



# Etude Stratégique Eau 2050 en Tunisie

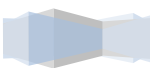


Rapport de synthèse

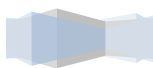
Juin 2011

## Sommaire

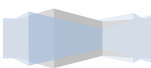
<b>Introduction</b> .....	<b>05</b>
<b>I. Le bilan hydrique naturel global du pays</b> .....	<b>09</b>
1. Les composants du bilan .....	09
2. Les déterminants problématiques et défis .....	10
2.1. <i>La problématique du bilan naturel global : une offre limitée</i> .....	10
2.2. <i>Le bilan naturel global selon l'état actuel des connaissances</i> .....	11
3. Orientations et stratégies .....	12
4. Un arrêt sur image .....	12
5. Propositions .....	13
<b>II. L'offre d'eau: Une mobilisation maximale des ressources conventionnelles</b> .....	<b>15</b>
1. Les composants de l'offre d'eau mobilisable .....	15
1.1. <i>Les ressources conventionnelles mobilisables</i> .....	15
1.2. <i>Les ressources non conventionnelles sont mobilisées</i> .....	16
2. Les déterminants de l'offre .....	16
3. Problématique et enjeux en matière d'offre .....	17
4. Orientations et stratégies .....	18
5. Les propositions .....	19
5.1. <i>Développer le patrimoine «connaissance et savoir faire technologique»</i> .....	19
5.2. <i>Augmenter l'offre d'eau</i> .....	21
<b>III. La demande en eau</b> .....	<b>27</b>
1. Les composants socioéconomiques de la demande .....	27
2. Les déterminants de la demande .....	28



3.	Problématiques et enjeux de la demande .....	30
4.	Orientations et stratégies .....	33
5.	Les propositions .....	34
5.1.	<i>Pour le secteur de l'eau potable</i> .....	34
5.2.	<i>Pour le secteur de l'eau agricole</i> .....	36
<b>IV.</b>	<b>L'Agriculture pluviale, un régulateur charnière du déséquilibre offre/demande d'eau</b> .....	<b>39</b>
1.	Les composants de l'Agriculture pluviale .....	41
2.	Les déterminants de l'agriculture pluviale .....	41
3.	Problématiques et enjeux .....	43
4.	Orientations et stratégies .....	45
5.	Les propositions .....	47
<b>V.</b>	<b>La Sécurité Hydrique</b> .....	<b>53</b>
1.	Les composants de la sécurité hydraulique .....	53
2.	Les déterminants de la sécurité hydraulique .....	54
3.	Problématiques et enjeux .....	54
4.	Orientations et stratégies .....	55
4.1.	<i>Gestion de la sécheresse</i> .....	55
4.2.	<i>Gestion des crues</i> .....	55
4.3.	<i>Gestion de l'érosion</i> .....	56
4.4.	<i>Réhabilitation et modernisation des ouvrages hydrauliques</i> .....	56
4.5.	<i>Gestion des eaux transfrontalières</i> .....	58
4.6.	<i>La mobilisation des eaux des grandes crues exceptionnelles</i> .....	59
4.7.	<i>Recharge artificielle des nappes</i> .....	59
4.8.	<i>Diminution des taux de perte physique et par évaporation</i> .....	59
4.9.	<i>Gestion de l'envasement des barrages</i> .....	61
5.	Les propositions .....	61



<b>VI. Une gouvernance de l'eau à la hauteur des grands défis</b> .....	<b>67</b>
<b>1. Les défis futurs liés à l'eau en Tunisie</b> .....	<b>67</b>
<b>2. Les propositions</b> .....	<b>68</b>
<b>2.1. Sur le plan organisationnel</b> .....	<b>68</b>
<b>2.2. Sur le Plan structurel</b> .....	<b>70</b>
<b>2.3. Sur le plan institutionnel : La révision du code de l'eau</b> .....	<b>71</b>
<b>Conclusions</b> .....	<b>75</b>



# INTRODUCTION

---

L'étude stratégique « Eau 2050 en Tunisie », entreprise par d'éminents experts, encore en activité ou à la retraite, tous anciennement ou actuellement hauts responsables dans le secteur de l'eau ou de l'agriculture, s'intéresse à trois domaines fondamentaux du bilan hydrique national, à savoir :

- ❖ L'offre en eau et la mobilisation constante des ressources nécessaires à partir des sources conventionnelles et non conventionnelles.
- ❖ 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.
- ❖ L'agriculture pluviale, dont le rôle est primordial dans l'équilibre offre/demande et dans la mobilisation/valorisation naturelle de l'eau pluviale.

Le présent rapport est basé sur une synthèse de trois études qui ont été entreprises en parallèle et qui ont permis d'éclairer ces questions sous des angles différents et complémentaires.

Ces études qui sont présentées séparément en annexes sont intitulées :

1. Bilanhybride, Usage optimal et institutionnel de l'eau à l'horizon 2030
2. Mobilisation des ressources en eau à l'horizon 2050 en Tunisie
3. Reflexionsurl'agriculturepluviale



Les propositions présentées dans ces trois documents ont fait l'objet de plusieurs discussions approfondies et d'une synthèse présentée dans le présent rapport, aboutissant à un ensemble de recommandations se rapportant aux aspects institutionnels et réglementaires visant à la sauvegarde et la consolidation de l'équilibre du bilan hybride national.

**(i) Enjeux et objectifs :**

La rareté des ressources en eau est un trait caractéristique du climat essentiellement aride de la Tunisie. Or le pays se développe tant en taille 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 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'étude « Eau 2050 en Tunisie » a été donc entreprise afin d'explorer l'état de disponibilité de ces ressources aquifères en Tunisie à l'horizon 2050 en accordant à l'échéance intermédiaire 2030 une place particulière. 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, ni même une contrainte au développement du pays, et pour inscrire ainsi cette disponibilité dans la durabilité pour les générations futures.

**(ii) L'approche de l'étude :**

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

Elle se propose en 2<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> 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<sup>ème</sup> lieu, l'étude pose la question cruciale de **la sécurité hydrique nationale** qui implique la mobilisation de ressources additionnelles non conventionnelles et le stockage stratégique souterrain des eaux, outre le stockage en surface de la réserve sécheresse.

Elle préconise en 6<sup>ème</sup> et dernier lieu, **une gouvernance de l'eau à la hauteur des grands défis qui se profilent**, basée sur les réformes réglementaires et institutionnelles rendues nécessaires par le passage 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 « revisité » à chaque phase de l'étude, chaque fois que de nouvelles sources de mobilisation additionnelles ont été identifiées.

### (iii) La Méthodologie du rapport :

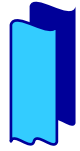
Chacun des cinq premiers points présentés ci-dessus se rapportant au bilan hydrique sera abordé dans ce rapport selon le modèle suivant : les **composants**, les **déterminants**, les **problématiques en jeu**, les **orientations et stratégies** envisagées et enfin les



**propositions**se rapportant au point considéré. Pour le sixième point relatif aux aspects institutionnels, on rappelle les **défis** à relever et on résume les **propositions** présentées.







# *Le bilan hydrique naturel global du pays*

---

## **1. Les composants du bilan**

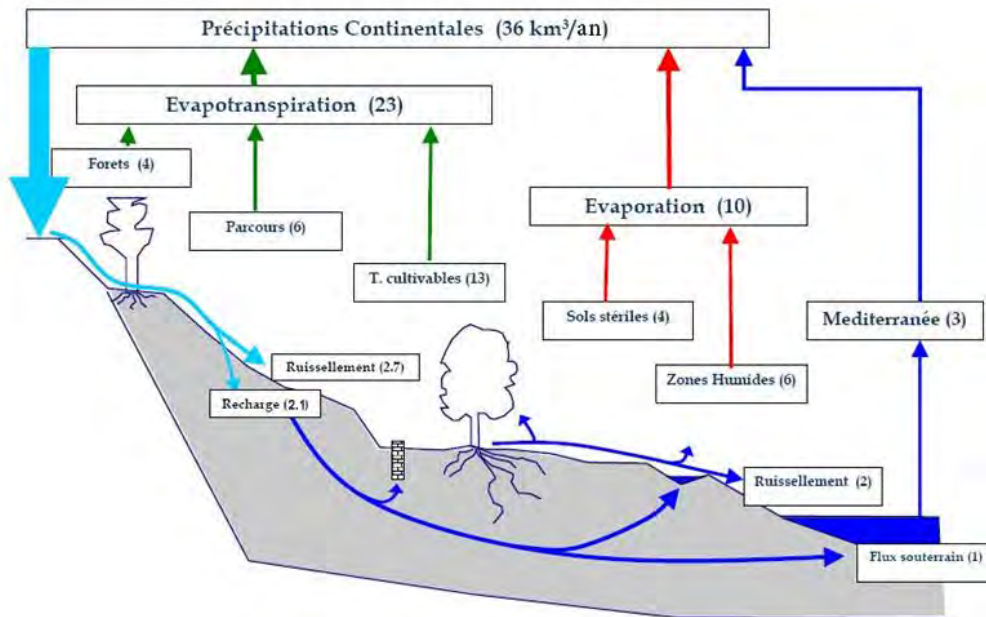
---

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 164.000 km<sup>2</sup> que mesure 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 (km<sup>3</sup>/an)



Les composants du bilan hydrique naturel global sont constitués d'un côté des quantités globales d'eau 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 pour alimenter les nappes souterraines ou s'écouler en profondeur en mer.
- ❖ des quantités qui s'infiltrent dans le sol et sont 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 stériles.

## 2. Les déterminants problématiques et défis

### 2.1. La problématique du bilan naturel global: une offre limitée

Il tombe sur la Tunisie en année moyenne environ 36 milliards de m<sup>3</sup>, avec une très forte variabilité entre 11 et 90 milliards de m<sup>3</sup>. Or, les eaux de surface mobilisées dans les lacs, les



barrages et dans les nappes aquifères ne totalisent qu'environ 4,8 milliards de m<sup>3</sup>/an. Il reste donc pour clore le bilan 31,2 milliards de m<sup>3</sup>/an. Il est légitime de se demander si l'on peut récupérer une partie additionnelle de cette pluviométrie non mobilisée.

Le réexamen du bilan consiste à chercher à identifier les emplois de ces 31,2 milliards de m<sup>3</sup> afin d'en récupérer le maximum soit sous forme directe (eau bleue 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 transformable en « équivalent eau » quantifiable avec une rigueur qui dépend de la qualité des informations et de la profondeur des études scientifiques les concernant.

Or, nous ne possédons sur la plupart de ces composants du bilan que des informations limitées, faute d'études scientifiques systématiques et approfondies sur ces questions. Les évaluations ci-après relatives au bilan, quoique approximatives dans certains cas, sont cependant considérées par les experts assez proches de la réalité :

## 2.2. Le bilan naturel global selon l'état actuel des connaissances

Offre totale	Affectation		Observations
36	Forêts	4	- Partie conventionnellement dite mobilisable : 4,8 Eau de surface 2,7 Eau souterraine 2,1 - Evaluation approximative notamment pour la partie jugée non mobilisable et son affectation : 31,2
	Parcours	6	
	Terres cultivables	13	
	Terres stériles	4	
	Zones humides	6	
	Méditerranée	3	
<b>Total 36</b>	<b>Total</b>	<b>36</b>	

Bilan hydrique naturel global en milliards m<sup>3</sup>/an



### 3. Orientations et stratégies

---

Les chiffres du bilan naturel global, 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 les connaissances relatives aux ressources hydriques et pour identifier les niches potentielles pour une plus grande mobilisation hydrique :

- ❖ Les eaux bleues directement disponibles au pays (eau de surface/eau souterraines) sont manifestement limitées, 4,8 milliards de m<sup>3</sup>/an, soit moins que le 1/7 des précipitations totales qui tombent sur le pays. D'où la nécessité impérieuse de les préserver et de les optimiser.
- ❖ Les « eaux vertes », eau indirectement disponibles sous forme de production agricole, animale et végétale (agriculture pluviale, parcours et forêt) totalisent environ 23 milliards de m<sup>3</sup>/an. Il y a donc là un immense réservoir qu'il y a lieu de valoriser au mieux et de mobiliser pour assurer et renforcer la sécurité hydrique.

### 4. Un arrêt sur image

---

Les données sur les disponibilités en eaux de surface et souterraines (offre en ressources mobilisables) sont synthétisées ci-après et comparées au niveau du stress hydrique de 500 m<sup>3</sup>/an/hab. Si rien n'est fait, ce bilan se présentera pour les années à venir comme suit :



### Premier Bilan offre/stress hydrique<sup>(1)</sup>

Horizon temporel	2010	2030	2050
Population (millions hab)	10,6	12	13
<b>Disponibilités actuelles en milliards m<sup>3</sup>/an :</b>			
- Eau bleue (barrages et puits)	4,80	4,80 (sans amélioration)	4,80 (sans amélioration)
- Eau traitée	0,25	0,34 (prévision)	0,50 (prévision)
- Eau dessalée	0,26	0,26 (sans amélioration)	0,26 (sans amélioration)
<b>Total :</b>	<b>5,31</b>	<b>5,40</b>	<b>5,56</b>
<b>Disponibilités m<sup>3</sup>/an/hab</b>	<b>500 : au niveau du stress hydrique</b>	<b>450</b>	<b>427</b>

D'après ce bilan, les disponibilités d'eau en Tunisie passeraient en-dessous du niveau du stress hydrique avant 2030.

## 5. Propositions

Elles seront formulées à la fin de chacun des cinq chapitres ci-après qui focaliseront l'analyse respectivement sur :

- ❖ L'offre d'eau,
- ❖ La demande en eau,
- ❖ L'agriculture pluviale,
- ❖ La sécurité hydrique,
- ❖ La gouvernance de l'eau.

<sup>(1)</sup> Stress hydrique : Selon les normes internationales, le niveau de 500 m<sup>3</sup>/an/hab est celui du stress hydrique en dessous duquel, l'eau devient une contrainte au développement.





# *L'offre d'eau: Une mobilisation maximale des ressources conventionnelles*

---

## **1. Les composants de l'offre d'eau mobilisable**

---

### **1.1. Les ressources conventionnelles mobilisables**

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) sont évaluées à 4,8 milliards de m<sup>3</sup>/an dont 2,7 d'eau de surface et 2,1 d'eau souterraine.

L'ossature de ce potentiel mobilisable est constituée essentiellement de 40 grands barrages dont 10 en construction (2010), 220 barrages collinaires, 700 lacs collinaires, 50 ouvrages de recharge, 480 nappes souterraines, dont 210 nappes phréatiques et 270 nappes profondes et dont les eaux sont mobilisées par 4900 forages profonds et 120.000 puits de surface.



## 1.2. Les ressources non conventionnelles sont mobilisées par :

- ❖ 90 stations de traitement des eaux usées ayant une capacité de traitement de 225 millions de m<sup>3</sup>/an (en 2007).
- ❖ 4 stations de dessalement (eau saumâtre et eau de mer) ayant une capacité de dessalement de 26,4 millions de m<sup>3</sup>/an.

## 2. Les déterminants de l'offre

---

- ❖ La pluviométrie : 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.
- ❖ 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 plus et de grandes nappes sédimentaires à grande capacité de stockage au centre et au sud où il pleut moins. Certaines de ces nappes sont en contact avec la mer et forment des exutoires d'eau douce vers celle-ci.
- ❖ 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'infiltré en profondeur pour alimenter les nappes profondes. Les lits de rivières qui sculptent le passage des plaines constituent aussi des zones de recharges 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 très 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.

- ❖ 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 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 précipitations sur les 2/3 de la Tunisie et une augmentation du taux de l'évapotranspiration, et par l'accentuation des évènements extrêmes.
- ❖ 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. Les risques liés à cette dépendance sont principalement la diminution des apports des oueds, la baisse en niveau des nappes et l'altération de la qualité des eaux. La pollution liée aux activités industrielles et urbaines chez les pays voisins reste une menace potentielle sérieuse.
- ❖ Le recours au dessalement et au recyclage des eaux usées traitées deviendra également de plus en plus un déterminant non négligeable de l'offre d'eau.

### 3. Problématique et enjeux en matière d'offre :

- ❖ La nature aléatoire de la pluviométrie, qui peut amener à des pertes importantes des excédents d'eau lors des crues ou 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. L'insuffisance des disponibilités peut devenir chronique vis-à-vis d'une demande en eau encore en augmentation.

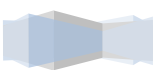




- ❖ La surexploitation des eaux souterraines, qui a atteint dans certains cas un stade alarmant dépassant largement le taux de renouvellement de la ressource. Cela va se traduire inmanquablement par une détérioration de la qualité de l'eau suite à l'augmentation de sa salinité in situ ou par intrusion 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.
- ❖ Les effets du vieillissement et de l'envasement des ouvrages hydrauliques, qui va progressivement augmenter leur coût d'entretien et de remplacement.
- ❖ La menace provenant de la pollution due à l'augmentation des volumes d'eaux usées rejetées, qui pèse sur l'offre et nécessite d'accélérer le programme national de traitement et de recyclage de ces eaux.
- ❖ L'accroissement de la demande d'eau potable, qui entraîne une surexploitation et une dégradation de certaines ressources et le recours à des eaux de moindre qualité et par suite la nécessité d'un traitement de correction.
- ❖ Le coût de production d'eau qui devient de plus en plus élevé à mesure que l'on recourt aux eaux et aux procédés non conventionnels tels que le dessalement ou la recharge artificielle, et l'énergie peut représenter de l'ordre de 30% du coût global de l'eau ainsi produite.

#### 4. Orientations et stratégies :

La Tunisie se trouve actuellement au niveau du stress hydrique. L'infrastructure hydraulique existante et programmée lui permet globalement de faire encore face à la demande en eau des différents secteurs sans risque majeur de pénurie ou de déficit structurel. En tout cas, la Tunisie n'aura à moyen terme ni soif ni à être confrontée à une contrainte hydrique pour son développement. Toutefois, les perspectives d'évolution démographique, de développement économique et de promotion sociale conduiront 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 des connaissances concernant les éléments du bilan hydrique en général, et 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 usées, le dessalement des eaux 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.

## 5. Les propositions: (1 à 12)

---

---

### 5.1. Développer le patrimoine « connaissance et savoir faire technologique » : (1 à 6)

D'après l'historique de la pluviométrie en Tunisie sur plus d'un siècle, la succession de deux années sèches est fréquente, celle de trois années sèches 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 de telles années. 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, de même que le recours aux nouvelles techniques de traitement informatique de ces observations, qui 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. En conséquence on peut formuler les recommandations suivantes :

- (1) L'office National de la Météo devrait être efficacement doté à cet effet en cadres, équipements, réseautage régional et international afin de développer une expertise nationale de très haut niveau dans le domaine des prévisions, des analyses des tendances

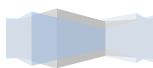


climatologiques et de l'évaluation des phénomènes d'évapotranspiration et d'établir autant que possible une horloge sécheresse/crue pour le pays.

- (2) Le Ministère de l'Agriculture devrait 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 chimie et leur interconnection entre elles et avec la mer et en procédant à l'usage intensif de l'outil informatique à tous ces effets.
- (3) L'Office National des Mines devrait confectionner et coordonner des relevés et des couvertures 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.
- (4) Les Ministères de l'Agriculture et de l'Industrie devraient procéder à un échange institutionnalisé d'informations 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.

Un échange similaire entre pétroliers et hydrogéologues concernant les techniques de modélisation des réservoirs aquifères et 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 elle n'est pas exploitée.

- (5) Le Ministère de l'agriculture devrait 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 m<sup>3</sup>/an attendaient encore d'être totalement recyclés).



Les progrès techniques ont permis de rendre le coût 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 m<sup>3</sup>/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 et sud du pays).

(6) Il est donc indiqué d'étudier les technologies disponibles, 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, Koutine et Jeffara. Une feuille de route sera proposée plus loin à cet effet.

## 5.2. Augmenter l'offre d'eau : (7 à 12)

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, 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. Il est proposé à cet effet :

(7) De compléter la mobilisation des écoulements des oueds secondaires par barrages et lacs afin d'atteindre un taux total de mobilisation de 95% du potentiel mobilisable sur l'ensemble du territoire à l'horizon de 2016. A cet effet et selon l'état actuel des connaissances il est encore possible de procéder aux mobilisations additionnelles suivantes :

- Extrême nord et Ichkeul	200 Mm <sup>3</sup> /an
- Haute vallée de la Medjerda	125 Mm <sup>3</sup> /an
- Basse vallée de la Medjerda et Cap Bon	75 Mm <sup>3</sup> /an
- Tunisie Centrale	50 Mm <sup>3</sup> /an
- Tunisie Côtière (Sahel, Sfax)	30 Mm <sup>3</sup> /an
- Sud de la Tunisie	20 Mm <sup>3</sup> /an

**Soit un total de 500 millions de m<sup>3</sup>/an**



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

- (8)** La généralisation de l'épuration des eaux usées à l'ensemble du pays, y compris les zones rurales et la généralisation de leur réutilisation dans l'agriculture irriguée (arboriculture), l'élevage, l'industrie et les cultures énergétiques. Cet apport additionnel aujourd'hui de 250 millions m<sup>3</sup> (dont seulement 80 sont réutilisés) sera de 340 millions m<sup>3</sup> en 2030 et 500 millions de m<sup>3</sup>/an en 2050.

Ces apports additionnels permettent d'établir le bilan d'étape suivant :

### Deuxième Bilan offre/stress hydrique

Horizon temporel	2016	2030	2050
<b>Population (millions hab)</b>	<b>10,8</b>	<b>12</b>	<b>13</b>
<b>Disponibilités actuelles</b>			
<b>en milliards m<sup>3</sup>/an</b>			
- Eau bleue améliorée par l'apport additionnel d'eau de surface	5,30	5,30 (sipas+d'amélioration)	5,30 (sipas+d'amélioration)
- Eau traitée améliorée	0,28	0,34	0,50
- Eau dessalée (capacité actuelle)	0,26	0,26	0,26
<b>Total disponibilités</b>	<b>5,84</b>	<b>5,90</b>	<b>6,06</b>
<b>Disponibilités m<sup>3</sup>/an/hab</b>	<b>540</b>	<b>490</b>	<b>466</b>

Cet apport additionnel permet donc à la Tunisie de se mettre au dessus du stress hydrique de 8% dès 2016, et à 2% près jusqu'en 2030 et de l'atténuer jusqu'en 2050.

- (9)** L'augmentation, progressive de la capacité de dessalement des eaux de drainage (dont le volume est de 100 millions de m<sup>3</sup>/an), des nappes saumâtres (dont le volume est de 614 millions de m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/an) à concurrence de



l'équilibre des besoins (voir plus loin) mettant le pays juste au dessus du stress hydrique à 550 m<sup>3</sup>/an/habitant par exemple.

**(10)** 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, 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 accidentelles majeures et imprévues.

La prépondérance des nappes souterraines (210 phréatiques et environ 270 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 de grandes quantité d'eau.

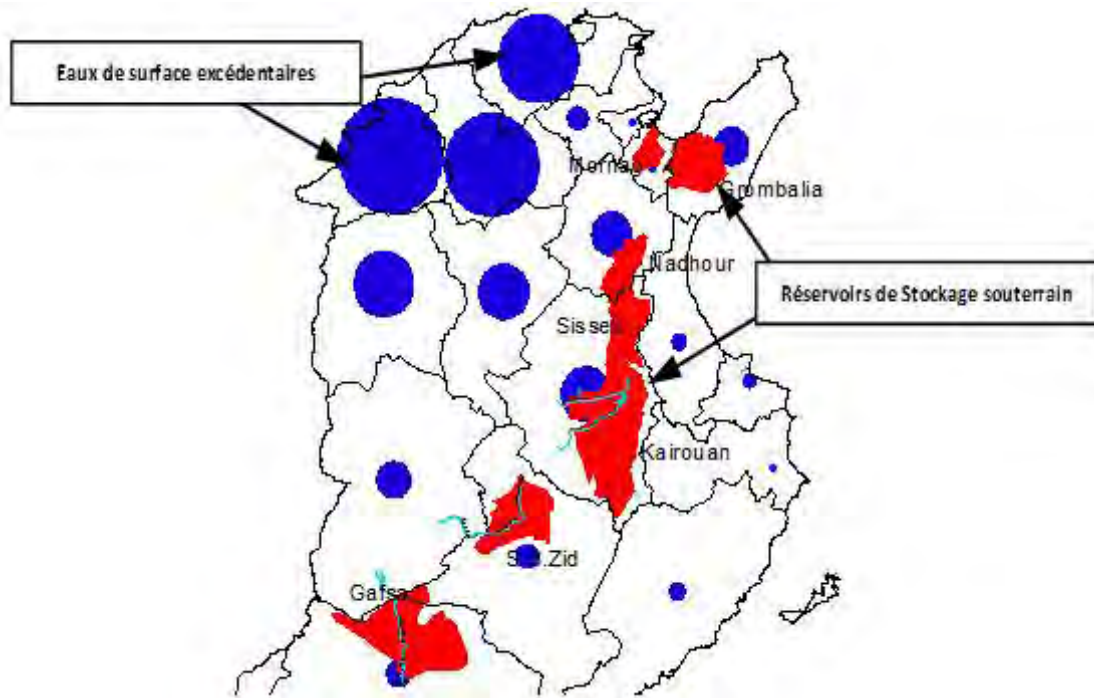
Par ailleurs, l'expérience tunisienne de trente ans dans la recharge, bien que très modeste au niveau de l'hydraulique, très riche et pointue au niveau de l'exploitation pétrolière, prédispose le pays à faire de la recharge artificielle des nappes une option principale et urgente pour augmenter la sécurité 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 m<sup>3</sup>/an en année normale et peuvent dépasser les 2 milliards de m<sup>3</sup>/an durant les années de crues exceptionnelles qui se produisent une fois tous les 10 ans.

Pour ce faire, il s'agit d'identifier au niveau de chaque région naturelle (Nord, Centre et Sud) les principales nappes susceptibles de faire l'objet de cette recharge, réaliser le plus grand nombre et types d'ouvrages spécifiques de stockage des eaux de surface et procéder au raccordement de ces ouvrages aux nappes concernées.



### Sources d'eau superficielle et sites de stockage souterrain au nord et au centre



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 m<sup>3</sup>/an à l'horizon 2016, 100 millions en 2030 et 200 millions en 2050. Le Bilan d'étape offre/stress hydrique deviendra alors comme suit :

#### Troisième Bilan offre/stress hydrique

Horizon temporel	2016	2030	2050
Population (millions hab)	10,8	12	13
Disponibilités actuelles en milliards de m <sup>3</sup> /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
<b>Total des disponibilités</b>	<b>5,89</b>	<b>6,00</b>	<b>6,26</b>
<b>Disponibilités m<sup>3</sup>/an/hab</b>	<b>545</b>	<b>500</b>	<b>480</b>



Cet apport additionnel permet à la Tunisie de ne pas descendre sous le niveau du stress hydrique jusqu'en 2030 et de l'atténuer à l'horizon 2050.

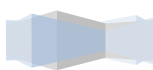
**(11)** Le renforcement de la capacité de rétention des barrages et le renouvellement de l'infrastructure de mobilisation :

La maîtrise des eaux des grandes crues passe par l'augmentation des capacités de stockage des barrages. Actuellement, cette capacité de 2,05 milliards de m<sup>3</sup>/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 vers la mer pour éviter les débordements et les inondations en aval.

**Afin de remédier à cet inconvénient, il est donc nécessaire de programmer l'augmentation de la capacité de stockage des barrages existants 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. Cette opération permet de mobiliser un volume de 470 millions de m<sup>3</sup>/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 d'une façon quantitative. Mais qualitativement, elle permet à la Tunisie de passer au dessus du stress hydrique 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 en œuvre dans les années à venir.

**(12)** Par contre, il devient possible à ce stade de l'étude, de déterminer la partie jusqu'ici inconnue du bilan offre/stress hydrique, celle des quantités d'eau à dessaler. Un programme prévisionnel peut être proposée pour le dessalement d'eau dont l'objectif sera de mobiliser par ce biais, les quantités nécessaire d'une part pour maintenir la





Tunisie en permanence au dessus de la côte du stress hydrique à savoir 500m<sup>3</sup>/an/hab, avec une marge de 10%, le niveau retenu est de 550 m<sup>3</sup>/hab, et d'autre part pour assurer un équilibre dans la répartition des ressources nationales en eau entre régions côtières et régions intérieures du pays. L'eau de mer dessalée étant à usage résidentiel, elle se retrouvera au niveau des eaux usées à recycler à raison de 90%.

### Feuille de route pour le dessalement d'eau

Horizon temporel	2016	2030	2050
Population en millions hab (P)	10,8	12	13
Disponibilités m <sup>3</sup> /an/hab	545	500	480
Besoins additionnels par rapport au référentiel 550m <sup>3</sup> /an/hab (b)	5	50	70
Quantité totale d'eau à dessaler $x=(p.b)/1,9$	28 millions de m <sup>3</sup> /an (soit 25 à recycler en plus)	315 millions de m <sup>3</sup> /an (soit 280 à recycler en plus)	480 millions de m <sup>3</sup> /an (soit 430 à recycler en plus)

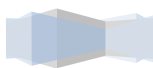




# La demande en eau

## 1. Les composants socio-économiques 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 m<sup>3</sup>/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 menacées d'épuisement. Cette composante subit des pertes importantes 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 du tourisme) qui accaparent environ 16% des ressources mobilisées soit environ 460 millions de m<sup>3</sup>/an. L'eau potable provient en grande partie des eaux du nord et de l'extrême nord qui sont de bonne qualité chimique (salinité  $\cong$  1-1,5g/l). Elle subit des pertes de transport et de distribution comprises entre 18 et 20%.
- ❖ Le composant «besoins alimentaires» sous forme d'eau virtuelle : Pour combler ses besoins alimentaires, la Tunisie importe l'équivalent eau de 5,2 milliards de m<sup>3</sup>/an et exporte des produits agricoles dont l'équivalent eau est de 1,5 milliards de m<sup>3</sup>/an ;



soit un déficit net de 3,7 milliards de m<sup>3</sup>/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 de ses usages, d'efficacité de l'agriculture irriguée, d'efficacité de l'agriculture pluviale et en terme de bonne gouvernance de l'eau.

- ❖ 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 pas souffrir de réduction et doit même au contraire, être augmentée autant que possible.

L'étude donne des projections de ces différentes composantes de la demande d'eau en 2030 et 2050 résumées comme suit :

#### La demande en chiffres

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

<sup>(1)</sup> Cette baisse est prévue à cause de la concurrence des autres secteurs au dépend de l'irrigué dans un contexte de raréfaction de la ressource.

<sup>(2)</sup> Cette augmentation est prévue pour tenir compte entre autre de l'évolution du régime alimentaire qui deviendra plus carné.

## 2. Les déterminants de la demande

### Pour l'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 de métropolisation plus important du type des grandes villes. En 2050, la population rurale tomberait à moins de 3 millions, celle urbaine montera à 10 millions. Ce phénomène va s'accompagner inéluctablement par une augmentation des besoins individuels 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 m<sup>3</sup>/hab/an en 1990 à 40 en 2006. Ils seront à 60 en 2030 et vraisemblablement à 80 en 2050 si la tendance de l'augmentation des besoins se poursuit. Cela signifie que la demande en eau potable qui était en 2006 de 460 millions de m<sup>3</sup>/an, sera de 735 en 2030 et d'environ 1 million de m<sup>3</sup>/an en 2050. C'est-à-dire qu'elle aura plus que doublé 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 salinité inférieure à 1,5 gr/l, 11% de cette population la consomment avec une salinité entre 1,5 et plus que 2,5gr/l, l'ensemble de ces niveaux de qualité tendront à évoluer vers des niveaux de salinité 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.

### **Pour l'eau agricole :**

- ❖ 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 que pour l'irrigation d'appoint pour les cultures ordinairement pluviales.



### 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 possible 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 des besoins et des changements des habitudes alimentaires.



### Bilan alimentaire du tunisien en équivalent eau

Horizon temporel	2010	2030	2050
Population en million	10,6	12	13
Besoins alimentaires globaux en équivalent eau en m <sup>3</sup> /an/hab	1500	1600	1700
Part de ces besoins couverte par l'agriculture irriguée (légumes, fruits, lait, viande...) ~ 30% en m <sup>3</sup> /an/hab	450	480	510
Part de ces besoins couverte par l'agriculture pluviale (céréales, légumineuses, viande, huile...) ~ 70% en m <sup>3</sup> /an/hab	1050	1120	1190
Part des céréales dans l'agriculture pluviale ~ 60%, en m <sup>3</sup> /an/hab	630	672	714
Couverture en céréales par la production locale 55%, en m <sup>3</sup> /an/hab	346	370	393
Importation en équivalent eau sous forme de céréales en m <sup>3</sup> /an/hab	284	302	321
Equivalent eau importée pour toute la Tunisie en milliards m <sup>3</sup> /an <sup>(1)</sup>	3.00	3.60	4.00

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

Il ressort de ce bilan que:

- ❖ Les importations nettes en céréales représentent à elles seules près du 1/5 des besoins alimentaires du tunisien en équivalent eau.
- ❖ Le volume global d'eau virtuelle importée sous forme de céréales dépasse à lui seul la moitié des ressources totales disponibles en termes d'eau de surface et d'eau souterraine.

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 ce qu'il faudrait faire. En effet, dans quelques années, lorsque toutes les ressources d'eau auront été mobilisées et les mesures techniques, réglementaires et institutionnelles auront été épuisées, alors que la demande n'aura pas encore été stabilisée, pour assurer la sécurité hydrique et alimentaire du pays ?



Des scénarii pour 2030 ont été testés pour apporter des éléments de réponse à cette question à travers le recours à l'eau virtuelle sous forme de produits alimentaires importés :

- ❖ Le premier correspond au maintien de l'état actuel de la gestion de l'eau à l'exception de l'évolution de la population qui devrait atteindre 12 millions en 2030. Tous les autres éléments 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 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2004 à 8,5 milliards de m<sup>3</sup>/an en 2030.
- ❖ L'indice de dépendance hydrique de l'extérieur qui était de 31% en 2004 atteindra alors 45% en 2030.
- ❖ Le 2<sup>ème</sup> 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 m<sup>3</sup>/an/hab et la demande directe (notamment domestique) à 70 m<sup>3</sup>/an/hab.
- ❖ L'eau virtuelle importée requise pour combler le déficit alimentaire sera alors de 11,5 milliards de m<sup>3</sup>/an et l'indice de dépendance hydrique atteindra 51%.
- ❖ Le 3<sup>ème</sup> scénario, en maintenant les variables du 2<sup>ème</sup> cas, considère toutefois que la productivité de l'agriculture pluviale s'améliore de 25%.

L'eau virtuelle requise pour combler le déficit sera alors de 8,5 milliards de m<sup>3</sup>/an et l'indice de dépendance hydrique sera alors de 37,7%, (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.



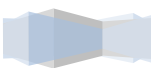
## 4. Orientations et stratégies

---

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

Elle permet d'autre part, malgré qu'elle ne soit pas rigoureuse, 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.
- ❖ L'impact des habitudes alimentaires de la population sur la structure du déficit hydrique est 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.
- ❖ L'introduction dans les orientations futures « d'une stratégie non conformiste » d'optimisation des échanges en rapport avec le bilan hydrique qui consiste à :
  - Diminuer les superficies des cultures irriguées destinées à l'exportation. Actuellement ces cultures consomment 25% des volumes d'eau destinés au secteur agricole et rapportent 11% 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 en eau est presque nul.
  - En tant que pays qui manque fondamentalement de ressources hydriques, la Tunisie a intérêt à importer le maximum 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 la libéralisation des échanges des produits agricoles.

## 5. Les propositions (13 à 27)

---

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

### 5.1. Pour le secteur de l'eau potable

- *En ce qui concerne la conservation de la ressource :*

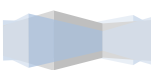
**(13)** L'amélioration du rendement de la SONEDE dans la lutte contre les pertes : La SONEDE devra viser des objectifs de rendement plus élevés (85% en 2005). Ces rendements sont entre 90 et 97% dans d'autres pays.

**(14)** Le renforcement et/ou **la réactualisation, si nécessaire, des mesures spécifiques prises au niveau national en 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.

**(15)** L'encouragement à **l'innovation technologique dans le domaine de l'eau domestique** en imposant des normes pour la fabrication locale privée d'équipements pour l'eau et une réglementation 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 à l'eau le même concept que celui de l'économie d'énergie en ce qui concerne les réfrigérateurs par exemple. La même approche serait aussi à appliquer lors du **choix des procédés industriels** à introduire en Tunisie, lesquels procédés doivent s'adapter aux conditions de la rareté des ressources en eau du pays.



- (16) L'introduction de **modèles économiseurs d'eau et esthétiques** pour les espaces verts publics et les 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 potable (plantes grasses, etc.).
- (17) 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.).
- (18) **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 à travers le monde peuvent être considérées à ce sujet.
- **En ce qui concerne la maîtrise de la demande :**
- (19) Introduire le facteur « eau » comme un des éléments fondamentaux de **l'aménagement du territoire au niveau national**, 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 dessalement sur place.
- (20) **Repenser et actualiser le modèle actuel de tarification de l'eau potable**, pour qu'il tienne toujours compte des évolutions technologiques et économiques, d'une part, et de la consommation domestique avec sa composante sociale mais aussi de confort et de loisir, et des autres consommations à caractère économique, d'autre part. 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.

## 5.2. Pour le secteur de l'eau agricole

- *En ce qui concerne la conservation des ressources :*

**(21)** Accompagner les orientations futures qui restent essentiellement fondées sur l'amélioration génétique des espèces cultivées pour réduire les besoins en eau et sur la mise en œuvre de technologies d'irrigation de plus en plus sophistiquées.

**(22)** L'efficacité globale de l'irrigation devra viser l'augmentation simultanée des revenus et de la production agricole par unité de volume d'eau.

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

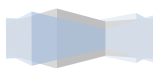
- ❖ Le renforcement de l'emploi de technologies modernes d'irrigation déjà en vigueur en Tunisie pour réduire les pertes d'eau, en substituant sur une part importante des superficies irriguées les méthodes gravitaires « traditionnelles » par des techniques de haut rendement (irrigation gravitaire améliorée, 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.
- ❖ Le renforcement de l'irrigation complémentaire 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.

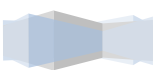


- (23) Généraliser dans les meilleurs délais possibles **les programmes d'économie de l'eau d'irrigation à la parcelle pour toutes les eaux non renouvelables du Sud**, et mettre en place des programmes de recherche-développement pour l'adaptation de systèmes de gestion de l'eau et des pratiques d'irrigation modernes compatibles avec les systèmes de cultures oasiennes. Il est aussi indiqué en parallèle, de diversifier l'économie des zones sahariennes pour alléger la pression socio-économique sur les ressources en eau et sur l'agriculture oasienne en général.
- (24) **Encourager l'utilisation rationnelle des eaux non conventionnelles** (eau usée traitée, eau salée) dans l'agriculture irriguée afin d'économiser les eaux naturelles de bonne qualité, en prenant toutes les mesures et précautions nécessaires pour éviter tous les effets négatifs.
- (25) 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 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.
- (26) 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**.



- (27)** Dissémination des innovations : Mettre au point des programmes de formation, d'information et de vulgarisation efficaces, pour disséminer les innovations techniques et culturelles dans le secteur des cultures irriguées.





# *L'Agriculture pluviale, un régulateur charnière du déséquilibre offre/demande d'eau*

---

L'intérêt accordé par cette étude à l'agriculture pluviale est une spécificité de l'étude « Eau 2050 en Tunisie » dans son approche de l'évaluation du bilan hydrique national, de la maximisation de la mobilisation et de la valorisation des ressources hydriques naturelles et de 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 dans les autres parties du rapport.

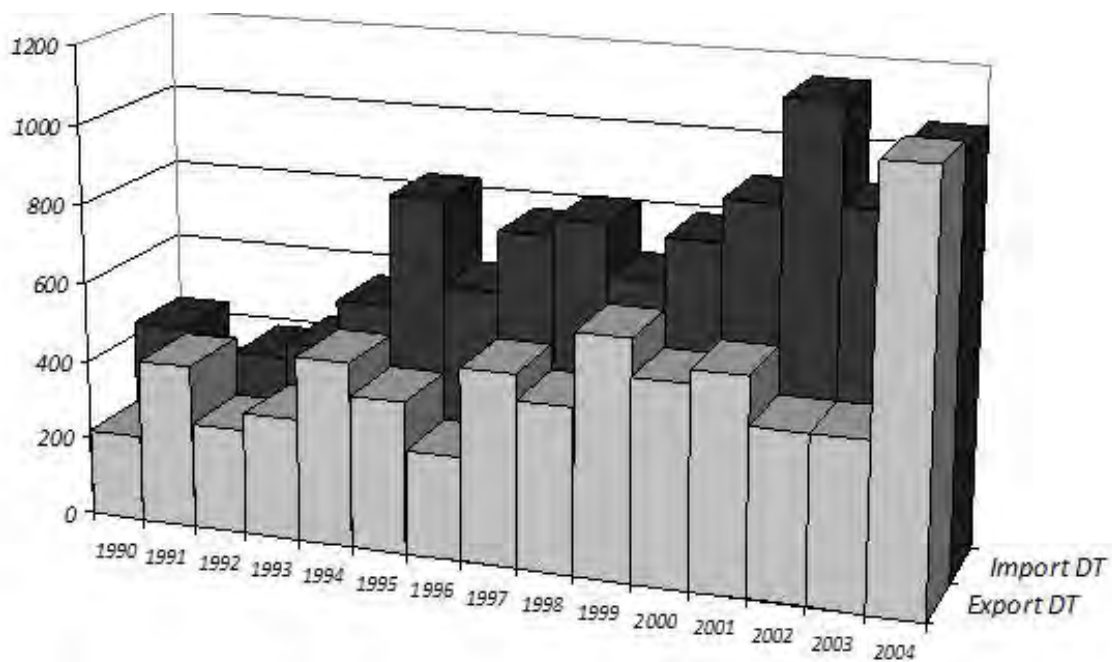
L'agriculture pluviale correspond à l'ensemble des cultures et des productions végétales et animales qui sont conduites ou produites sous un régime hydrique exclusivement pluvial. Elle exclue par conséquent tout ce qui est irrigué. Elle est abordée dans ce chapitre sous l'angle de son pouvoir mobilisateur 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 m<sup>3</sup>/an, parcours 6 milliards m<sup>3</sup>/an et forêts 4 milliards m<sup>3</sup>/an) est de loin le plus important mobilisateur/valorisateur d'eau pluviale avec un total de 23 milliards de m<sup>3</sup>/an.

La production de l'agriculture pluviale ne couvre 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 m<sup>3</sup>/an/hab en 1960 à 1450 m<sup>3</sup>/an/hab en 2000 et doivent dépasser actuellement les 1500 m<sup>3</sup>/an/hab.

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



Par ailleurs, la simulation estimant les besoins alimentaires du tunisien en 2030 et 2050 donnée ci-dessus (**Section 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 m<sup>3</sup>/an disponibles pour l'agriculture pluviale en

année moyenne et diminuer sa dépendance de l'extérieur. 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 directement quantifiée.

## 1. Les composants de l'Agriculture pluviale

---

Ces composants sont au nombre de cinq :

- ❖ Les superficies labourables qui couvrent 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 millions 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.

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).

## 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 et une protection contre l'érosion 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** 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 tels que 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 Jessour 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 le résultat et l'expression de l'organisation historique 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 mobiliser le plus d'eau de pluie possible sous forme de production agricole.

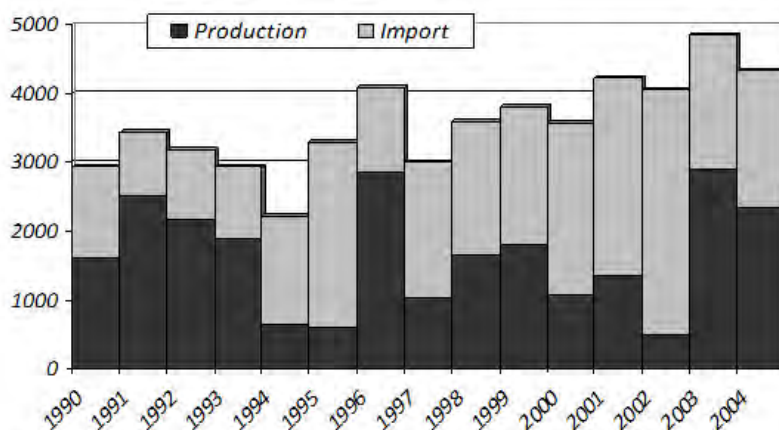
### 3. Problématiques et enjeux

Le poids de l'agriculture pluviale dans l'économie agricole du pays est important et fluctuant. La valeur annuelle de la production en sec stricto sensu s'élève en moyenne à environ 1,5 milliards de dinars pour la période 2000-2006 soit 53% de la production des terres cultivables. Ce taux est en retrait par rapport à la moyenne de la décennie 1960-1969 lorsque ce taux était de 66% et de même 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<sup>D</sup> aux prix actuels et une valeur ajoutée de 4300<sup>D</sup>.

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 agroalimentaires de la Tunisie a été négatif pendant les deux dernières décennies (à l'exception des années pluvieuses 1991 et 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**



Or, près de la moitié de l'équivalent eau des besoins alimentaires du tunisien est fournie en année moyenne par les cultures pluviales, environ 30% par l'agriculture irriguée et le reste soit environ 20 à 25% est comblé par l'importation d'eau virtuelle (équivalent eau sous forme de produits alimentaires, céréales, viandes...). De surcroit, cette partie équivalent eau importée est appelée à croître à l'avenir en raison de l'amélioration du niveau de vie, du croît démographique, et de l'évolution des habitudes alimentaires vers un mode plus carné. Les implications de cette évolution sur la balance commerciale alimentaire sont importantes. Elle engendre 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. 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. De même qu'un grand effort reste à faire au niveau de la sélection de plants et de semences adaptés 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 qui attend des solutions rigoureuses. En effet, le morcellement des exploitations agricoles continue de s'aggraver. Le nombre des exploitants augmente et les superficies par parcelle diminuent entraînant des difficultés d'aménagement hydraulique, 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 bon résultats. Elles attendent à être généralisées, éventuellement imposées et les facilités juridiques du démembrement arrêtées.

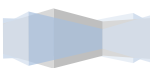
## 4. Orientations et stratégies

---

- ❖ 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 part sa contribution importante (30%) dans la couverture des besoins de consommation en produits agricoles 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. Ce déséquilibre d'intérêt doit être à l'avenir redressé.

- ❖ 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 l'appui de l'Etat, souvent aux dépens des 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.
- ❖ La vulgarisation, avec ses programmes d'intervention tous azimuts d'une manière souvent standardisée, utilisant une approche méthodologique qui n'est pas toujours adaptée au contexte socio-économique et qui n'est pas 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 la recherche du meilleur mode de son exploitation et d'autre part 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 ce qui suit:

- ❖ **La céréaliculture** 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 d'un point de vue purement technique 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.
- ❖ D'autres terres, dans les régions du Nord-Ouest, sont en pente et se trouvent, bien des fois, emblavées sans être aménagées 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 plante à la fois. Un aménagement simple au niveau de la parcelle aurait pu améliorer son efficacité et améliorer les rendements à l'hectare. La céréaliculture ne peut en effet tirer le meilleur profit de l'eau pluviale

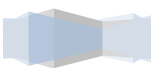
que lorsqu'elle est pratiquée dans son milieu favorable de sol profond et aménagé pour emmagasiner cette eau.

- ❖ L'oléiculture, avancée en partie dans l'âge (25% à 30% des plantations ont plus de 70 ans), 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 sur le long terme 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).
- ❖ 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 nécessitent d'être gérés et administrés autrement 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 analysée 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.

## 5. Les propositions (28 à 37)

---

- (28) 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 échelles plus grandes et plus adaptées 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 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, acceptées et respectées, avec les incitations nécessaires.
- ❖ L'amélioration de sa qualité intrinsèque en se fixant pour objectif de reconstituer la fertilité du sol 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.

**(29) L'adoption d'espèces et de variétés 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.

**(30) Procéder progressivement au rajeunissement et à l'extension de l'oléiculture 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.

- (31) L'adoption de brise-vents 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 ou de stabilisation de pentes (lutte contre l'érosion et augmentation de la rétention d'eau).
- (32) Repenser l'approche d'aménagement actuelle de récupération de l'eau** pluviale pour mieux l'adapter au contexte climatique de la région et tirer profit, là où il le faut, des expériences séculaires de **Meskats et Jessours** d'antan.
- (33) L'adoption de systèmes culturaux qui soient les mieux appropriés** aux conditions socio-économiques et au contexte écologique de la zone de culture. Ceci est particulièrement vrai pour le **système céréalière**, où il sera nécessaire de respecter les bonnes règles en matière d'assolement et de mécanisation raisonnée, pour le **système oléicole**, en identifiant les meilleurs sols à planter et les meilleures techniques de plantation les mieux adaptées (densité,...) et pour **l'intégration de l'élevage** dans l'exploitation agricole. Le tout pour améliorer les rendements et donc améliorer 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 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.
- ❖ 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.

**(35) Le réaménagement de la politique des prix et de l'importation** des principaux produits de l'agriculture pluviale (essentiellement céréales et légumineuses alimentaires) afin de réintroduire ces dernières dans les pratiques d'assolement après avoir été abandonnées en partie par manque de preneurs systématiques de ces légumineuses. Il en découle un déficit de production de ces produits et un appauvrissement du sol suite à l'emblavage successif en céréales préférées par les producteurs parce qu'il existe au niveau national un preneur systématique 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 en 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 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. Ceci nécessite l'identification et la



mise en place d'une structure de gestion adaptée aux conditions de l'exploitant tunisien (langue, outil informatique).

- ❖ 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 au niveau des assurances, en passant par l'aménagement hydraulique des exploitations, la préservation et l'amélioration des caractéristiques des sols et la sélection des plants et semences adaptées.

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)** Une meilleure prise en compte 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 l'incitant à l'innovation. Un tel comportement doit être développé jusqu'à devenir une culture chez l'agriculteur tunisien et même chez les novices (mesures préventives).

Ainsi l'anticipation des situations de crise, l'adoption d'espèces, de variétés et d'associations de cultures adaptées, de techniques optimales et de systèmes de défense active contre les fléaux naturels et 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) et la réduction des coûts des primes supportées par l'agriculteur à un niveau acceptable.

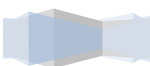
- ❖ Intervention et appui direct de l'Etat pour réassurer les systèmes d'assurances normales en cas de conditions climatiques exceptionnelles (sècheresse entre autres). Cet axe relève d'une solidarité nationale, et même au-delà d'une nation seule.

Ceci impliquerait l'activation du fonds de calamités agricoles créé par « la loi des finances de 1987 ». Actuellement 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 pendant les périodes difficiles, mais aussi pendant les périodes favorables. Il pourrait aussi avoir pour mission de valoriser les travaux de recherche menées 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 de définir le rôle et la responsabilité de chaque acteur et 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.**





# La Sécurité Hydrique

---

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

Tout au long des quatre chapitres précédents, la sécurité hydrique a été présente en filigrane des problématiques, des orientations, des stratégies et des propositions préconisées. Il n'y a donc pas lieu de les reprendre en détail 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.

## 1. Les composants de la sécurité hydraulique

---

- ❖ Le système de mobilisation des eaux de surface (40 grands barrages dont 10 en construction, 220 barrages collinaires, 700 lacs collinaires)
- ❖ Les systèmes acquièrès phréatiques et profonds (480 nappes et 30 puits injecteurs)
- ❖ Les unités de dessalement (4)



- ❖ Les unités de traitement d'eau usée (120)
- ❖ Le stockage stratégique (réserve sécheresse et réserves stratégiques)
- ❖ Les eaux frontalières.

## 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 et de la prévision des pluies.
- ❖ La gestion coopérative des eaux frontalières.

## 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 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.

L'objectif de la sécurité hydraulique est 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 disfonctionnements conjoncturels des systèmes.

## 4. Orientations et stratégies

Les principales orientations nécessaires pour assurer la sécurité hydraulique du pays concernent neuf domaines :

### 4.1. 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. 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 suite à 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.

### 4.2. Gestion des crues :

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 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 ou en aménageant des retenues spéciales aux fins de recharge artificielle des nappes. Cela

constitue la meilleure façon de maîtriser les crues et protéger les populations à la fois. La déviation vers la mer des eaux des crues par des canaux ouverts actuellement pratiquées n'est pas la solution optimale et doit par conséquent être reconsidérée sérieusement. (Notamment dans les programmes de protection des villes contre les inondations).

### **4.3. 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.

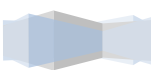
A titre d'exemple, avec le maintien du rythme actuel d'érosion sur la Mejerda, le barrage de Sidi Salem, sera envasé à 40% en 2030 et à 57% en 2050. Celui de Sidi Saad sera envasé à 67% en 2030 et à 95% en 2050. Le tableau ci-après indique la situation d'envasement prévisionnel pour chacun des grands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



### Capacité utile des anciens grands barrages en 2010 - 2030 et 2050

Nom du barrage et date bathymétrie	Date mise en eau	Capacité mise en eau (Mm3)	Envasement ent/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
BirMcherga (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
SidiSaad (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 antiérosifs dans les bassins versants diminue l'érosion et réduit l'ampleur de l'envasement des barrages à un taux pouvant atteindre les 40%. **On retrouve ici l'importance des recommandations concernant l'agriculture pluviale, les aménagements hydrauliques les concernant, de même que les interventions au niveau des**





sols, le tout afin de retenir plus d'eau sur la parcelle et augmenter l'efficacité de cette agriculture.

#### **4.4. Réhabilitation et modernisation des ouvrages hydrauliques :**

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

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

#### **4.5. Gestion des eaux transfrontalières :**

La gestion des eaux transfrontalières concerne plusieurs oueds dont les bassins versants sont partagés avec l'Algérie ainsi que les nappes sahariennes dont l'exploitation 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 d'informations, chaque partie se préservant toutefois la souveraineté de la décision.

En effet, 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 AinDalia situé à l'amont de Souk Ahras. Cinq autres barrages sont programmés sur le Mellègue, le premier sera construit sur le Mellègue juste 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 SafSaf qui est 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.

Afin de compenser en partie cette amputation, la Tunisie réalisera son propre programme de Barrages envisagé sur les affluents de l'Oued Kebir se déversant en Algérie, ainsi que ceux sur les oueds de Mellila, Iddir affluent de Bou Gous.



Or, tout cela peut représenter comme on le verra, un facteur d'insécurité pour les parties concernées.

#### **4.6. La mobilisation des eaux des grandes crues exceptionnelles :**

La mobilisation des eaux des grandes crues devra être faite par l'augmentation de la capacité des barrages, par l'adjonction d'autres barrages à l'amont, sur leurs affluents ou par l'aménagement de retenues spéciales destinées à collecter les eaux avant leur injection dans les nappes souterraines.

Les contraintes topographiques, géologiques, techniques, et souvent financières ont précédemment limité le niveau de la retenue des barrages et par conséquent, leur capacité de stockage. De plus, ces barrages ont été planifiés d'une façon indépendante et ne sont donc pas forcément interconnectés pour fonctionner en complémentarité. Leur intégration à toutes les unités hydrauliques, 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.

#### **4.7. Recharge artificielle des nappes :**

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. 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 piézométrique dans les ouvrages d'exploitation. Elle permet également une meilleure préservation des eaux contre l'évaporation ainsi que la constitution de réserves de sécurité plus sûre, que les réserves de surface.

#### **4.8. Diminution des pertes physiques 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. Cependant, une partie importante du stock s'évapore. Elle est équivalente à **une tranche d'eau de**



**1,5mètre/an de la surface des retenues.** 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 était limitée à cause du vent.

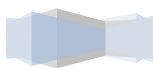
A titre d'exemple, la lame d'eau évaporée dans la retenue du barrage de Sidi Saad et de l'ordre de 1,58 m (soit en moyenne 12 millions de m<sup>3</sup>/an. Celle évaporée dans la retenue du barrage El Houareb est de 1,63 m (soit 2 millions de m<sup>3</sup>/an). Extrapolée à tous les barrages et lacs collinaires, le volume d'évaporation peut représenter plus qu'une centaine de millions de m<sup>3</sup>/an. Cela soulève la problématique de la réserve sécheresse d'environ 600 millions de m<sup>3</sup> retenue en permanence dans les barrages de même que celle des volumes non utilisés en sus de la réserve sécheresse. De là apparaît l'importance cruciale du stockage souterrain par la recharge artificielle.

Une façon de limiter ces pertes par évaporation, consiste donc à limiter le temps de séjour de l'eau dans les barrages, soit par une utilisation directe, soit par son injection dans les nappes aquifères, soit en la transférant vers des barrages où l'évaporation est moindre.

Dans le nord du pays, les nappes de Ghardimaou, Bulla Regia, Ousafa, Ras -Ain sont favorables pour la recharge. Le Cap Bon de son côté, présente de grandes nappes (Grombalia, Haouaria, Takelsa, Côte orientale) adéquates pour stocker de grandes quantités d'eau. Il en est de même pour les grandes nappes du Centre, du Sahel, de Sfax et du Sud qui sont d'immenses réservoirs de stockage d'autant plus qu'elles sont surexploitées.

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, KanguetZazia. 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.



#### 4.9. Gestion de l'envasement des barrages :

La gestion de l'envasement des retenues des barrages, par le contrôle de l'érosion dans le bassin versant ou par le désenvasement, permet de conserver leur capacité de rétention et donc de limiter le ruissellement de l'eau pluviale vers la mer et de préserver leur performance.

### 5. Les propositions (38 à 46)

**(38)** L'extrême nord du pays constitue le château d'eau de la Tunisie et le réservoir national d'eau potable (taux de sel  $\leq 1\text{g/l}$ ). Il y tombe entre 750 et 1500 mm/an de pluie. La mobilisation de la plus grande partie de ses apports devra constituer une composante essentielle de la stratégie eau 2050 et de la sécurité du pays en eau potable.

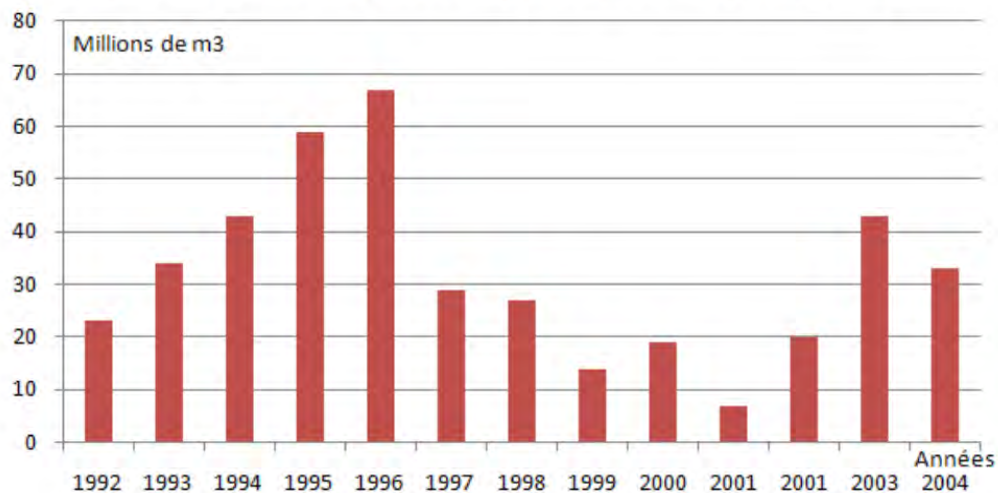
Il est par conséquent proposé d'accorder une attention spéciale aux potentialités hydriques de cette zone afin de l'équiper intensément de barrages de toutes tailles afin d'intercepter un apport annuel estimé à 960 millions de m<sup>3</sup>/an soit un peu plus que le 1/3 de l'apport annuel total du pays en eau de ruissellement. Il faudra également profiter des crues fréquentes 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, 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 sécurité nationale.**

**(39)** La sécheresse est le phénomène naturel le plus grave à craindre. La vulnérabilité du pays en est grande et ses impacts négatifs sont inscrits dans la mémoire collective. En vue de gérer ses méfaits, il est préconisé, outre la constitution de la **réserve sécheresse** de 0,6 milliards de m<sup>3</sup> dans les barrages, de renforcer cette réserve **par la lutte contre les pertes**, l'économie dans l'usage de l'eau en faisant 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, et de **favoriser le transfert rapide de l'eau** d'une région à l'autre par **l'interconnexion des barrages**.

**(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 connue 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 idée force de l'«Etude Eau 2050 ».

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



La prépondérance des nappes phréatiques et la grande capacité d'emmagasinement des principaux systèmes aquifères (profonds en particuliers) les prédisposent au stockage de grandes quantités d'eau. A cette fin, il est nécessaire de procéder à:

- L'approfondissement à grande échelle, dans le cadre d'un programme national, des études techniques et scientifiques à cet effet.
- L'identification au niveau de chaque région naturelle, 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 spécialement construits à cette fin.



Et à :

- 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.
- (41)** Les ouvrages hydrauliques, qu'ils soient des barrages, lacs collinaires, ouvrages d'adductions d'eau, réseaux de distribution, stations de traitement d'eau potable, forages profonds, ou autres, se dégradent avec le temps et deviennent obsolètes. Il s'agit de les **réhabiliter constamment**, de les **moderniser progressivement** afin de les maintenir constamment en état de bon fonctionnement. Cela devra être un objectif majeur de toute gestion optimale du secteur de l'eau.
- (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 maîtrise parfaite des technologies adoptées et adaptées l'introduction des innovations rendues nécessaires aussi bien pour la mobilisation, le transfert et la préservation 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.**
- (43)** Les changements climatiques deviennent de plus en plus une réalité palpable à travers le monde. La Tunisie pourrait être 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.

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, du Centre et du Sud afin de recharger ces nappes à partir des eaux de ces crues et constituer ainsi un « **stockage de haute sécurité** », protégé contre l'évaporation et



toujours disponible pour prendre le relais des eaux de surface en cas de nécessité impérieuse aussi bien pour l'agriculture que pour l'approvisionnement en eau potable.

**(44)** Les technologies évoluent et le dessalement par l'énergie solaire est prévisible pour les années à venir, d'autant plus que la Tunisie s'est lancée sur la voie des énergies renouvelables (solaire et éolien).

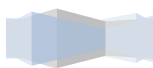
Il est proposé qu'elle se lance avec la même vigueur et détermination sur la voie du **dessalement extensif par l'énergie solaire directe ou à travers l'électrolyse par l'électricité solaire**. La façon efficace pour le faire, à l'instar du Plan relatif aux énergies renouvelables, c'est d'engager de suite aussi des projets d'envergure pour le dessalement, à l'échelle industrielle.

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

En effet, la sécurité hydrique se répercute sur la sécurité alimentaire et sociale. Il en est de même pour l'insécurité. L'effort national en matière de recherche et développement devrait être orienté vers ces sécurités en sus de celles concernant l'énergie et 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.

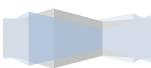
Une révision profonde de la Recherche et Développement agricole peut s'avérer nécessaire en termes de définition de missions, d'objectifs, d'organisation, de méthode de travail et de productivité. Il est proposé d'inclure cette recherche, avec des objectifs précis, dans le cadre des Programmes Nationaux Prioritaires.

**(46) La gestion des eaux transfrontalières** 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 des 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 de l'ensemble de la Tunisie et de l'Algérie.



Nous vivons, comme dit plus haut, le temps de la gestion des extrêmes climatiques. Les inondations catastrophiques de 2010 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 ce que bon lui semble, de même d'ailleurs comme pour les autres pays arabes) et sachant que les deux pays sont entrain d'édifier des chapelets de barrages de part et d'autre de la frontière sur des cours d'eau qui ont chacun son lit d'écoulement naturel dans les deux pays, l'on imagine l'ampleur de la catastrophe suite à des crues exceptionnelles au cas où ces barrages lâchent ou sont volontairement « lâchés » pour des raisons de sécurité ou accidentelles, provoquées ou non, à l'aval de ces barrages.

Il est proposé par conséquent d'œuvrer pour l'établissement d'une **convention pour la gestion des crues et des lâchers de barrages et des accidents de pollution hydriques, avec le voisin algérien**. Un système permanent et institutionnalisé de communication et concertation doit être mis en place par les deux parties.







# *Une gouvernance de l'eau à la hauteur des grands défis*

---

## **1. Les défis futures liés à l'eau en Tunisie**

---

- ❖ 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 jamais un facteur limitant pour le 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 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<sup>ème</sup> 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 enfin le 3<sup>ème</sup> défi.

Sur le plan de la gouvernance, être conscient de ces défis constitue en soi déjà un pas important en direction de les relever. Car, la bonne gouvernance n'est pas seulement une affaire de lois et de réglementation, mais suppose également des acteurs avertis et conscients des enjeux et de la gravité des conséquences des pénuries et de 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 sont 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 renforcées. 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.

## 2. Les propositions (47 à 59)

---

### 2.1. Sur le plan organisationnel :

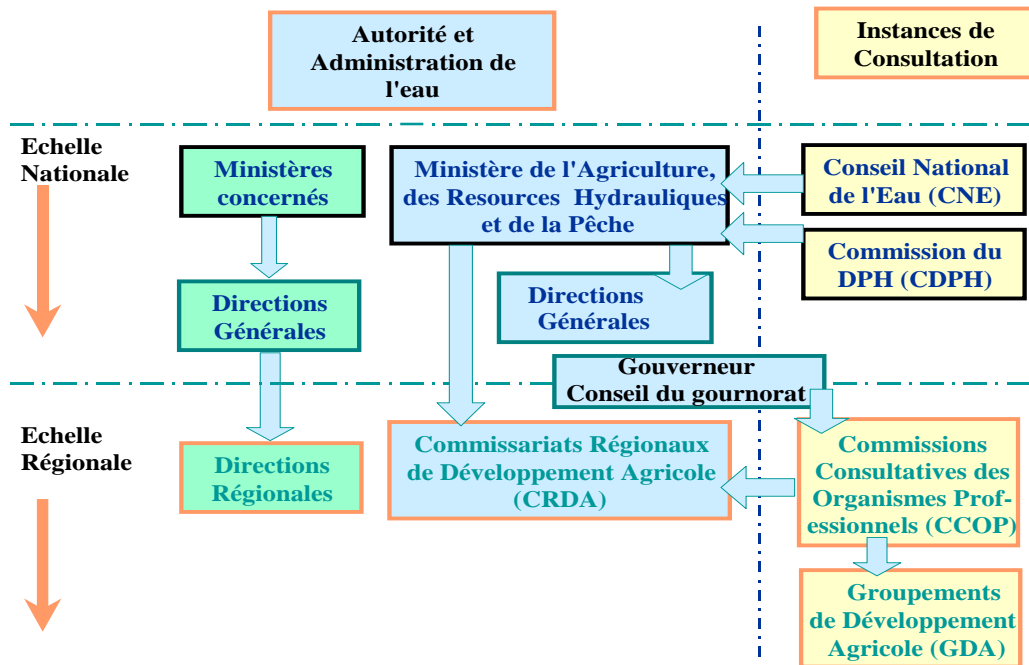
#### **(47) Renforcer la coordination effective des actions de l'Etat et instaurer une coopération réelle entre les instances de l'eau :**

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 de renforcer 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 efficients 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 réelle 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 :

### Organisation de l'administration de l'eau



(48) Institutionnaliser les mécanismes de partenariat entre l'administration, les bénéficiaires et les acteurs de l'eau.

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'usagers 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.).



**(49) Encourager la délégation des tâches à caractère techniques aux organismes publics 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. 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.

**(50) 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 en charge 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 de la société civile et des experts pourraient également y prendre part.

**2.2. Sur le Plan structurel :**

**(51) Mise en place d'une Agence Scientifique pour soutenir la politique de l'eau :**

A l'exemple de l'Agence Nationale de Maîtrise de l'Energie (ANME), cette Agence sera chargée de la coordination et 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 où se développent la recherche appliquée et le transfert des technologies avancées et sur l'expertise de laquelle s'appuie la politique du pays dans le domaine de l'eau.

**(52) Création d'une Agence de Maîtrise et de Gestion du DPH (Domaine Public Hydraulique).**

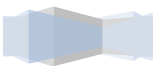
Il s'agit d'améliorer d'une façon intégrée les conditions de durabilité des ressources en eau destinées à l'irrigation, en créant un cadre propice pour **lutter contre la surexploitation et la dégradation de la qualité de l'eau de toutes les nappes phréatiques du pays ou pour les prévenir** : (i) réadaptation 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, etc.

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.

**(53) 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.

### 2.3. 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 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 et le stockage stratégique.

**(54) Délimiter dans le code de l'eau, l'ensemble des ressources conventionnelles et non conventionnelles :**

Comme la plus part 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. Cette vision hydraulique a atteint ses limites et c'est avec toutes les ressources 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.

**(55) 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 m<sup>3</sup> procède d'une démarche originale et innovatrice qui s'appuie sur des constats tout à fait objectifs.

**(56) 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.

**(57) Etendre à l'agriculture pluviale certains avantages accordés aux cultures irriguées dans le code des eaux :**



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 (mécanismes d'aide et de soutien aux agriculteurs durant les années sèches, assurance, etc.). Ces avantages doivent inclure également les facilités de financement.

**(58) Promouvoir la valorisation économique de l'eau dans le code :**

La gestion efficiente 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 irriguées 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 doivent 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.

**(59) 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.





# Conclusions

---

- ❖ L'« Etude 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 mis quand même en évidence des aspects du cycle de l'eau qui, pris individuellement, peuvent paraître comme 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 en maximisant les bénéfices durant les bonnes années et en minimisant les déficits durant les années sèches. L'incorporation de l'agriculture pluviale dans le bilan est donc aussi 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 qui est celui de l'eau virtuelle, ou équivalent eau importée sous forme de produits alimentaires, nécessaire pour équilibrer le bilan faute de pouvoir produire, par manque d'eau pluviale, les quantités 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 constituée, elle aussi, une innovation de l'étude eau 2050.

❖ Enfin, la recharge artificielle des nappes est apparue dans l'étude comme un élément fondamental, et non des moindres, 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, dans le cycle naturel des eaux, celui de l'écoulement souterrain. La nécessité de sa mobilisation 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.

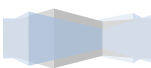
❖ En dernière distillation, l'étude 2050 a fait émerger six piliers de la sécurité hydrique nationale :

**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 propre local 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 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 organiquement.

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

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 alimentaire nationale équilibrée. Une optimisation des échanges de produits agricoles par l'exportation de produits 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, 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 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 selon les régions et les usages afin de profiter des eaux des crues et surtout de cette « **richesse naturelle** » que constitue **la grande capacité de stockage** et la bonne distribution régionale des grandes nappes du Cap Bon, du Sahel, du Centre de Sfax et du Sud, pour assurer une sécurité hydrique nationale presque parfaite.
- 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<sup>ème</sup> degré, le désenvasement des barrages, le dessalement de l'eau, la sélection de plants et semences adaptés au climat tunisien, la pédologie et la mesure de l'évapotranspiration, constituent les composants essentiels garantissant 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 toujours abondantes peuvent être puisées en permanence et à l'infini.

Dans l'étude complète, qui est synthétisée dans le présent rapport, il y a une esquisse des coûts de la sécurité hydrique préconisée montrant que ceux-ci restent raisonnables et que



les solutions proposées sont faisables du point de vue des institutions, des ressources humaines et des financements nécessaires.

./.

