par son pouvoir gigantesque de mobilisation des ressources hydriques naturelles et par sa contribution essentielle à la sécurité alimentaire du pays. L'incorporation de l'agriculture pluviale dans le bilan est donc une innovation de l'étude eau 2050.
- Dans les recoins de la sécurité alimentaire du pays, se cache un autre aspect du cycle de l'eau c'est celui de l'eau virtuelle, ou équivalent eau importée sous forme de produits alimentaires, nécessaires pour équilibrer le bilan alimentaire du pays, faute de pouvoir produire par manque d'eau pluviale, les quantités de céréales nécessaires pour couvrir tous les besoins alimentaires du pays. La prise en compte dans le bilan de cette eau, mobilisée à l'extérieur du pays et y est importée constitue, elle aussi, une innovation de l'étude eau 2050.

La recharge artificielle des nappes est apparue dans l'étude comme un élément également fondamental pour préserver les ressources contre les pertes par évaporation et par ruissellement vers la mer. L'équilibrage du bilan hydrique national nécessite l'incorporation de cette eau, autrement perdue en surface et dans l'air, dans le cycle naturel des eaux, celui de l'écoulement souterrain. La nécessité de la mobilisation de cette recharge à grande échelle à cet effet constitue elle aussi une approche innovante de l'étude eau 2050 qui a mis en outre, en exergue, l'importance de cette mobilisation pour assurer **la haute sécurité nationale hydrique**.

- En dernière distillation, l'étude 2050 a fait émerger six piliers de la sécurité hydrique nationale :
- 1- Le nord et l'extrême nord du pays constituent **le château d'eau** de la Tunisie qui rime avec **haute sécurité nationale** pour l'eau potable. La préservation des ressources de cette région par un aménagement hydraulique adéquat et par un

développement local propre, non polluant et ne s'appuyant pas sur un usage abusif et inapproprié de l'eau conditionne la réalisation de cette sécurité.

- 2- La réhabilitation constante et le maintien en bon état de fonctionnement de toute l'infrastructure hydraulique du pays notamment la lutte contre l'envasement devra rester une stratégie constante pour la Tunisie d'aujourd'hui et celle des générations montantes. L'eau potable et l'agriculture irriguée en dépendent fondamentalement.
- 3- L'agriculture pluviale est de loin le plus important mobilisateur des ressources pluviales et la fondation solide sur laquelle repose l'espoir d'équilibrer le bilan hydrique, ou de s'en approcher au mieux, tout en diminuant le déficit alimentaire*.

Nonobstant toute difficulté d'équilibrage du bilan alimentaire, cependant, l'importation d'eau virtuelle sous forme de produits alimentaires n'est pas nécessairement incompatible avec une autosuffisance alimentaire nationale. Une optimisation des échanges de produits agricoles à l'exportation ne demandant pas trop d'eau et ayant une bonne valeur ajoutée, contre l'importation de produits nécessitant beaucoup d'eau à la production et, dans le cas de rapports stables de ces échanges, peut tout aussi bien assurer un niveau raisonnable de sécurité alimentaire ; sachant, de toute façon, qu'une sécurité alimentaire totale n'est plus possible aujourd'hui pour aucun pays.

- 4- Un domaine hydrique qui n'a retenu l'attention jusqu'ici qu'à titre expérimental alors qu'il est fondamental dans la sécurité hydrique du pays, c'est la recharge artificielle des nappes. Nonobstant ses coûts (qui peuvent évoluer à la baisse avec la maîtrise de la technologie), elle doit être reprise à grande échelle afin de profiter des eaux des crues et surtout de cette « **richesse naturelle** » que constitue **la grande capacité de stockage des aquifères nationaux** et la bonne distribution régionale des grandes nappes du Cap Bon, du Sahel, du Centre (Kairouan et Sidi Bouzid) de Sfax et du Sud, pour assurer une sécurité hydrique nationale solide et régionalement équilibrée.
- 5- La maîtrise des techniques et technologies dans tous les domaines de l'eau et en particulier dans la recharge artificielle des nappes, le traitement des eaux usées au 3^{ème} degré, le désenvasement des barrages, le dessalement de l'eau, la sélection de plants et semences adaptés au climat tunisien, le contrôle de l'évapotranspiration, la connaissance profonde de la pédologie, constitue un

* De ce fait, elle doit bénéficier de plus d'attention en termes d'incitations, de restructuration, de réformes et d'appui scientifique.

passage obligé pour la sécurité hydrique nationale. La recherche scientifique est à développer dans tous ces domaines et elle est à repenser à cet effet.

6- La gestion optimale des ressources et l'économie d'eau, tout comme pour l'énergie, constituent le réservoir d'eau de l'avenir dans lequel des ressources additionnelles abondantes peuvent y être puisées en permanence et à l'infini.

7- Le projet national de l'équilibre hydrique régional :

– Les composants du projet :

- Les ressources en eau, celles mobilisées à l'extrême de leur capacité à partir des eaux de surface, des eaux souterraines, des eaux de traitement et des eaux de dessalement.
- Un réseau d'injection des eaux des crues et des lâchers de barrages dans les grandes nappes aquifères à grande capacité d'absorption et d'un magasinage dans le centre, le sud et la côte orientale du pays (Cap-bon, Sahel, Sfax, Médenine).
- Un réseau de transfert par canalisation reliant les barrages, les retenues temporaires des eaux des crues, les nappes aquifères à recharger et les centres de consommation urbaine.
- Un centre de dispatching assisté par ordinateur permettant (sur presse-bouton) de transférer l'eau à partir des barrages et des nappes vers les différentes régions du pays selon leur besoin, selon les cultures et selon les saisons.

Ceci implique que les disponibilités nationales en eau des différentes sources deviennent mobiles et partageables entre les régions afin de profiter des différences climatologiques en termes de saisons agricoles et de périodes de maturation des produits. Ceci implique également la spécialisation de chaque région dans un mode de production agricole et animale approprié à son climat.