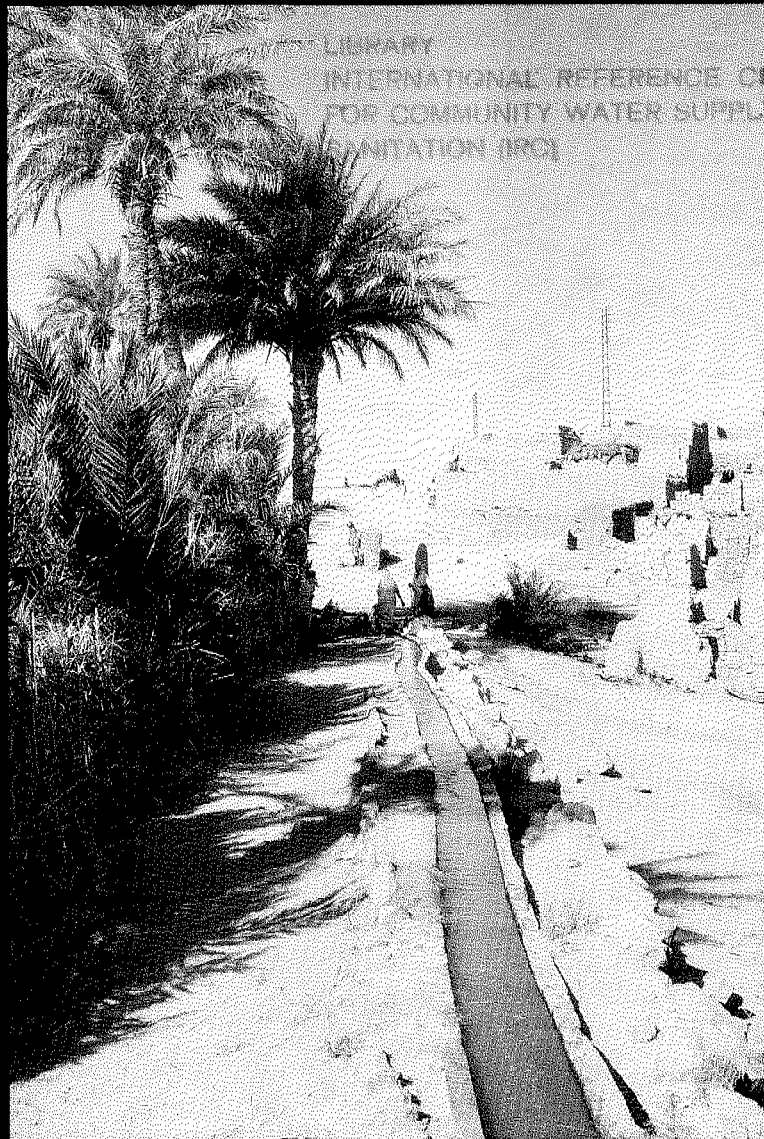


824 AFW95



PROGRAMME HYDROLOGIQUE INTERNATIONAL

## Les ressources en eau des pays de l'OSS évaluation, utilisation et gestion

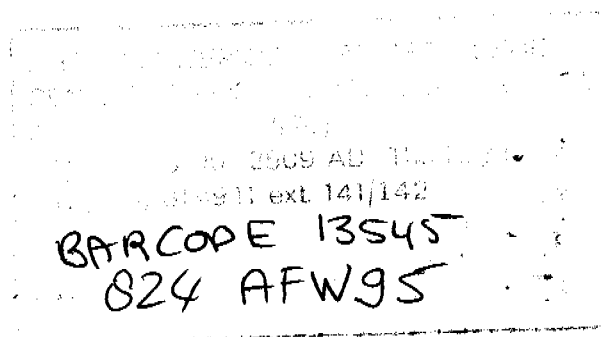


Mai 1995



824-AFW95-13545

# Les ressources en eau des pays de l'OSS évaluation, utilisation et gestion



**Mai 1995**

Les appellations employées dans ce document et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Observatoire du Sahara et du Sahel ou de l'UNESCO aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

---

*Photo de couverture réalisée par Jean-Marc LOUVET, OSS.  
A la sortie d'une foggara, canal d'acheminement de l'eau vers le partiteur et la palmeraie.  
Timimoun, région du Gourara, Algérie.*

SC.95/WS.24

## **SOMMAIRE**

|  |              |
|--|--------------|
| <b>EDITORIAL</b> .....   | <i>p. 4</i>  |
| <b>INTRODUCTION</b> .....  | <i>p. 5</i>  |
| <b>1 LES RESSOURCES EN EAU : FAITS MAJEURS</b> .....                                     | <i>p. 6</i>  |
| 1.1. Place de la région de l'OSS dans le monde .....                                     | <i>p. 6</i>  |
| 1.2. Types et géographie des ressources en eau .....                                     | <i>p. 10</i> |
| 1.3. Données quantitatives .....   | <i>p. 19</i> |
| <b>2 LES UTILISATIONS D'EAU PRESENTES :<br/>    ETAT DES LIEUX ET CONSEQUENCES</b> ..... | <i>p. 24</i> |
| <b>3 LES BESOINS ET LES DEMANDES EN EAU FUTURS :<br/>    ESSAI DE PROSPECTIVE</b> .....  | <i>p. 40</i> |
| <b>4 LA GESTION DE L'EAU : PROBLEMES ET SOLUTIONS</b> .....                              | <i>p. 56</i> |
| 4.1. Conflits présents à régler ou futurs à prévenir .....                               | <i>p. 56</i> |
| 4.2. Solutions techniques .....  | <i>p. 60</i> |
| 4.3. Gestion intégrée de l'eau .....   | <i>p. 64</i> |
| <b>5 CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS</b> .....  | <i>p. 67</i> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....   | <i>p. 70</i> |
| <b>TABLE DES FIGURES</b> .....   | <i>p. 80</i> |

\* \* \*

## EDITORIAL

De tous temps, les sociétés ont été tributaires de l'eau. De leurs capacités de gérer et de partager cette ressource rare dépend toujours leur survie. C'est particulièrement le cas dans la zone du Sahara et du Sahel où l'eau est devenue un bien essentiel qui fait partie de l'histoire des pays et de la vie des hommes.

Cette ressource vitale et symbolique conditionne profondément l'imaginaire collectif des sociétés dans ces zones arides et semi-arides de l'Afrique.

Les ressources en eau souterraines, véritables "réserves secrètes", longtemps méconnues, sont aujourd'hui un enjeu considérable pour ces zones considérées, parmi tous les grands ensembles du monde, comme les plus démunies en ressource en eau naturelle.

L'UNESCO a lancé depuis longtemps des programmes de coopération scientifique internationale dans ce domaine, la Décennie Hydrologique Internationale (1965-1974), suivie des phases successives du Programme Hydrologique International (PHI). L'Objectif principal de ces programmes est de développer les bases scientifiques et technologiques pour une gestion rationnelle des ressources en eau, tant au niveau de la quantité que de la qualité, tout en tenant compte de la protection de l'environnement.

Dès le début, l'étude de l'hydrologie des régions arides et semi-arides a été abordée et s'est poursuivie régulièrement dans le PHI. La phase V du PHI (1996-2001) accordera une importance particulière à la gestion intégrée des ressources en eau dans les régions arides et semi-arides ainsi qu'à l'étude de la pollution et de protection des eaux souterraines.

L'Observatoire du Sahara et du Sahel -OSS- depuis son lancement, a accordé au domaine de l'eau une importance particulière. Agent de dégradation des écosystèmes ou indicateur de cette dégradation, l'eau est un élément dont les mesures quantitatives et qualitatives revêtent une importance capitale pour la compréhension des phénomènes de désertification. Depuis 1992, l'OSS mène un programme majeur intitulé *AQUIFERES DES GRANDS BASSINS*. Ce programme cherche à favoriser la concertation entre les pays partageant ces vastes bassins naturels sédimentaires contenant des aquifères peu ou pas renouvelables.

Il s'agit de promouvoir une "conscience de bassin" en travaillant à l'amélioration et à l'échange des connaissances sur ces ensembles (définition géologique et hydrogéologique mais également reconsidération des modèles ...), à la mise en place effective de structures de concertation face à une gestion encore mal maîtrisée, et à l'harmonisation des cadres législatifs.

L'OSS et l'UNESCO ont établi une coopération fructueuse sur ce thème et s'associent naturellement pour diffuser cette réflexion sur les enjeux que représente dans la zone de l'Observatoire pour les années futures cette ressource limitée. Cette réflexion de l'OSS a été réalisée avec le concours de Jean MARGAT. Elle revêt aujourd'hui une importance particulière avec la récente signature de la Convention Internationale de Lutte contre la Désertification par plus de 87 pays à ce jour.

Si chaque pays parvient à donner corps à cette "conscience" commune, des progrès rapides permettront à chacun d'être mieux prévoyant et plus efficace.

Nous serons alors à l'aube du 21<sup>ème</sup> siècle plus proches et plus respectueux des fonctions vitales de cet élément précieux.

Le Directeur de la Division  
des Sciences de l'Eau de l'UNESCO,  
András SZÖLLÖSI-NAGY

Le Directeur Exécutif  
de l'OSS,  
Chedli FEZZANI

## *INTRODUCTION*

La partie du continent africain qui forme le champ de l'Observatoire du Sahara et du Sahel est l'une des régions du monde où la rareté des ressources en eau peut le plus entraver le développement durable. Dans la plupart des pays de la région, la politique de l'eau et l'économie de l'eau doivent dès à présent et devront davantage à l'avenir faire face aux problèmes posés par une tension grandissante entre les ressources en eau limitées et les besoins en eau en croissance. La gestion de l'eau y prend donc une importance cruciale pour le développement. Cela requiert partout des efforts d'aménagement et de répartition des eaux, parfois déjà de production d'eau non conventionnelle, des efforts d'organisation et d'adaptation des utilisations, notamment de modération des demandes et d'économie d'eau, des arbitrages d'allocation de ressources et de répartition des charges économiques afférentes, croissant le plus souvent plus vite que le P.N.B. de chaque pays.

Suivant le degré des tensions entre les ressources en eau et les utilisations dans chaque pays, voire dans chaque province des pays les plus étendus, suivant aussi les structures et la nature des ressources en eau, suivant encore les moyens et les politiques socio-économiques de chaque pays, ainsi que les poids relatifs actuels et futurs des différents secteurs d'utilisation d'eau, donc des demandes, les approches, les importances relatives et les priorités attachées aux diverses solutions ne sont pas les mêmes :

- intensification des aménagements de maîtrise des eaux et développement de techniques nouvelles,
- transferts d'eau inter-régionaux,
- exploitation plus ou moins temporaire des ressources non renouvelées,
- production industrielle de l'eau : dessalement,
- réutilisation d'eau usée,
- développement des économies d'eau, du recyclage, des usages d'eau plus efficaces par action sur les demandes,
- redéploiement des utilisations et des demandes.

Cet essai réalisé par l'OSS dresse d'abord un bilan comparatif de situation, puis un inventaire des problèmes et des conflits que la gestion a pour objet de résoudre, et une revue des solutions techniques, suivis d'une esquisse des voies et des instruments d'une gestion intégrée de l'eau.

\* \* \*

## 1. LES RESSOURCES EN EAU - FAITS MAJEURS

Les ressources en eau de la plupart des pays de la région de l'OSS ont fait l'objet de monographies et d'évaluations assez récentes, le plus souvent dans le cadre des études de base des schémas directeurs d'aménagement des eaux liés aux plans de développement. Elles ont fait aussi l'objet de plusieurs synthèses régionales, illustrées par des cartographies spécifiques, soit des pays compris dans le monde arabe - à l'initiative de l'ACSAD et de l'UNESCO-ROSTAS (J. KHOURI et al. 1986, J. KHOURI 1990, M. SHAHIN 1989), soit des pays sahéliens d'Afrique de l'Ouest - à l'initiative du CIEH-

Il sortirait du propos d'exposer, même en abrégé, tous les résultats de ces études d'évaluation, dont on présentera seulement les chiffrages globaux essentiels. En prélude à une revue des problèmes et des objectifs de gestion de l'eau, il convient d'abord de mettre en lumière deux faits majeurs :

- de tous les grands espaces géopolitiques du monde, la Région de l'OSS est la plus démunie en ressources en eau naturelles, en grandeur absolue aussi bien que par rapport à sa population,
- à l'intérieur de cette Région, les ressources en eau sont différemment et inégalement réparties. Les types et les structures de ressources en eau des différents pays sont très contrastés et leurs degrés d'indépendance sont variés, ce qui crée des conditions de gestion très diversifiées.

Quelques données et chiffres essentiels à ces sujets seront rappelés ci-après.

### 1.1. PLACE DE LA REGION DE L'OSS DANS LE MONDE

Quelques chiffres fondamentaux :

|                 | Superficie<br>Millions de km <sup>2</sup> | Population 1990<br>Millions d'habitants | Ressources en eau<br>douce naturelles,<br>renouvelables<br>Milliards de m <sup>3</sup> /an |
|-----------------|---|---|--|
| Région de l'OSS | 16,57                                     | 282                                     | Intérieures : 420<br>Totales : 510<br>(avec ressources<br>externes potentielles)           |
| Monde entier    | 149                                       | 5 292                                   | 40 000   |

La région de l'OSS s'étend sur 11 % des terres émergées et sa population groupe 5,3 % de celle du monde (en 1990) mais ses ressources en eau intérieures, naturelles et renouvelables, ne s'élèvent qu'à environ 1 % des ressources mondiales qui équivalent à l'écoulement global : en moyenne 26 500 m<sup>3</sup>/an par km<sup>2</sup>, alors que la moyenne mondiale est d'environ 270 000 m<sup>3</sup>/an par km<sup>2</sup>. C'est naturellement la conséquence de la situation de la plus grande partie de la région dans la zone aride ou semi-aride, comme l'illustre bien la carte régionalisant les productions d'écoulement moyen annuel, de source UNESCO, présentée figure 1. Les apports locaux, on le voit, n'en sont pas moins très différenciés -d'à peine 1 000 m<sup>3</sup>/an à plus de 100 000 m<sup>3</sup>/an en année moyenne- et très inégalement répartis dans la région, ce qui entraîne de fortes disparités des ressources intérieures globalisées par pays. (cf. infra. 1.3). La grande irrégularité saisonnière et pluriannuelle des écoulements aggrave, en outre, la faiblesse des moyennes.

Tableau 1 - Ressources en eau naturelles renouvelables dans le monde (chiffres arrondis)

| Régions géopolitiques (groupes de pays)                            | Ressources totales, internes et externes moyennes en km <sup>3</sup> /an | Part d'origine extérieure à la région (ressources externes) en km <sup>3</sup> /an | Part relativement régulière (superficielle et souterraine) en km <sup>3</sup> /an |
|--|--|--|---|
| Région de l'OSS.   | 520  | 90   | 160   |
| Europe de l'Ouest, nordique et méditerranéenne (C.E.E. + A.E.L.E.) | 1 800  | 50   | 620   |
| Europe de l'Est et ex. URSS  | 5 200  | 300  | 1 400   |
| Amérique du Nord (USA et Canada)                                   | 5 700  | 0  | 1 700   |
| Amérique latine (avec Caraïbes)                                    | 11 500   | 0  | 4 000   |
| Afrique hors région de l'OSS. (avec Madagascar)                    | 3 650  | 0  | 1 350   |
| Proche et Moyen Orient, sous-continent indien et Asie du S.E.      | 8 070  | 400  | 1 600   |
| Chine (avec Mongolie et Corée N)                                   | 2 800  | 0  | 1 000   |
| Japon et "4 dragons"   | 700  | 0  | 200   |
| Australie et Océanie   | 900  | 0  | 250   |
| <b>TOTAL</b> Avec doubles comptes                                  | <b>40 840</b>  | <b>840</b>   | <b>12 280</b>   |
| Sans double compte   | <b>40 000</b>  | <b>0</b>   | <b>12 000</b>   |



Ces ressources intérieures de la région de l'OSS sont un peu accrues (de 20 % globalement) par les apports externes de fleuves issus de zones plus humides -dans les pays du Sahel d'Afrique de l'Ouest essentiellement- ce qui ne corrige que faiblement la disparité globale, tout en créant une dépendance en plusieurs pays receveurs.

La région de l'OSS est à l'évidence la plus pauvre en eau de toutes les régions géopolitiques du monde (Tableau 1).

Autant d'inégalité affecte les ressources naturelles rapportées au populations : en 1990, 1 560 m<sup>3</sup>/an par habitant (ressources internes) et 1 870 m<sup>3</sup>/an (avec les ressources externes) en moyenne pour toute la région mais moins de 1 000 m<sup>3</sup>/an par habitant en quelques pays, face à une moyenne mondiale de 7 500 m<sup>3</sup>/an (Fig. 2).

Il est généralement considéré que des ressources en eau moyennes par habitant de 1 000 m<sup>3</sup> /an, ce qui correspond à une "densité de population" de 1 000 habitants par million de m<sup>3</sup>/an de ressource, dans des pays où l'autosuffisance alimentaire nécessite l'irrigation, forment le seuil au dessous duquel des tensions apparaissent entre les besoins et les ressources, avec des risques de pénurie d'eau locales ou conjoncturelles. Dès à présent, six pays de la région de l'OSS ont des ressources en eau naturelles inférieures à 1 000 m<sup>3</sup>/an par habitant (Maghreb, essentiellement, plus Kenya), dont un a moins de 500 m<sup>3</sup>/an (Libye). Leur population s'élève, en 1990, à 63 millions d'habitants (22 % de l'ensemble des pays de l'OSS). Cette situation s'aggravera sensiblement au XXI<sup>e</sup> siècle en fonction des accroissements de population, généralement forts malgré quelques écarts entre pays (Fig. 3) : en 2025, six pays de plus auront des ressources inférieures à 1 000 m<sup>3</sup>/an par habitant, ce qui concernera en tout douze pays et 439 millions d'habitants (67 % de la population de l'ensemble des pays de l'OSS).

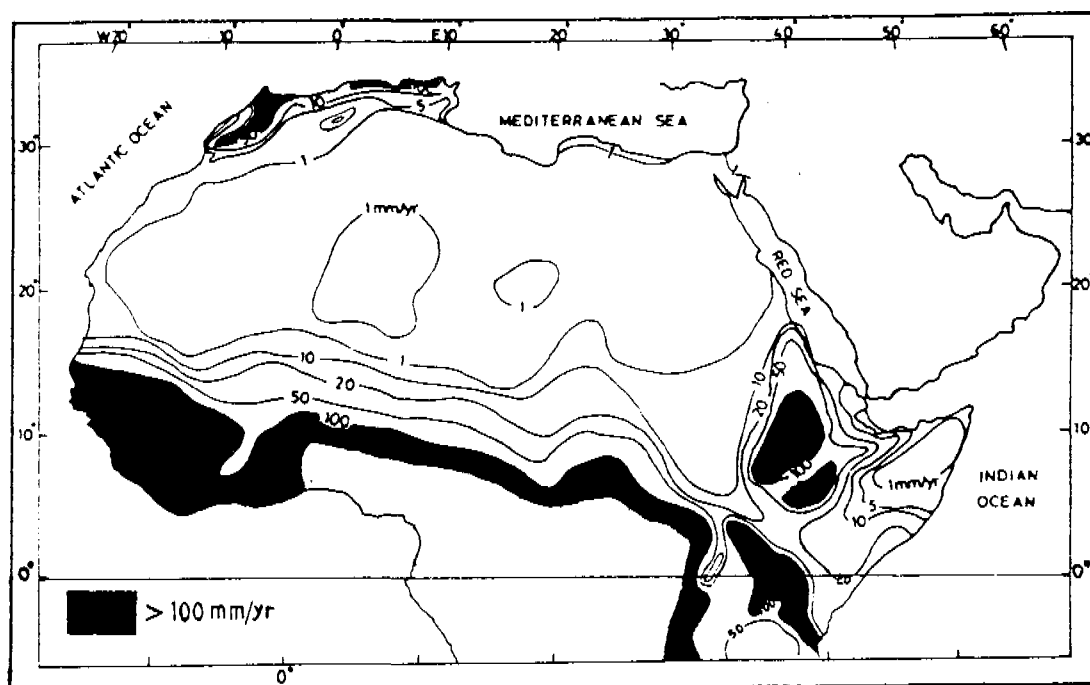


Fig. 1 : Distribution des hauteurs d'écoulement potentiel moyen annuel local dans la région de l'OSS : géographie de la génération des ressources en eau renouvelables (apports).

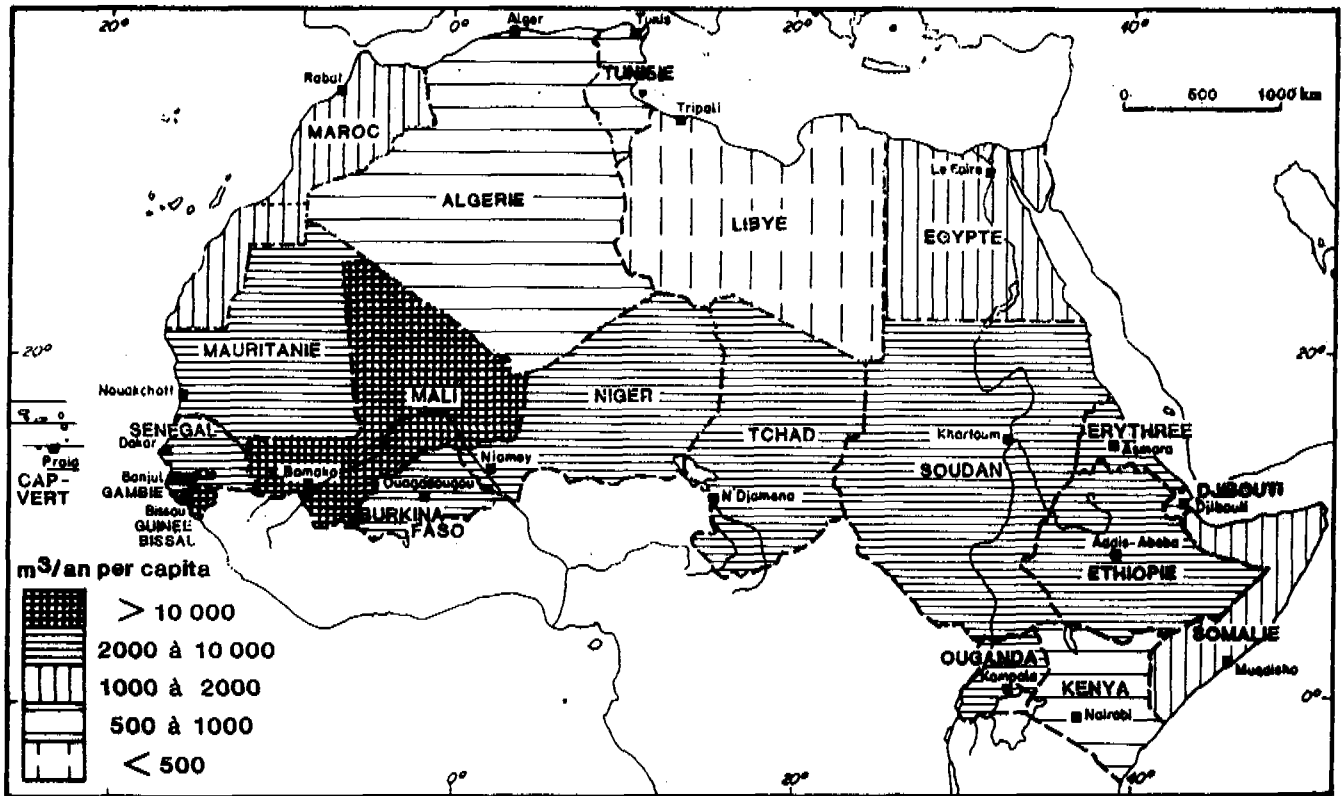


Fig. 2 : Pays de l'OSS classés suivant leurs ressources en eau renouvelables naturelles ou potentielles par habitant (rapportées aux populations de 1990).

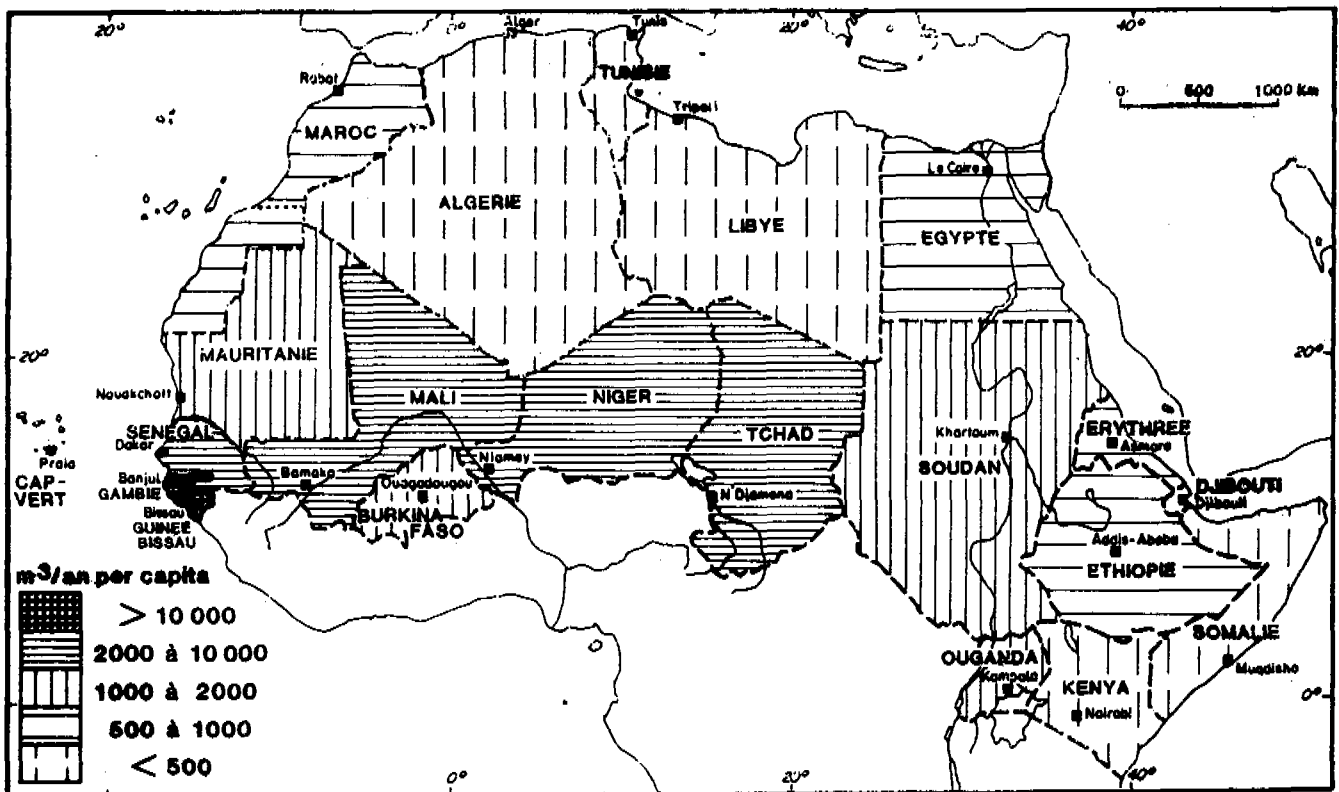


Fig. 3 : Pays de l'OSS classés suivant leurs ressources en eau renouvelables naturelles ou potentielles par habitant (rapportées aux populations projetées en 2025).

## 1.2. TYPES ET GEOGRAPHIE DES RESSOURCES EN EAU

A l'intérieur de la région de l'OSS les ressources en eau sont non seulement inégalement réparties en quantité, mais elles diffèrent par leur nature et leur structure. Trois grands types de structure de ressource en eau s'offrent et créent chacun des conditions d'évaluation et de gestion spécifiques. Une géographie des ressources en eau peut s'esquisser suivant cette typologie (Fig. 4).

(1) Structure complexe très compartimentée à ressources en eau renouvelables internes prédominantes, principalement superficielles mais à composante souterraine appréciable, facteur essentiel des ressources régulières permanentes, avec trois conséquences :

- Maîtrisabilité des ressources subordonnée non seulement au régime lié aux conditions climatiques semi-arides et aux structures hydrographiques et hydrogéologiques, mais aussi aux sites de barrage régulateur possible, dont les aménagements successifs ont généralement un rendement décroissant.
- Complexité et pluralité étagée des acteurs de la maîtrise et de l'aménagement des eaux : puissance publique, collectivités locales et agents individuels, ce qui implique une coexistence et une complémentarité de la "grande" et de la "moyenne et petite hydraulique", notamment pour l'exploitation des eaux souterraines, et une gestion des ressources en partie décentralisée.
- Indépendance par rapport aux pays voisins et régionalisation des ressources, dont les inégalités de répartition intérieure peuvent toutefois être atténuées par des transferts.

Ce type domine au Maghreb (au Nord du Sahara), dans les massifs anciens du Sahara (Hoggar, Aïr, Tibesti...) et dans les zones de socle des pays sahéliens (Burkina, Sud du Mali et du Tchad), en Afrique orientale (Ethiopie et pays riverains de l'Océan Indien).

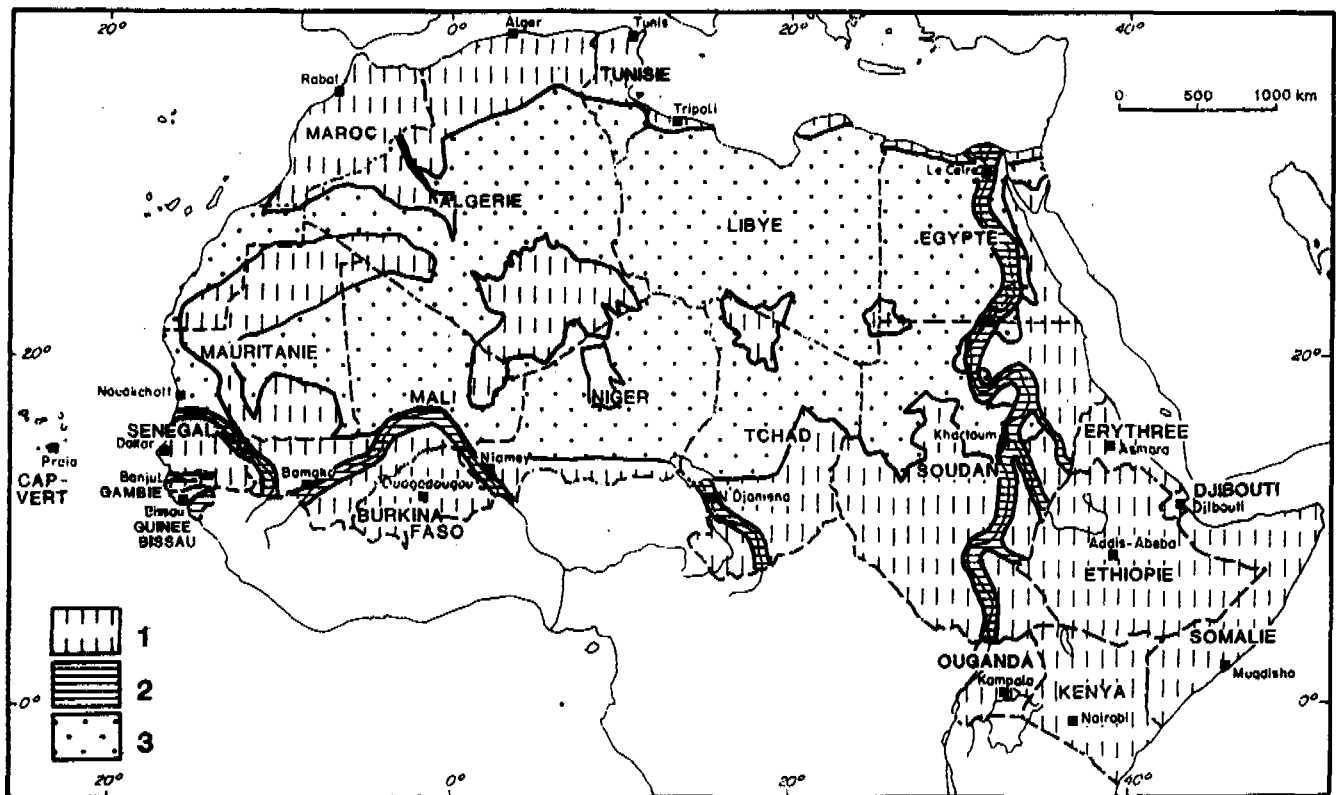
(2) Structure centralisée par un fleuve majeur (Nil, Niger, Sénégal) à forte composante d'origine externe, souvent générateur de ressources "secondaires" en eau souterraine (aquifère alluvial subordonné), notamment du fait de l'utilisation par l'irrigation, avec trois conséquences :

- Rôle majeur de la "grande hydraulique" et de la puissance publique dans la maîtrise, l'aménagement et la gestion des ressources,
- Effet structurant sur les utilisations, concentrées dans les vallées, et favorisant des "réutilisations" (au sens où une partie des ressources peut être utilisée plusieurs fois),
- Forte dépendance par rapport aux pays émetteurs de l'amont et astreinte par rapport aux pays receveurs en aval.

Ce type domine en Egypte, au Soudan, en Mauritanie, au Niger et au Tchad ; il contribue notablement aux ressources du Mali et du Sénégal.

(3) Structure profonde de grand bassin hydrogéologique à ressources en eau souterraine non renouvelables très prédominantes et à ressources en eau de surface négligeables, avec trois conséquences :

- Rôle majeur de la puissance publique dans la reconnaissance et l'exploitation des ressources.
- Nécessité d'une "gestion de stock" à long terme.
- Opportunité de concertation entre pays dans les cas fréquents où les grands réservoirs aquifères sont transfrontières. C'est l'un des axes majeurs du programme *AQUIFERES DES GRANDS BASSINS* développé par l'OSS.



**Fig. 4 : Répartition des types de ressource en eau prédominants dans la région de l'OSS.**

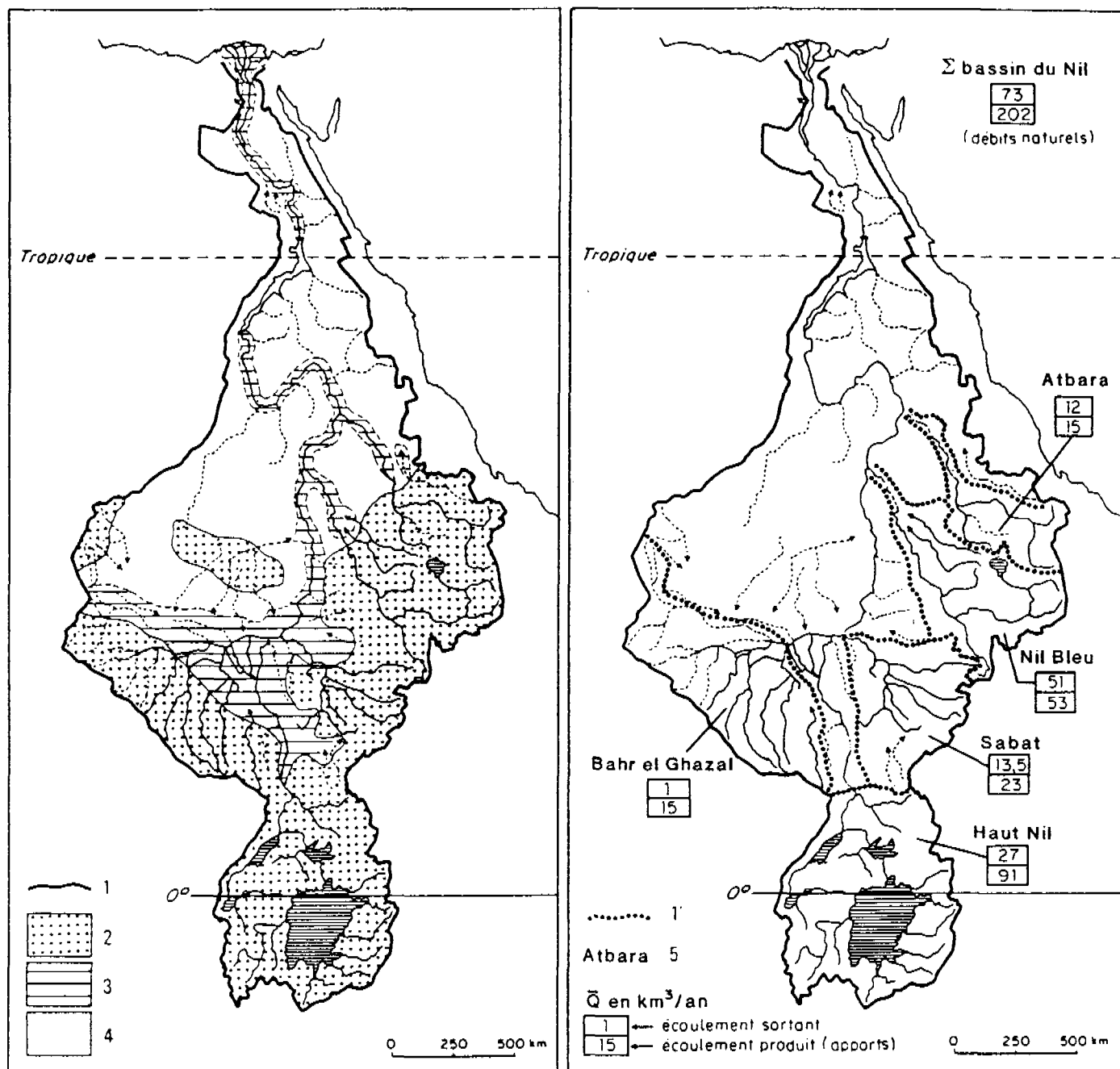
1. Ressources renouvelables intérieures (superficielles et souterraines) prédominantes
2. Ressources fluviales d'origine externe prédominantes
3. Ressources non renouvelables (eaux souterraines) prédominantes.

Ce type domine au Sahara (désert occidental d'Egypte, Libye, Sahara algérien, marocain et tunisien, zones sahariennes sédimentaires des pays sahéniens: Mali, Niger, Tchad, Soudan).

#### Problèmes d'évaluation spécifiques

Les conditions climatiques arides ou semi-arides qui règnent sur la plus grande partie de la région rendent les ressources renouvelables en eau superficielle des types (1) et (2) non seulement très irrégulières dans le temps, mais souvent non conservées dans l'espace : beaucoup d'écoulement fluviaux sont soumis à de fortes déperditions par évaporation notamment dans les deltas intérieurs tels que celui du Nil au Soudan (pertes du Bahr-El-Ghazal et du delta intérieur du Nil estimées à  $31 \text{ km}^3/\text{an}$ ) ou celui du Niger au Mali (pertes estimées à  $33 \text{ km}^3/\text{an}$ ), ce qui rend les écoulements décroissants d'amont en aval (Fig. 5 et 6). Dans le bassin du Nil entier, les déperditions totales naturelles (c'est-à-dire hors irrigations) par évaporation s'élèvent à près de  $130 \text{ km}^3/\text{an}$ , soit les  $2/3$  de la somme des apports locaux (Fig. 5). Le cas de bassins endoréiques comme celui du Lac Tchad accentue encore ce phénomène puisque la perte finale par évaporation est alors totale. Les estimations de ressource en eau de surface sur des bases hydrologiques doivent en tenir compte et se référer aux seuls domaines ou sous-bassins "productifs" :

- une partie des apports locaux ou affluents de pays voisin échappe aux chiffrages des écoulements sortants du territoire ce qui minimise l'estimation globale des ressources suivant cette approche. Pourtant, avant leurs pertes, ces écoulements constituent des ressources locales à prendre en compte.



Source : UNESCO 1979

Fig. 5 : Productions et déperditions d'écoulement dans le bassin du Nil.

Les vastes plans d'eau lacustres et les marais du delta intérieur du Nil Blanc, en zone tropicale, forment des aires de déperdition "consommatrices" d'une grande partie des écoulements produits en amont. L'extension du bassin en zone aride accentue ces pertes qui rendent les débits des cours d'eau décroissants.

- à gauche : zones productrices et consommatrices d'écoulement
- à droite : productions et écoulements sortants des principaux sous-bassins
- 1 : limite du bassin versant théorique
- 1' : limite de sous-bassin tributaire principal
- 2 : zone productrice d'écoulement
- 3 : zone consommatrice d'écoulement : évaporation réelle locale supérieure aux précipitations
- 4 : zone "aérique" en pratique, à écoulement potentiel local négligeable, à écoulement régional nul
- 5 : sous-bassin tributaire principal.

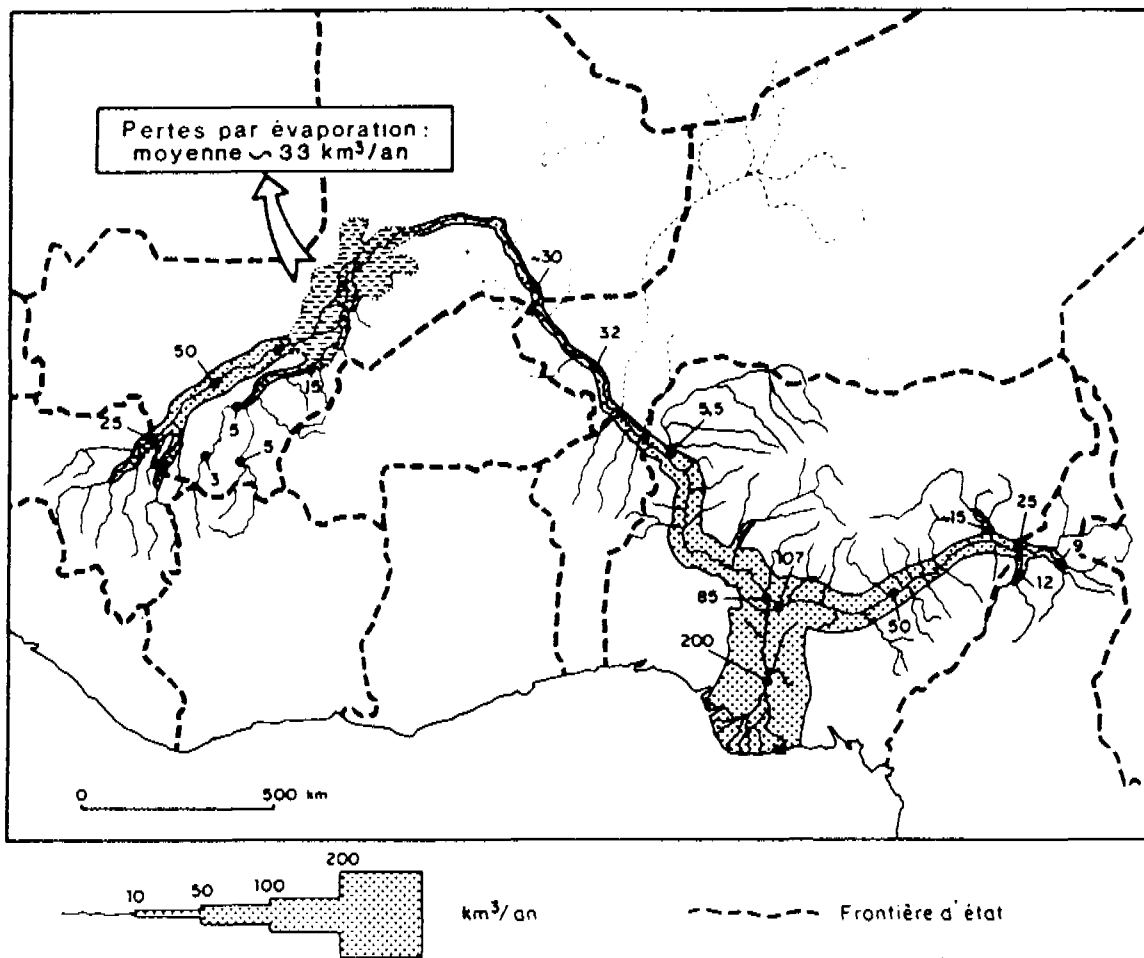


Fig. 6 : Variation des débits moyens le long du cours du Niger. Incidence des déperditions dans le delta intérieur au Mali.

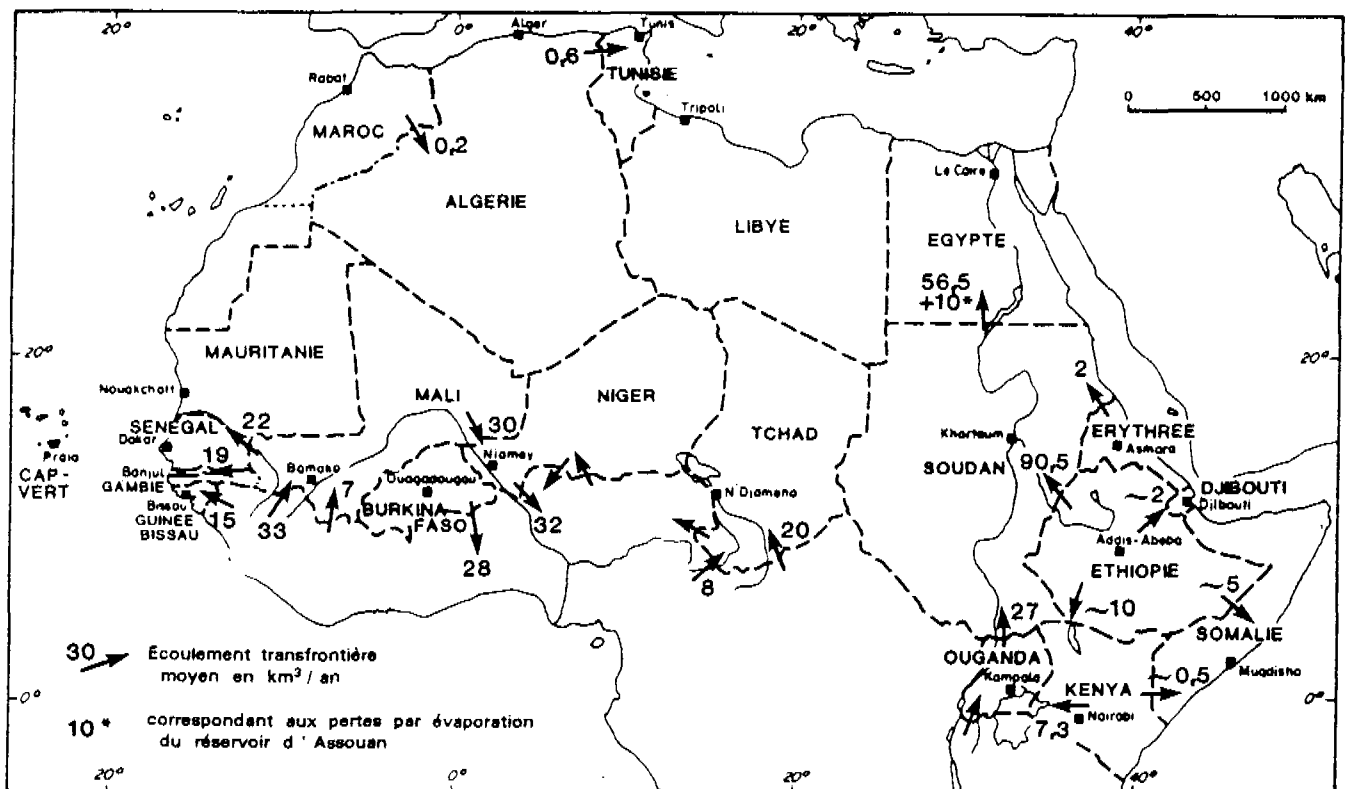


Fig. 7 : Principaux échanges d'eau transfrontières (Flux moyens annuels en km<sup>3</sup>/an)

**Exemple du bassin du Nil (Fig. 5)**

| Pays                           | Apports dans les hauts bassins productifs (écoulements potentiels) km <sup>3</sup> /an | Déperditions naturelles | Écoulement naturel sortant du territoire km <sup>3</sup> /an |
|--------------------------------|--|-------------------------|--|
| Kenya et Ouganda               | 91   | 54                      | 27   |
| Ethiopie                       | 91   | ~ 1                     | ~ 90   |
| Soudan :                       |  |                         |  |
| - Bahr-El-Ghazal               | 15   | }                       | 14   |
| - Autres bassins               | 5  |                         | 83   |
| - Affluences des pays amont    | ~ 117  |                         | 39   |
| Total                          | 137  | ~ 53                    | 84   |
| Egypte<br>Affluence de l'amont | 84   | 21                      | naturel théorique :<br>63                                    |

- Une partie de ces pertes est récupérable par des aménagements appropriés, réduisant l'extension ou la permanence des marécages et par conséquent les quantités d'eau évaporées : elle est donc à compter comme ressource.

Des problèmes similaires se posent pour estimer les ressources en eau souterraine renouvelables : les apports locaux par infiltration d'une part des précipitations (recharge des nappes souterraines, hors du cas particulier de leur alimentation par des eaux de crue...) estimés par diverses méthodes indirectes, sont généralement supérieurs aux écoulements souterrains collectés par les cours d'eau permanents et assimilés aux "débits de base" de ceux-ci.

Exemples d'estimations des ressources naturelles en eau souterraine de quelques pays du Sahel suivant ces deux approches :

| Pays    | Flux d'eau souterraine naturel estimé par calcul de l'alimentation des aquifères (en 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /an) | Flux d'eau souterraine naturel calculé d'après le débit de base des cours d'eau (en 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /an) |
|---------|--|---|
| Mali    | 65 (1)   | 16  |
| Sénégal | 9,3  | 7,6   |
| Tchad   | 20,6 } (2)   | 11,5 } (3)  |

- Références : (1) PNUD, 1990 [123]  
 (2) CIEH-BRGM, 1976 [102]  
 (3) L'VOVICH, 1974 [55]

Les trois types de ressources sont très inégalement sensibles aux variations conjoncturelles climatiques, notamment aux *sécheresses* : les structures de type (1) sont les plus vulnérables, alors que celles de type (2) sont plus vouées à des aménagements régulateurs centralisés, tandis que celles de type (3) sont insensibles. Ainsi les domaines où dominent les structures de type (2) sont les plus sensibles aux sécheresses, surtout en zone semi-aride à ressources pluviales non négligeables (pour l'agriculture dite "sèche" ou "pluviale") mais à forte irrégularité.

Il est à remarquer encore que les ressources en eau de chacun de ces trois types peuvent être sujettes à des **instabilités**, mais très différemment :

- Les ressources de type (1), sous l'effet de la dégradation progressive des capacités de maîtrise des écoulements irréguliers (envasement des retenues inévitable à long terme) et parfois sous l'effet des impacts des activités humaines sur le régime et les qualités des eaux (incidences de la désertification, pollutions), que des mesures conservatoires peuvent toutefois atténuer ou freiner, sinon neutraliser complètement.

Ces ressources sont aussi les seules directement exposées aux conséquences de la *désertification* sur le régime des eaux, tout particulièrement dans les pays du Sahel et du NE de l'Afrique où ces impacts du déboisement et de l'occupation du sol intensifiée sont le plus prononcés. Des répercussions hydrologiques de la désertification -bien distinguées et séparées de celles des sécheresses conjoncturelles- sont toutefois encore peu mise en évidence.

- Les ressources de type (2) sous l'effet de l'évolution des utilisations dans les pays en amont (croissance des consommations nettes, pertes par évaporation des réservoirs régulateurs, voire des rejets dégradant les qualités) ; à l'inverse, ces ressources peuvent être accrues dans certains cas par des aménagements réducteurs de déperdition par évaporation dans des "deltas intérieurs", comme on l'a déjà indiqué.
- Les ressources de type (3), sous l'effet normal de l'épuisement des réserves, en pratique de la réduction d'accessibilité (abaissement des niveaux) aggravée parfois par des pertes de qualité (accroissement de salinité).

Ainsi, pour des raisons différentes, les ressources en eau de chaque type peuvent donner lieu à prospective. Les démarches classiques des révisionnistes et des études de planification considèrent encore le plus souvent les ressources en eau naturelles comme une donnée invariante (en moyenne), une "matière première" qu'il s'agit de transformer par l'aménagement en offre ajustée à des demandes croissantes... Dans les conditions de la région de l'OSS, il paraît particulièrement opportun de tenir compte aussi des évolutions possibles des ressources : non seulement des effets normaux des exploitations et des aménagements qui réduisent les disponibilités restantes, mais aussi des impacts indirects de l'utilisation des eaux sur la reproduction des ressources (par exemple les impacts d'aménagements hydrauliques sur l'alimentation de nappes souterraines) et plus généralement des impacts de diverses activités humaines sur le régime et les qualités des eaux -sans parler ici des éventuelles incidences à très long terme de changement de climat ...



## Inégales exploitabilités

A chacun de ces trois types de ressource en eau correspondent une conception et une démarche d'évaluation différentes des ressources "exploitables" ou "utilisables", donc des contraintes de gestion spécifiques.

- Dans le cas de ressources renouvelables intérieures de type (1) les ressources exploitables ou "mobilisables" dépendent des conditions physiques de maîtrise des eaux (sites de retenue, productivités des aquifères) et elles sont évaluées d'abord suivant les critères techniques et économiques des utilisateurs, mais parfois aussi suivant des critères externes ou "environnementaux" de conservation des eaux. Ces évaluations ne sont donc pas indépendantes des objectifs socio-économiques et des moyens disponibles à un stade de développement donné, aussi peuvent-elles évoluer, notamment à mesure de la raréfaction des disponibilités. En fait, évaluer les ressources en eau exploitables dans un contexte socio-économique donné est déjà un choix de gestion. Citons par exemple, mis en regard des ressources naturelles, les flux de ressources en eau mobilisables évalués actuellement dans les pays du Maghreb et en Ethiopie, suivant des critères propres à chaque pays :

| Pays     | Ressources en eau renouvelables naturelles flux moyen km <sup>3</sup> /an | Ressources mobilisables km <sup>3</sup> /an |                    |       | Référence (cf. Bibliographie) |
|----------|---|---|--------------------|-------|-------------------------------|
|          |   | En eau de surface                           | En eau souterraine | TOTAL |                               |
| ALGERIE  | 14,1  | 5,7   | 1,75*              | 7,45  | 74                            |
| MAROC    | 30  | 16  | 5                  | 21    | 135                           |
| TUNISIE  | 4,18  | 2,1   | 1,72               | 3,8   | 122                           |
| ETHIOPIE | 113   | 54,4  | -                  | -     | 1                             |

\* Ressources renouvelables seules. Selon une autre estimation les "potentialités des nappes" compte tenu de facteurs limitants s'élèveraient à 2,54 km<sup>3</sup>/an, hors Sahara (Etude "Petite et moyenne hydraulique", Ministère de l' Equipement, 1992).

De telles évaluations n'ont pas été effectuées dans les pays du Sahel et du Nord-Est de l'Afrique où leur opportunité n'a pas été perçue jusqu'ici du fait des pressions encore faibles, en général des demandes sur les ressources. Les plans à moyen terme y visent plutôt à programmer des mobilisations d'eau nécessaires dont les facteurs limitants sont plus les capacités d'investissement que les ressources physiques. C'est cependant dans ces pays que les "ressources exploitables" en fonction de critères économiques seraient le plus inférieures aux ressources naturelles, compte tenu des répartitions très disparates des ressources intérieures.

Malgré leur relativité et leur révision possible, c'est à ces ressources **mobilisables** qu'il serait plus pertinent de comparer les demandes présentes et les besoins projetés, tout en sachant que les critères d'exploitabilité sont précisément liés aux demandes et aux degrés de tension qu'elles exercent dès à présent sur les ressources, en somme que les ressources mobilisables et les demandes évolueront de manière interactive. En se référant plus explicitement que les ressources naturelles à des critères socio-économiques, les ressources **exploitables** dans une région et à une époque données expriment moins une offre que le résultat d'une confrontation offre/demande.

- Dans le cas de ressources externes de type (2), les ressources à définir et à gérer sont moins les affluences "naturelles" théoriques que les potentialités déterminées par les partages de droit ou de fait des écoulements fluviaux transfrontières, en tenant compte en outre des réservations de débit sortant pour un pays aval (cas du Soudan vis-à-vis de l'Égypte). Seules ces ressources réelles externes sont à ajouter aux ressources intérieures pour définir les ressources totales à comparer aux demandes (cf. tableau 2).
- Quant aux ressources non renouvelables de type (3), vouées à une gestion de stock, l'évaluation de leur exploitabilité dépend là encore des conditions physiques (productivité des aquifères et comportement à long terme des nappes souterraines exploitées) et des critères technico-économiques des utilisateurs, mais aussi des stratégies d'exploitation choisies, notamment des durées de production voulues en conservant des coûts de production unitaire inférieurs à un maximum acceptable. Les critères d'exploitabilité sont donc très soumis aux objectifs d'utilisation et à la répartition des charges (taux de subvention) fixée par la politique économique.

Cette typologie des ressources en eau permet de classer schématiquement les différents pays de la Région suivant les structures de ressource prédominantes et les contraintes de gestion spécifiques qu'elles déterminent, sans minimiser pour autant la place des autres types de ressources dans certaines zones de ces pays :

| (1)<br>Ressources intérieures renouvelables<br>prédominantes   |  | (2)<br>Ressources fluviales<br>extérieures<br>prédominantes (* plus<br>contrainte aval) | (3)<br>Ressources intérieures<br>non renouvelables<br>prédominantes |
|--|--|---|---|
| Sans contrainte de<br>réservation à l'aval<br>(* sauf localement)                                      | A contrainte de<br>réservation à l'aval<br>(formalisée ou non) |   |   |
| * Algérie<br>Cap Vert<br>Djibouti<br>Érythrée<br>* Kenya<br>* Maroc<br>* Sénégal<br>Somalie<br>Tunisie | Burkina Faso<br>Ethiopie<br>Mali<br>Ouganda                    | Egypte<br>Gambie<br>Guinée Bissau<br>Mauritanie<br>* Niger<br>* Soudan<br>Tchad         | Libye   |

Les écoulements fluviaux transfrontières dont on a montré l'importance (Fig. 7), tant entre pays de l'OSS, qu'entre certains de ceux-ci et des pays extérieurs, rendent communes à plusieurs pays la plus grande partie des ressources en eau renouvelables de la région de l'OSS., celles des sous-régions du Sahel et du Bassin du Nil-Afrique du NE essentiellement : les plus grands bassins fluviaux de la région, ceux du Nil, du Niger et du Sénégal, sont en effet partagés. Les ressources communes à partager sont de l'ordre de 300 km<sup>3</sup>/an, soit 60 % des ressources totales de la région.

Les ressources non renouvelables offertes par les grands réservoirs aquifères de la région sont elles aussi en grande partie en partage entre plusieurs pays.

Cet aspect de la géographie des ressources en eau de la région a naturellement des implications géopolitiques primordiales.

### Encadré 1

#### ESTIMATION DES RESSOURCES EN EAU

Les statistiques disponibles sur les ressources en eau des différents pays de la Région de l'OSS. présentent quelques divergences qui ne permettent pas de les utiliser toutes sans précaution. Les principales causes d'écart sont dues :

- Aux différences de durée de référence des calculs de moyenne.
- Aux différences d'approche de régionalisation des écoulements à partir des données hydrologiques, dans des bassins imparfaitement conservateurs des écoulements formés localement, donc aux différents degrés de sous-estimation des écoulements globaux produits.
- Aux sommations d'écoulements superficiels et souterrains estimés séparément et non additifs, voire même parfois à des sommations de débits de sources (comptées comme ressource en eau de surface) et de flux d'apport aux nappes souterraines dont ces sources sont issues : tous ces doubles-comptes sont la cause de surestimations.
- Aux défauts de concordance des estimations des écoulements moyens des fleuves transfrontières dans les statistiques des pays émetteurs et receveurs, ainsi qu'aux différentes manières de prendre en compte les écoulements de fleuves frontières.
- A l'agrégation induite, parfois, de "potentialité exploitable" à assez long terme ou de productibilité d'eau à partir des réserves d'eau souterraine (ressource non renouvelable) avec les écoulements (ressource renouvelable).
- A l'intégration, en certains cas, aux ressources naturelles primaires de ressources "secondaires" formées par les retours d'eau après usage, notamment des eaux de drainage des périmètres irrigués.
- Aux révisions d'estimation, le plus souvent en hausse, dues au progrès des connaissances. Ainsi, par exemple, pour l'ensemble des trois pays du Maghreb, l'écoulement global moyen estimé s'est accru de 26% en 20 ans, passant de 38 km<sup>3</sup>/an en 1970 à 48 km<sup>3</sup>/an en 1990.

\* \* \*

Malgré les essais de contrôle de validité et de critique des données disponibles, les tableaux de synthèse établis ne sont pas à l'abri de défauts d'homogénéité et de comparabilité.

### 1.3. DONNEES QUANTITATIVES : DE FORTES INEGALITES

Les chiffrages des flux moyens des ressources naturelles renouvelables, internes et externes, de chaque pays ne traduisent qu'imparfaitement cette diversité structurale et, par conséquent, les inégalités de maîtrisabilité et d'exploitabilité de ces ressources physiques, ce qui affaiblit la comparabilité de leurs estimations absolues ou par habitant. Il est utile de rappeler ici, pour chacun des pays et des sous-régions de la Région de l'OSS., les principales données macro-hydrologiques sur les ressources en eau naturelles, sélectionnées en priorité par compilation des sources documentaires nationales les plus récentes, en les complétant par des données sur les ressources externes potentielles (tableau 2). Il est à noter que les données de ce tableau diffèrent parfois quelque peu de celles présentées dans certaines synthèses antérieures dont les sources ne sont pas toutes cohérentes, sans que ces écarts n'affectent toutefois les ordres de grandeur. Sans développer ici, malgré son importance, la question de l'estimation quantitative des ressources en eau nationales, quelques observations sont présentées à ce sujet en encadré 1.

L'analyse de ces données quantitatives globalisées par pays fait ressortir de fortes inégalités :

- Entre les ressources naturelles ou potentielles de chaque pays, échelonnées de quelques centaines de millions de m<sup>3</sup>/an (Cap Vert, Djibouti, Libye) à 100 milliards (Mali), 3 pays dépassant 50 milliards (Egypte, Soudan, Niger).
- Entre les ressources par habitant, comme on l'a déjà indiqué (Fig. 2), dont la gamme va d'environ 150 m<sup>3</sup>/an (Libye) à plus de 30 000 (Guinée Bissau).
- Entre les degrés d'indépendance (proportion des ressources intérieures sur les ressources totales) qui varient de 2 % (Egypte) à 100 %. Six pays ont des ressources extérieures excédant leurs ressources intérieures parfois de beaucoup (Egypte, Soudan, Mauritanie, Gambie, Niger, Tchad).

Il va de soi que ces chiffrages globaux et moyens d'écoulement par pays décrivent beaucoup trop sommairement les ressources naturelles, intérieures notamment, en nivelant de fortes différences de répartition interne, ainsi que de distribution dans le temps -de variations saisonnières et inter annuelles-. Or la répartition spatio-temporelle des écoulements est à l'évidence aussi importante que leur globalisation pour caractériser quantitativement les ressources. Les indicateurs globaux réunis dans le tableau 2, n'en révèlent pas moins des différences significatives entre pays.

Les groupements en "sous-régions", un peu arbitraires, mettent aussi en évidence des contrastes majeurs :

- Le Maghreb est le plus démuné, avec des ressources en moyenne inférieures à 1 000 m<sup>3</sup>/an par habitant, mais ses ressources sont intérieures pour l'essentiel, avec une part de ressources non renouvelables notable en domaine saharien.
- Les pays du Sahel sont globalement beaucoup plus riches en eau (près de 6 000 m<sup>3</sup>/an par habitant en moyenne, le Cap Vert faisant seule exception), du fait surtout qu'ils sont relativement peu peuplés mais aussi de l'appartenance de leur partie méridionale à la zone soudanaise plus humide et des apports de ressources extérieures non négligeables. Mais ces ressources, concentrées dans quelques vallées majeures (Sénégal, Niger, Chari) sont très mal réparties, aussi des indicateurs globaux masquent de grandes différenciations intérieures.
- Enfin, les pays du Bassin du Nil et de la "Corne de l'Afrique", beaucoup plus peuplés (63 % de la population totale de l'ensemble des pays de l'OSS.) ont, malgré le Nil et l'extension de son haut bassin en zone tropicale humide (Lac Victoria), des ressources par habitant relativement faibles (1 300 m<sup>3</sup>/an en moyenne). Ces ressources sont globalement autonomes, mais en grande partie

communes aux pays qui se partagent le bassin du Nil (Ethiopie, Kenya, Oubangui, Soudan, Egypte), source de conflits potentiels.

---

#### Notes du tableau 2

- (1) Erythrée et Ethiopie non séparables dans l'état des données disponibles.
- (2) Affluences partiellement additives au niveau des sous-régions du fait des transferts entre pays. Les sommes des sous-régions sont sans double compte.
- (3) Ecoulement réel suivant un partage de droit ou de fait, compte tenu en outre de débit à réserver à un pays aval (cas au Soudan).
- (4) Sur la base des statistiques démographiques des Nations Unies. Rapporté aux ressources potentielles réelles lorsqu'elles diffèrent des ressources naturelles..
- (5) Excluant des potentialités d'exploitation de ressources non renouvelables parfois intégrées dans certaines statistiques nationales.
- (6) Dont 55 km<sup>3</sup>/an d'apport aux nappes souterraines, d'après l'étude du projet PNUD MLI/84/005 (1989). Ce flux moyen calculé paraît toutefois surestimé et il est en tout cas supérieur à l'écoulement souterrain collecté par les cours d'eau estimé à 16 km<sup>3</sup>/an.
- (7) 50% du débit moyen du fleuve Sénégal frontalier (hypothèse arbitraire) : 11 km<sup>3</sup>/an.
- (8) Compte non tenu de la régularisation du Fleuve Sénégal par le barrage de Manantali.
- (9) Dont 50 % du débit moyen du fleuve Sénégal frontalier (hypothèse arbitraire), soit 11 km<sup>3</sup>/an, plus la Gambie 2 km<sup>3</sup>/an.
- (10) Dont 55,5 km<sup>3</sup>/an : part du débit du Nil régularisé dévolue à l'Egypte par traité.
- (11) Compte tenu du Nil régularisé à Assouan.
- (12) Différence entre les affluences naturelles et la somme de l'écoulement régularisé du Nil réservé à l'Egypte (55,5 km<sup>3</sup>/an) et du flux moyen de pertes par évaporation du réservoir d'Assouan admises (10 km<sup>3</sup>/an). Pertes internes par évaporation dans les marais non comprises.
- (13) Dont 117,5 dans le bassin du Nil : Nil Bleu et affluents (Ethiopie) 90,5 ; Nil Blanc (Ouganda) 27.
- (14) Ces apports totaux naturels comprennent la part vouée aux pertes par évaporation, de l'ordre d'une cinquantaine de km<sup>3</sup>/an.
- (15) Dont 2,5 d'écoulement souterrain" et 1 d'eaux superficielles d'après le schéma directeur (sept. 1993).

Tableau 2 : Données sur les ressources en eau renouvelables par pays et sous-région

| Sous-régions et pays           | Ressources en eau renouvelables (écoulement moyen annuel) en km <sup>3</sup> /an |                                    |               |  | Ressources en eau par habitant en 1990 (4) m <sup>3</sup> /an | Ressources en eau par habitant en 2025 (d'après projections de population moyenne des N.U.) m <sup>3</sup> /an | Indice d'indépendance (écoulement interne/écoulement total) % | Référence (cf. bibliographie) |   |
|--------------------------------|--|------------------------------------|---------------|--|---|--|---|-------------------------------|---|
|                                | Écoulement total naturel interne (superficiel et souterrain)                     | Écoulement affluent de pays voisin |               | TOTAL P : avec ressource externe potentielle |   |  |   |                               | Part relativement régulière comprise dans le total (Écoulement superficiel et souterrain) |
|                                |  | naturel (2)                        | potentiel (3) |  |   |  |   |                               |   |
| MAGHREB                        | 48,2   | 0                                  | -             | 48,2   | 9,1   | 767  | 384   | 100                           | -   |
| ALGERIE                        | 13,9 (5)   | 0,2                                | -             | 14,1   | 2,7   | 563  | 272   | 99                            | 57,60,130   |
| LIBYE                          | 0,7 (5)  | 0                                  | -             | 0,7  | 0,4   | 154  | 54  | 100                           | 57,60,130   |
| MAROC                          | 30   | 0                                  | -             | 30   | 4   | 1196   | 632   | 100                           | 57,60,82,130,135  |
| TUNISIE                        | 3,58 (5)   | 0,6                                | -             | 4,18   | 2   | 512  | 311   | 86                            | 132   |
| SAHEL                          | 155  | 85                                 | -             | 240  | - 47  | 5655   | 2220  | 65                            | -   |
| BURKINA FASO                   | 28   | 0                                  | -             | 28   | 5   | 3104   | 1237  | 100                           | 130   |
| CAP VERT                       | 0,2  | 0                                  | -             | 0,2  | 0,1   | 540  | 258   | 100                           | 130   |
| GAMBIE                         | 3  | 19                                 | -             | 22   | 3   | 25287  | 11733   | 14                            | 130   |
| GUINEE BISSAU                  | 16   | - 15                               | -             | 31   | 4   | 31633  | 15672   | - 52                          | 130   |
| MALI                           | 62 (6)   | - 40                               | ?             | - 100  | 13  | 11820  | 4068  | - 62                          | 130   |
| MAURITANIE                     | 0,4  | 11 (7)                             | ?             | 11,4   | 1,5 (8)   | 5632   | 2283  | 3,5                           | 57,130  |
| NIGER                          | 3,5 (15)   | 30                                 | -             | 33,5   | 5   | 4334   | 1574  | 10,5                          | 136   |
| SENEGAL                        | 26,4   | 13 (9)                             | -             | 39,4   | 7   | 5377   | 2307  | 67                            | 114,127   |
| TCHAD                          | 15   | 27 à 30                            | -             | 42 à 45                                      | 8   | 7658   | 3370  | 34                            | 130   |
| BASSIN DU NIL et AFRIQUE DU NE | 219  | 0                                  | -             | 219  | - 140 (11)  | 1240   | 523   | 100                           | -   |
| DJIBOUTI                       | 0,3  | 0                                  | -             | 0,3  | 0,2   | 698  | 259   | 100                           | 57,130  |
| EGYPTE                         | 1,8  | 85                                 | 56,5 (10)     | P 58,3                                       | 55,8 (11)   | P 1120   | P 623   | 2                             | 60,130  |
| ERYTHREE (1)                   | 113  | 0                                  | -             | 113  | 30  | 2208   | 865   | 100                           | 125   |
| ETHIOPIE                       | 14,8   | e                                  | -             | - 15   | - 5   | 615  | 235   | - 100                         | 130   |
| KENYA                          | 66   | 0                                  | -             | 66   | 29  | 2880   | 1437  | 100                           | 130   |
| UGANDA                         | - 6  | - 5,5                              | -             | - 11,5                                       | - 2   | 1831   | 491   | 52                            | 19,130  |
| SOMALIE                        | 17   | 119,4 (13)                         | 53,9 (12)     | (nat 136,4) (14)<br>P 70,9                   | - 20  | P 2814   | P 1170  | nat, 12,5<br>P 24             | 57,81<br>130  |
| SOUDAN                         | 422  | 85                                 | -             | 507  | 196   | 1797   | 777   | 83                            | -   |
| Ensemble                       |  |                                    |               |  |   |  |   |                               |   |

Quelques chiffres-clés résument ces différences régionales : **Tableau 3**

| Sous-régions de l'OSS.   | Maghreb, Afrique du Nord | Sahel, Afrique de l'Ouest | Bassin du Nil et Afrique de l'Est et Egypte |
|--|--------------------------|---------------------------|---|
| Superficie (Millions de km <sup>2</sup> )  | 5,015                    | 5,343                     | 6,207                                       |
| Populations 1990 (Millions d'hab. et %)  | 62,87 (22 %)             | 42,44 (15 %)              | 176,87 (63 %)                               |
| Ressources naturelles renouvelables intérieures (km <sup>3</sup> /an et %)       | 48,2 (11 %)              | 155 (38 %)                | 219 (51 %)                                  |
| Ressources extérieures (km <sup>3</sup> /an)                                     | 0                        | 85                        | 0   |
| Ressources totales par hab. 1990 (m <sup>3</sup> /an per capita)                 | 767                      | 5 655                     | 1 240                                       |
| Populations 2025 d'après les projections moyennes des NU. (Millions d'hab. et %) | 125,6 (19 %)             | 108,1 (17 %)              | 419,1 (64 %)                                |
| Ressources totales par hab. 2025 (m <sup>3</sup> /an per capita)                 | 384                      | 2220                      | 522   |

Par ailleurs, ces chiffrages ne prennent pas en compte les ressources non renouvelables, primordiales pour les pays où domine le type (3) mais qui ne doivent être estimées en toute rigueur qu'en terme de stock exploitable et non de flux. Les statistiques de certains pays ajoutent, il est vrai, les productibilités annuelles prévisibles à assez long terme à partir de ces réserves, aux ressources renouvelables, mais cette présentation qui amalgame des flux temporaires et des flux permanents n'est pas pertinente et crée une confusion. Qu'elles soient exprimées en volume de réserve jugée extractible ou en capacité de production moyenne annuelle relative à une durée fixée, les ressources non renouvelables doivent être chiffrées séparément. Le tableau 4 rassemble quelques données à ce sujet, tirées de diverses sources, apparemment non homogènes.

Tableau 4 : Données sur les ressources en eau non renouvelables

| Pays        | Volume de réserve théorique ou estimée "exploitable" <sup>1</sup> km <sup>3</sup> | Potentialité exploitable à assez long terme (capacité de production moyenne annuelle) |                     | Références (cf. Bibliographie) |
|-------------|---|---|---------------------|--------------------------------|
|             |   | Horizon de référence  | km <sup>3</sup> /an |                                |
| Algérie     | 1500  | ?   | 5                   | 49<br>39,74                    |
| Libye       | 4 000   | ?   | 2,8 (2)             | 49                             |
|             |   | ?   | 3,9                 | 76<br>82                       |
| Maroc (3)   | 3   | -   | -                   |                                |
| Tunisie     | 1 700   |   | ~ 1                 | 49<br>132                      |
| Mali (4)    | 80-190 (5)<br>~ 2 000<br>~ 2 700 (6)  | -<br>-<br>-   | -<br>-<br>-         | 119                            |
| Mauritanie  | 400   | -   | -                   | 49                             |
| Niger       | 260-550 (5)<br>~ 2 000 (7)<br>~ 2 500 (8)   | -<br>-<br>-   | -<br>-<br>-         | 124                            |
| Sénégal (4) | 80-180  | -   | -                   | 84                             |
| Tchad (4)   | 170-340 (5)   | -   | -                   | 85                             |
| Egypte      | 6 000   | -   | -                   | 49                             |
| Soudan      | 40  | -   | -                   | 49                             |

Notes :

- 1 Estimations suivant des méthodes et des critères d'exploitabilité non homogènes.
- 2 Dont 1,6 à 2,2 km<sup>3</sup>/an jusqu'en 2025 (*Great Made Man River Project*).
- 3 Bassin de Laayoune-Dakhla. Calcul avec S d'aquifère captif.
- 4 Ensemble des aquifères sédimentaires, sauf ceux du Quaternaire ou du Plio-Quaternaire.
- 5 Calculs basés sur des porosité efficaces (nappes libres) et des rabattements maximaux généralisés définis : 10 m au Mali, 10 m ou profondeur max. de 100 m au Niger, profondeur max. de 100 m au Sénégal, rabattement max. de 5 à 10 m au Tchad.
- 6 Réserve totale théorique.
- 7 Partie occidentale du bassin sédimentaire seule.
- 8 Estimation basée sur des porosités efficaces et la généralisation pour 100 m de rabattement des volumes mobilisables dans chaque réservoir calculés pour 1 m de rabattement.

Enfin, l'irrégularité des écoulements qui accroît les difficultés de maîtrise des eaux, et les défauts de qualité des eaux aggravent souvent la rareté des ressources dans les pays les plus démunis (zone aride). L'aridité du climat a une double conséquence sur les qualités : la fréquence relative des eaux salées superficielles ou souterraines, en particulier des eaux permanentes, et la faiblesse de la part régulière des écoulements qui la rend d'autant plus sensible aux risques de pollutions. Aussi la **gestion des qualités** forme-t-elle une part intégrante de la gestion des ressources en eau.

\* \* \*



## 2. UTILISATIONS PRESENTES : ETAT DES LIEUX ET CONSEQUENCES

La connaissance des utilisations d'eau dans la région de l'OSS., comme dans bien d'autres régions du monde, est fort approximative, sujette à de larges zones d'ombre et pour le moins inégale suivant les pays. On en rappelle en encadré 2 les difficultés et les causes d'incertitude.

Sur la base des synthèses déjà citées et des sources documentaires disponibles les plus récentes mentionnées en références, dont les données numériques macroscopiques essentielles sont réunies dans le Tableau 5, on s'efforcera là encore de rappeler les faits dominants qui conditionnent la gestion des eaux dans la Région de l'OSS.

- **Quantité globale et géographie des utilisations**

Vers la fin de la décennie 80 les quantités d'eau totales utilisées dans l'ensemble de la Région étaient de l'ordre d'une centaine de milliards de m<sup>3</sup>/an. Ces quantités sont très inégalement réparties : les 4/5 sont utilisées dans le bassin du Nil et l'Afrique du NE -70 % dans la seule vallée du Nil : Egypte et Soudan-, 1/4 au Maghreb et seulement 5 % dans les pays du Sahel. Cette disparité traduit à l'évidence le poids prépondérant des irrigations dans la vallée du Nil.

- **Tendances de l'évolution récente**

Pour autant que les données historiques permettent de juger la tendance de l'évolution contemporaine des demandes, la croissance de celles-ci s'est accélérée depuis le milieu du XXème siècle, un peu freinée en quelques pays toutefois sous l'effet de la raréfaction de l'offre ou de retards d'équipement. Cette croissance globale est due davantage à celle des populations qu'à une augmentation sensible des demandes par habitant. Dans les pays nord-sahariens où quelques données historiques sont pu être collectées (tableau 6), il semble que ces demandes unitaires aient tendu à décroître là où elles sont le plus élevées (Egypte, Soudan, Maroc), et au contraire à croître là où elles sont relativement basses (Algérie, Tunisie), la Libye formant un cas à part, avec une forte croissance depuis quelques années (Fig. 8)

## Encadré 2

### Connaissance des utilisations d'eau

La connaissance assez précise et complète des utilisations d'eau présentes, par tous les secteurs économiques, est la base nécessaire des projections de demandes et une condition de la gestion des ressources. Cette connaissance est cependant encore imparfaite et elle se heurte à diverses difficultés qui ne sont pas spécifiques à la Région de l'OSS.

- Les statistiques disponibles sur les demandes et les prélèvements reposent plus sur des estimations que sur des recensements. Elles sont affectées d'incertitudes variées, fortes surtout dans le secteur agricole. Elles ne distinguent pas toujours clairement les demandes d'approvisionnement des usagers et les prélèvements sur les ressources ou "productions" d'eau, dans les pays où les unes et les autres ne coïncident pas.
- Les historiques sont peu nombreux et manquent de synchronisme. Ils reflètent autant l'évolution du niveau des connaissances (précision et validité des chiffrages) que celle des variables elles-mêmes, ce qui nuit à leur comparabilité (cf. tableau 5). De plus, les dates de valeur des statistiques ne sont pas toujours explicites dans les sources disponibles, qui se réfèrent souvent au "présent" sans spécifier s'il s'agit de l'année de publication ou d'une date antérieure.
- Les consommations par les aménagements (pertes par évaporation des réservoirs d'accumulation) non imputables en général à des secteurs d'utilisation spécifiques, sont rarement prises en compte. Il en est de même des pertes par évaporation dans les systèmes de transport d'eau d'irrigation, qui sont comptabilisées dans certaines estimations et non en d'autres (Exemple en Egypte).
- Il y a parfois confusion entre les quantités d'eau effectivement demandées et utilisées et les réservations ou allocations de ressource attribuées, notamment dans le secteur agricole. Cela peut expliquer des divergences entre les statistiques macro-économiques d'un même pays, notables en certains cas.
- La répartition des demandes sectorielles suivant les sources d'approvisionnement est souvent non indiquée.
- Les données sur les restitutions et les consommations finales, y compris par les réservoirs, sont rares.
- Les impacts des utilisations, notamment des rejets, sont incomplètement décrits, quantifiés et évalués.
- Les statistiques macro-économiques sur le poids du secteur de l'eau (dépenses publiques et privées) dans les économies nationales sont rarement disponibles.

Des efforts pour parfaire la connaissance des utilisations sont particulièrement opportuns dans les pays où la gestion des eaux doit et devra de plus en plus allier la gestion des demandes à celle des ressources.

Tableau 5 : Utilisations d'eau (Années 1985-1990, pour la plupart des pays).

| Sous-Régions<br>et<br>Pays     | Date de valeur | Demandes en eau (a)  |  |                                       |  | 5<br>Demandes per<br>capita (b)<br><br>m3/an |
|--------------------------------|----------------|----------------------|--|---------------------------------------|--|--|
|                                |                | 1<br>Total<br>km3/an | Parts des secteurs d'utilisation         |                                       |  |  |
|                                |                |                      | 2<br>Collectivités<br>(eau potable)<br>% | 3<br>Agriculture<br>(irrigation)<br>% | 4<br>Industries non<br>desservies et<br>énergie<br>% |  |
| MAGHREB                        | 1990           | 24                   | 12                                       | 83                                    | 5  | ~ 380  |
| ALGERIE                        | 1990           | 4.5                  | 25                                       | 60                                    | 15   | 180  |
| LIBYE                          | 1990           | 4.76                 | 8.6                                      | 90                                    | 1.4  | 1 087  |
| MAROC                          | 1991           | 11.7                 | 10                                       | 87                                    | 3  | 455  |
| TUNISIE                        | 1990           | 3.0                  | 9  | 91                                    | e  | 367  |
| SAHEL                          | 1985-90        | 5                    | 7  | 92                                    | 1  | ~ 120  |
| BURKINA FASO                   | 1987           | 0.15                 | 27                                       | 68                                    | 5  | 20   |
| CAP VERT                       | - 1980         | 0.04                 | 8  | 92                                    | 0  | 150  |
| GAMBIE                         | 1982           | 0.02                 | 7  | 93                                    | e  | 32   |
| GUINEE BISSAU                  | 1987           | 0.01                 | 30                                       | 70                                    | e  | 20   |
| MALI                           | 1987           | 1.36                 | 2  | 98                                    | e  | 160  |
| MAURITANIE                     | 1985           | 1.6                  | 6  | 94                                    | e  | 865  |
| NIGER                          | 1988           | 0.5                  | 15.5                                     | 82 (g)                                | 2.5  | 67   |
| SENEGAL                        | 1987           | 1.36                 | 5  | 92                                    | 3  | 200  |
| TCHAD                          | 1990           | 0.16                 | 15                                       | 85 (g)                                | 0  | 32   |
| BASSIN DU NIL<br>ET AFR. DU NE | 1985-90        | 79                   | 7.5                                      | 86.5                                  | 6  | ~ 450  |
| DJIBOUTI                       | 1985           | 0.075                | 13                                       | 87                                    | e  | 208  |
| EGYPTE                         | 1990           | 59.4                 | 5.2                                      | 87 (d)                                | 7.8  | 1 141  |
| ERYTHREE<br>ETHIOPIE           | 1987           | 2.21                 | 11                                       | 86                                    | 3  | 48   |
| KENYA                          | 1987           | 1.09                 | 27                                       | 62                                    | 11   | 48   |
| OUGANDA                        | 1970           | 0.2                  | 42                                       | 58                                    | 0  | 20   |
| SOMALIE                        | 1987           | 0.81                 | 3  | 97                                    | 0  | 167  |
| SOUDAN                         | 1990           | 15.5                 | 4  | 96                                    | e  | 615  |
| Ensemble                       | -              | 108                  | 8.5                                      | 86                                    | 5.5  | ~ 380  |

Notes du tableau 5 :

- (a) Y compris, en principe, les pertes d'adduction et de distribution
- (b) Rapportées à la population de l'année d'estimation des prélèvements.
- (c) Non compris le débit réservé pour la navigation (1,8 km<sup>3</sup>/an), ni les pertes par évaporation du réservoir d'Assouan. Y compris les pertes par évaporation du système d'irrigation (2 km<sup>3</sup>/an).
- (d) Y compris des eaux de drainage déversées en mer.
- (e) Y compris les pertes par évaporation du réservoir d'Assouan (10 km<sup>3</sup>/an en moyenne).
- (f) Erythrée et Ethiopie non séparables dans l'état des données disponibles.
- (g) Avec alimentation pastorale.

Tableau 5 : suite.

| Prélèvements              |   | Autres sources d'approvisionnement           |   | 10  | 11  | 12  | 13                           |
|---------------------------|---|--|---|---|---|---|------------------------------|
| 6                         | 7   | 8  | 9   | Indice d'exploitation des ressources renouvelables (6/ ressources naturelles ou (P) potentielles) % | Consommations finales estimées (parts des quantités prélevées non restituées) km <sup>3</sup> /an | Indice de consommation finale des ressources renouvelables (11/Ressources naturelles ou (P) potentielles) % | Références cf. Bibliographie |
| Total km <sup>3</sup> /an | Dont : sur des ressources non renouvelables km <sup>3</sup> /an | Dessalement d'eau de mer km <sup>3</sup> /an | Eaux usées ou de drainage réutilisées km <sup>3</sup> /an |   |   |   |                              |
| 23.6                      | - 4.7   | - 0.13                                       | 0.23  | 49  | 20.3  | 42  | -                            |
| 4.5                       | - 0.4   | 0.03   | 0   | 32  | 3.8   | 27  | 39                           |
| 4.51                      | - 4   | - 0.1  | 0.15  | 644   | 4.2   | 600   | 76                           |
| 11.65                     | ε   | ε (0.0005)                                   | 0.05  | 39  | 9.6   | 32  | 135                          |
| 2.96                      | - 0.3   | 0.01   | 0.03  | 71  | 2.7   | 64  | 122                          |
| 5                         | -   | -  | -   | 2   | 3.8   | 1.5   | -                            |
| 0.15                      | 0   | 0  | 0   | 0.5   | 0.1   | 0.35  | 130                          |
| 0.04                      | 0   | 0  | 0   | 20  | 0.03  | 15  | 130                          |
| 0.02                      | 0   | 0  | 0   | 0.1   | 0.01  | 0.05  | 130                          |
| 0.01                      | 0   | 0  | 0   | 0.03  | 0.005   | 0.02  | 130                          |
| 1.36                      | 0   | 0  | 0   | 1.4   | - 1.0   | 1   | 130                          |
| 1.6                       | -   | -  | 0   | 22  | - 1.3   | 18  | 82                           |
| 0.5                       | ε   | 0  | 0   | 1.5   | - 0.4   | 0.01  | 136                          |
| 1.36                      | ε (- 0.001)   | 0  | 0   | 4   | 1.0   | 3   | 130                          |
| 0.16                      | ε   | 0  | 0   | 0.4   | 0.1   | 0.2   | 130                          |
| 74                        | -   | -  | -   | 34  | 45.5 (e)  | - 21  | -                            |
| 0.075                     | -   | -  | 0   | - 25  | 0.07  | 23  | 49                           |
| 53.8                      | ε   | - 0.01                                       | 5.6   | P 92  | 30  | P 56  | 4                            |
| 2.21                      | 0   | 0  | 0   | 2   | 1.5   | 1.3   | 130                          |
| 1.09                      | 0   | 0  | 0   | 7.3   | 0.7   | 4.7   | 130                          |
| 0.2                       | 0   | 0  | 0   | 0.3   | 0.1   | 0.15  | 130                          |
| 0.81                      | 0   | 0  | 0   | 7   | 0.7   | 6   | 82,130                       |
| 15.5                      | 0   | 0  | 0   | P 22  | 12.5  | P - 18  | 82,129                       |
| 102.6                     | -   | -  | -   | 20  | - 70  | - 13.5  | -                            |

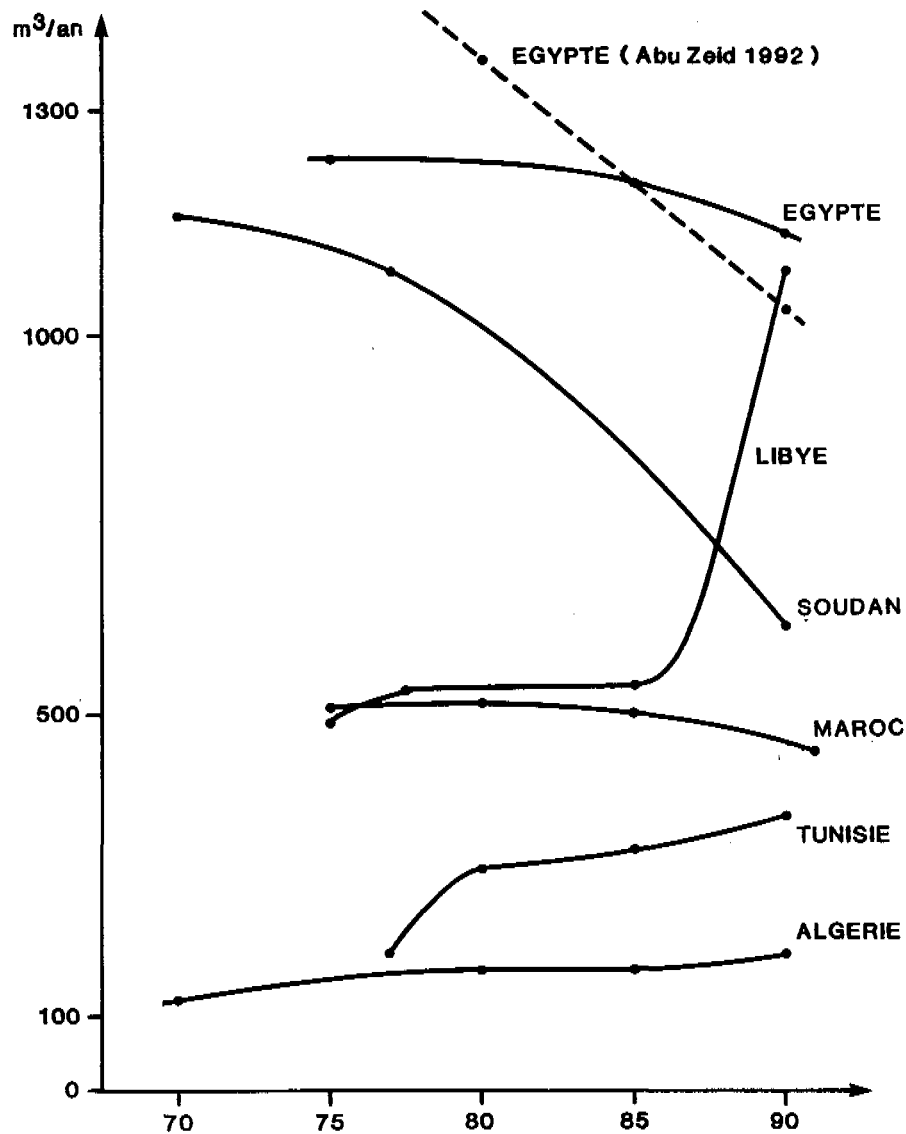


Fig. 8 : Evolution approximative des demandes en eau (pour toutes utilisations) par habitant, entre 1970 et 1990, en quelques pays.

- **Inégalités des demandes en eau par habitant**

Pour toutes utilisations confondues, les demandes en eau présentes par habitant dans la région sont globalement bien inférieures à la moyenne mondiale (600 à 700 m<sup>3</sup>/an) : elles seraient de l'ordre de 380 m<sup>3</sup>/an. Mais elles sont très inégales suivant les pays (Fig. 9), dépassant 1 000 m<sup>3</sup>/an en Egypte et en Libye et s'abaissant en dessous de 50 m<sup>3</sup>/an en plusieurs pays sahéliens (gamme variant dans le rapport de 1 à 50 ...). Plus qu'aux différences de niveau de développement socio-économique, cette diversité est liée à la variété climatique qui ne rend pas partout l'irrigation aussi nécessaire pour les productions agro-alimentaires, donc aux degrés de développement différents de l'irrigation. Les plus fortes quantités d'eau utilisées par habitant se trouvent dans les pays à irrigation intensive développée (Egypte, Libye, Mauritanie, Soudan). La faiblesse relative des demandes en eau par habitant en d'autres pays correspond à un faible développement de l'irrigation, mais elle peut être due aussi dans certains pays au retard des équipements hydrauliques (pour l'alimentation en eau potable comme pour l'irrigation) : Algérie, pays du Sahel, Ethiopie et Afrique du S.E.

**Tableau 5 : Evolutions des demandes en eau par habitant au cours des deux dernières décennies en quelques pays de la région de l'OSS.**

| Pays       | Date de valeur | Demande en eau totale en km <sup>3</sup> /an | Demande en eau per capita en m <sup>3</sup> /an        | Références   |
|------------|----------------|--|--|--|
| ALGERIE    | 1970           | ~2   | 135  | NU 1971  |
|            | 1975           | ~ 2,5  |  | -  |
|            | 1980           | 3,0  | 161  | INRH 1986, Plan bleu 1987, Sém. Alger 1990, W.R.I. 1992-93             |
|            | 1980           | 3,38   |  | INRH 1986 cité par J.J. PERENNES 1986                                  |
|            | 1980-85        | 3,5  |  | ACSAD 1988   |
|            | 1985           | 3,34-3,5                                     | 160  | M. SHAHIN 1989 (prévision)   |
|            | 1990           | 4,5  | 180  | T. HADJI, S. ZEGLACHE. Conf. méd. Rome 1992                            |
| EGYPTE     | 1972           | ~ 43   | 1236   | I.Z. KINAWY 1976   |
|            | 1974           | 51,4   |  | I.C.I.D. 1981 (avec pertes d'irrig.), SAMAHA 1979                      |
|            | 1976           | ~ 45   |  | K. HEFNY, U.N. 1977  |
|            | 1980-85        | 59,5   |  | ROSTAS-ACSAD 1988  |
|            | 1985           | 55,13-59,5                                   |  | M. SHAHIN 1989 (prévision)   |
|            | 1985           | 56,4   | 1202   | ABD EL RAHMAN/Plan bleu 1987, W.R.I. 1988-89 et 1992-93                |
|            | 1985           | 52,9   |  | Sém. Alger 1990  |
|            | 1987-88        | 55,5   |  | EL KADY/TWRA Ottawa 1988   |
|            | 1990           | 59,4   | 1141   | M. ABU-ZEID/TWRA Rabat 1991  |
| 1990       | 59,2           | 1133   | Water Master Plan/ALECSO Cairo 1992, ROSTAS-ACSAD 1993 |  |
| LIBYE      | 1974           | 1,2  | 492  | GWA 1974   |
|            | 1977-78        | 1,47   |  | GWA 1978, Ph. PALLAS 1979  |
|            | 1985           | 2,0-2,11                                     |  | M. SHAHIN 1989 (prévision)   |
|            | 1985           | 2,12   | 589  | ROSTAS-ACSAD 1988  |
|            | 1985           | 2,62   |  | UN-DTCD 1987   |
|            | 1985           | 2,83   |  | W.R.I. 1992-93 (avec capacité de dessal <sup>t</sup> .)                |
|            | 1990           | 4,76   | 1087   | O.M. SALEM, Water Res. Dev. 1992, ALESCO Cairo 1992, ROSTAS-ACSAD 1993 |
| MAROC      | 1968           | 8  |  | M. COMBE 1969  |
|            | 1972           | 8  |  | Dir. Hydr. 1974, M. COMBE 1974   |
|            | 1975           | ~ 9  | 505  | -  |
|            | 1980           | 10,05  | 516  | N. DINIA 1980  |
|            | 1985           | 11,0   | 501  | W.R.I. 1988-89 et 92-93 Sém. Alger 1990                                |
|            | 1990           | 10,9   |  | ALECSO Cairo 1992, ROSTAS-ACSAD 1993                                   |
|            | 1991           | 11,7   | 455  | Conf. méd. eau, Rome 1992  |
| MAURITANIE | 1978           | 0,73   |  | A. MOULAYE 1979, W.R.I. 1988-89 et 92-93                               |
|            | 1985           | 1,52-1,66                                    | 865  | M. SHAHIN 1989 (prévision)   |
| SOUDAN     | 1970           | ~ 18,15                                      | 1156   | UN Wat. Conf. 1977   |
|            | 1977           | 18,61  | 1060   | I.Y. BANNAGA 1978, W.R.I. 1988-89 et 92-93                             |
|            | 1985           | 13,96-14,10                                  |  | ROSTAS-ACSAD 1988, M. SHAHIN 1989 (prévision)                          |
|            | 1990           | 15,5   | 615  | Conf. int. Dublin 1992   |
|            | 1991           | 17,35  |  | ALECSO Cairo 1992, ROSTAS-ACSAD 1993                                   |
| TUNISIE    | 1977           | 1,07   | 184  | K. ALOUINI 1978  |
|            | ~ 1980         | 1,9  | 297  | ACSAD 1988   |
|            | 1985           | 2,3  |  | W.R.I. 1988-89 et 1992-93 / H. ZEBIDI 1986-87                          |
|            | 1985           | 2,28-2,48                                    | 319  | M. SHAHIN 1989, Sém. Alger 1990  |
|            | 1990           | 3,0  | 367  | D.G.R.E. 1990  |

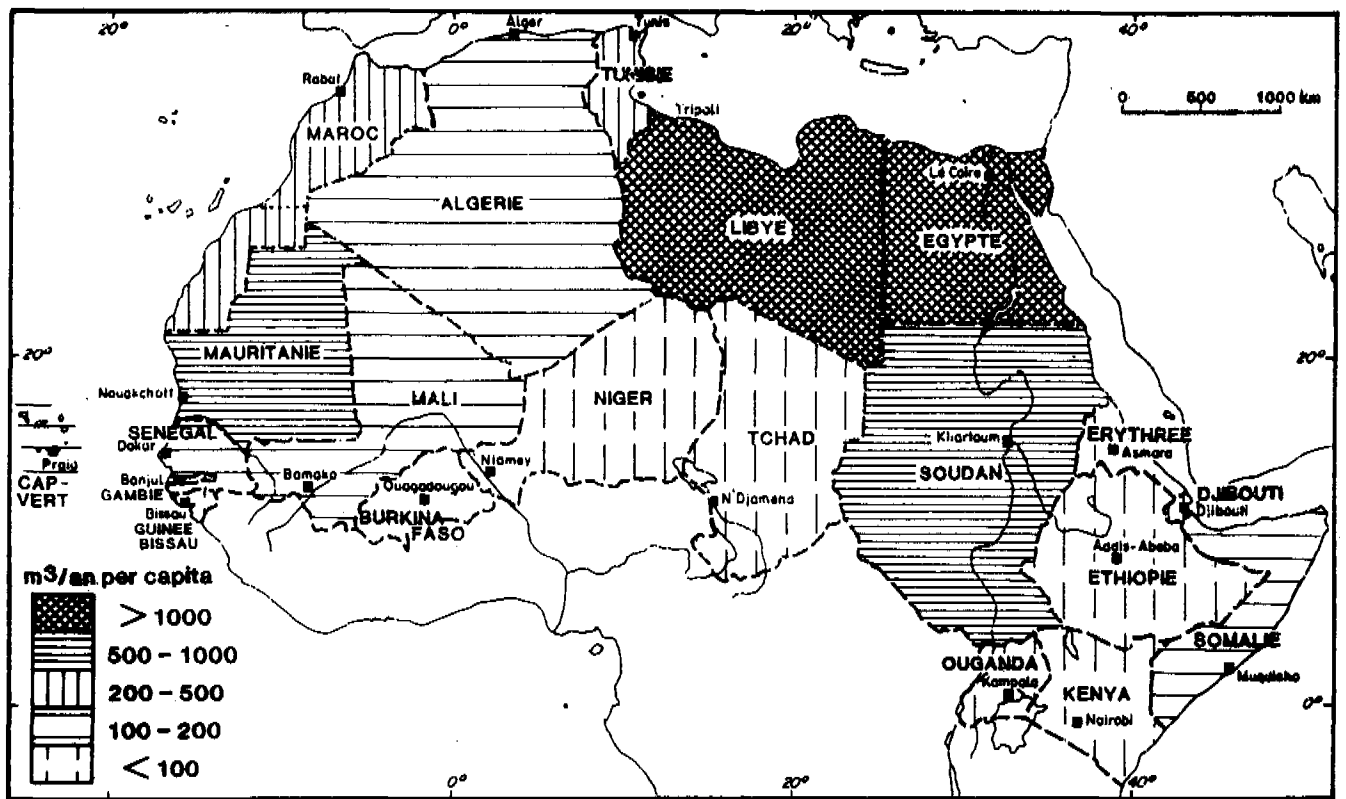


Fig. 9 : Pays de l'OSS classés suivant leurs demandes en eau actuelles (années 85-90) par habitant, pour toutes utilisations.

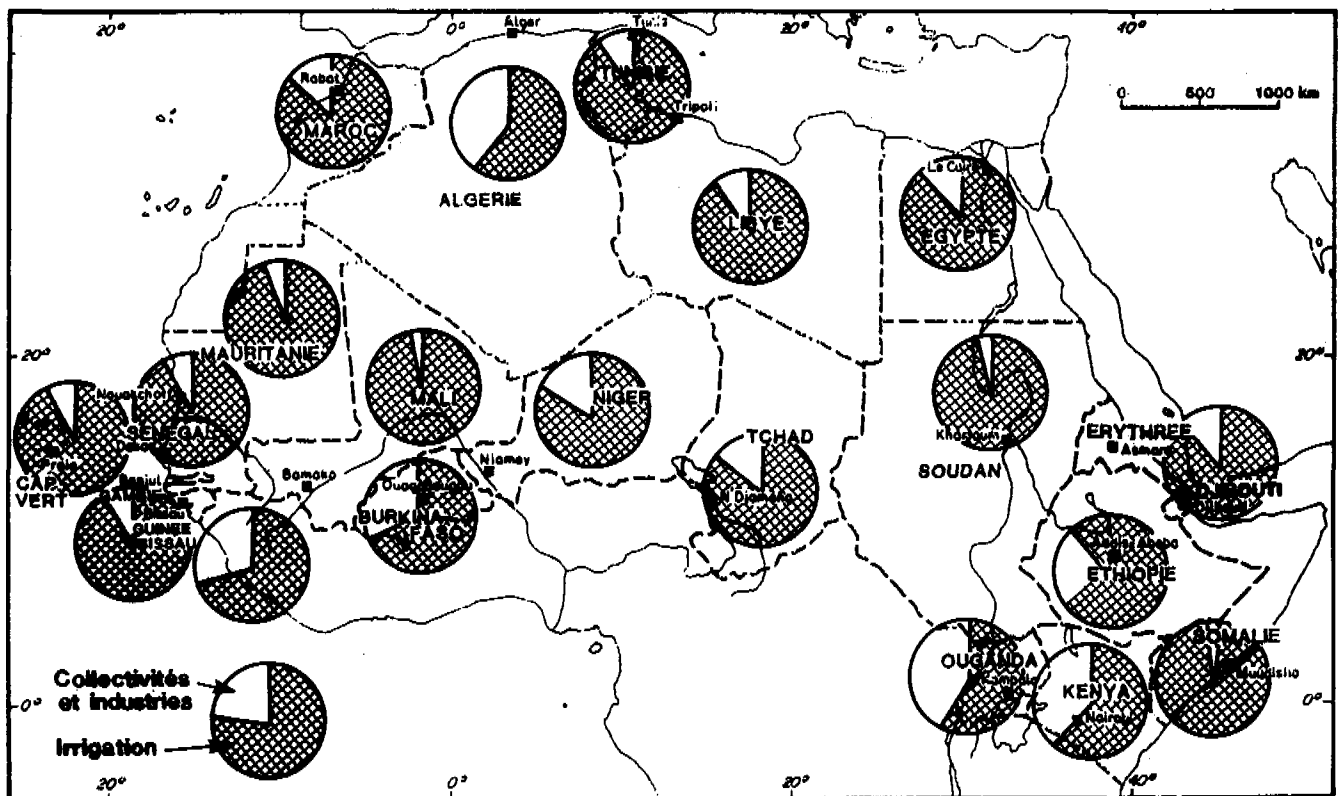


Fig. 10 : Proportions des utilisations d'eau sectorielles actuelles dans les pays de l'OSS.

- **Répartition sectorielle**

La structure des utilisations est assez uniforme dans la région avec deux secteurs majeurs :

- L'irrigation, très prépondérante partout, le plus souvent supérieure à 80 % et à 90 % dans près d'un pays sur deux.

Le volume d'eau total utilisé actuellement dans la région pour l'irrigation serait de l'ordre de 90 milliards de m<sup>3</sup>/an (86 % de toute l'eau utilisée), dont 72 % dans la seule vallée du Nil. Les irrigations en Egypte et au Soudan utilisent environ 60 % de la quantité d'eau totale utilisée dans la région de l'OSS.

- L'alimentation en eau potable des collectivités, surtout urbaines, partout en second rang, et dont la croissance relative est généralement la plus forte.

C'est entre ces deux secteurs que les conflits d'usage risquent le plus de se développer.

Les demandes en eau industrielles sont par contre réduites et peu dissociées des demandes en eau potable (sauf celles du secteur minier, non négligeable en quelques pays, comme au Niger).

De même, le secteur énergétique (centrales thermoélectriques) fait très peu appel aux eaux douces pour le refroidissement.

Quant à l'hydroélectricité, qui fut un objectif majeur des aménagements hydrauliques modernes de "première génération" (Egypte, Maghreb...), elle passe maintenant au second rang des objectifs d'exploitation des aménagements à but multiple, après l'irrigation.

- **Consommations finales**

La prédominance de l'irrigation a pour conséquence des taux de consommation finale élevés, amplifiés en certains cas par les réutilisations possibles dans les structures d'utilisations séquentielles (réutilisation des eaux de drainage dans la vallée du Nil par exemple) et aussi par la situation littorale de nombreuses agglomérations dont les eaux usées sont rejetées en mer (littoral méditerranéen surtout mais aussi atlantique -Dakar- ou de l'océan indien).

- **Efficiences**

L'efficacité des utilisations est variable, le plus souvent faible en agriculture irriguée (de l'ordre de 40 à 50% fréquemment en irrigation gravitaire) ; les rendements des réseaux de distribution urbains sont rarement supérieurs à 60 à 70%. Une marge de gains d'efficacité d'utilisation, à des coûts inférieurs à ceux de mobilisation ou de production d'eau complémentaires, est appréciable dans la plupart des pays.

- **Pressions sur les ressources : variété des indices d'exploitation**

La pression des demandes sur les ressources naturelles varie beaucoup suivant les sous-régions et les pays de l'OSS. Généralement forte au Maghreb et dans le bassin du Nil, elle est encore faible, voire minime au Sahel et en Afrique de l'Est et en Egypte.



Le volume global des prélèvements est proche du flux moyen des ressources renouvelables en Egypte et en Tunisie, il le dépasse de beaucoup en Libye du fait de l'exploitation intensive des ressources non renouvelables. Des surexploitations locales de nappes souterraines à ressource renouvelable (en Algérie, en Mauritanie ou au Sénégal) peuvent aussi contribuer à amplifier l'indice d'exploitation apparent, ainsi que le fait qu'une partie des ressources peut être utilisée plusieurs fois (retours d'eau remobilisés, notamment en Egypte). Par contre, dans les pays sahéliens ou de la "Corne de l'Afrique" les pressions sur les ressources sont encore très légères du fait de la faiblesse des prélèvements agricoles et des dessertes en eau potable des agglomérations.

Les indices d'exploitation (ratio prélèvements totaux / flux moyen de ressources renouvelables) des pays de l'OSS, s'échelonnent dans une gamme très étendue : d'à peine 1 % à plus de 100 % (tableau 6, col. 10 et Fig. 11).

Naturellement cet indice serait plus élevé si on le rapportait aux seules ressources jugées actuellement exploitables, dans les pays où dominent les ressources intérieures de type (1), comme ceux du Maghreb:

| Pays    | Indice d'exploitation actuel rapporté aux ressources renouvelables |                     |
|---------|--|---------------------|
|         | naturelles (%)   | "mobilisables"* (%) |
| Algérie | 32   | 60,4                |
| Maroc   | 39   | 55,5                |
| Tunisie | 71   | 78,2                |

\* Mentionnées au chap. 1 (1.2.)

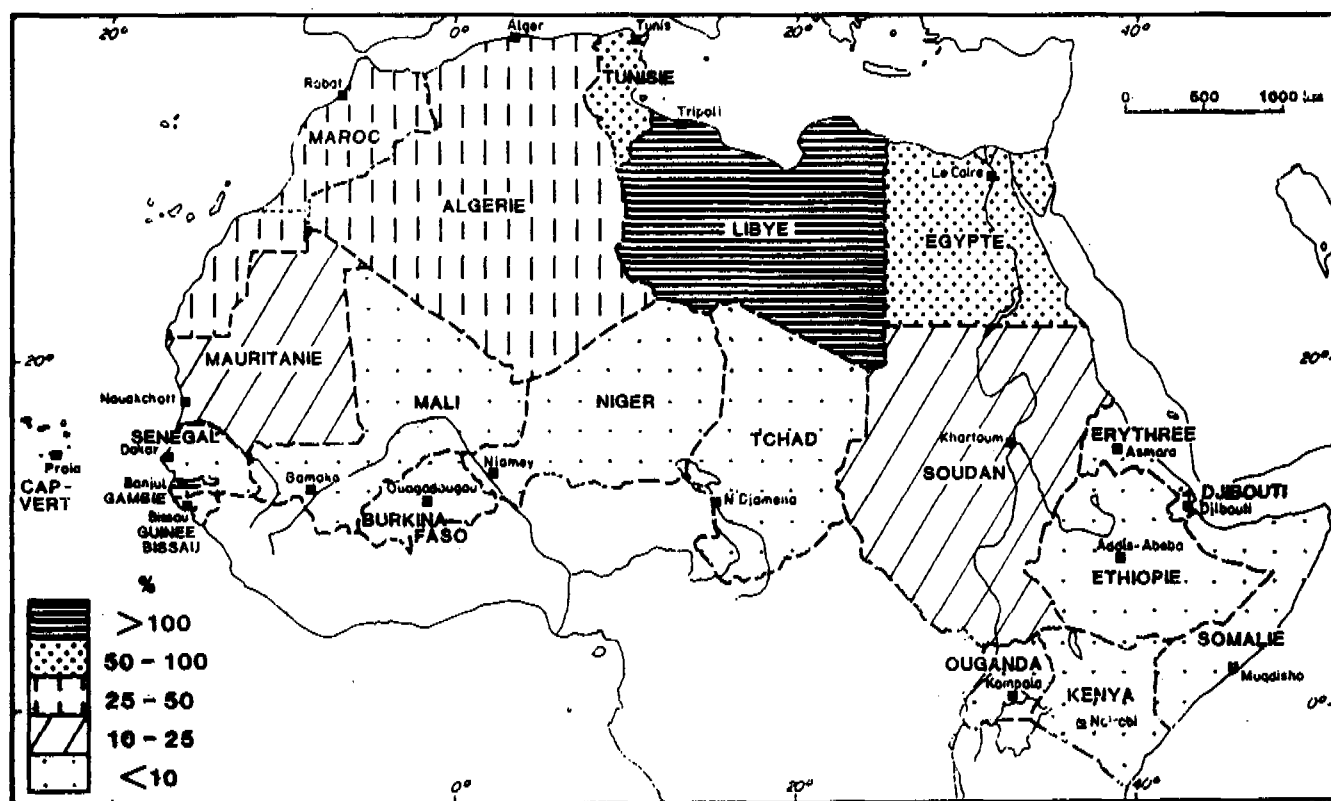


Fig. 11 : Pays de la région de l'OSS classés suivant l'indice d'exploitation actuel de leurs ressources en eau renouvelables naturelles ou réelles.

- Développement inégal de l'aménagement des eaux

Comme les différences d'indices d'exploitation le laissent prévoir, l'aménagement des eaux, notamment pour régulariser les eaux superficielles, est encore très inégalement développé dans les pays à ressource renouvelable intérieure ou extérieure prédominante. Ces équipements hydrauliques de maîtrise des eaux dont les barrages d'accumulation sont les pièces essentielles, sont le plus avancés en Egypte, puis au Maroc et en Tunisie, et à un moindre degré en Algérie, au Soudan et au Mali (aménagement du fleuve Sénégal).

Dans l'état actuel des aménagements hydrauliques les performances de maîtrise des eaux dans différents pays de la région de l'OSS peuvent être résumées par les données du tableau 7.

**Tableau 7 : Aménagements hydrauliques : barrages-réservoirs**

| Pays                       | Nombre de barrages grands ou moyens | Capacité totale des réservoirs km <sup>3</sup> | Débit moyen régularisé ou mobilisé km <sup>3</sup> /an | Taux de régularisation % |
|----------------------------|-------------------------------------|--|--|--------------------------|
| Algérie (1992)             | 79 (dont 26 grands)                 | 4,3  | 1,8  | 14                       |
| Libye (1978)               | 10 (1986)                           | 0,23   | 0,035  | 17                       |
| Maroc (1992)               | 25                                  | 9,6 (1987)                                     | 8,02   | 55 a                     |
| Tunisie (1992)             | 17                                  | 1,5 (1980)                                     | 1,385 c  | 66 a / 53 b              |
| Mali                       | 4                                   |  |  |                          |
| Fleuve Sénégal (Manantali) | 1                                   | 11   | 9,5  | 43                       |
| Sénégal                    | 1                                   | 0,4  |  |                          |
| Lac de Guiers              | -                                   | 1,2  | -  |                          |
| Egypte                     | 2                                   | 169  | 71 d   | 84 e                     |
| dont Assouan               |                                     | 164  |  |                          |
| Ouganda (Owen Fall Dam) g  | 1                                   | 120  |  |                          |
| Soudan                     | 4                                   | 91 f   |  |                          |

a - Rapporté au potentiel mobilisable

b - Rapporté à l'écoulement naturel

c - y compris petits réservoirs et lacs collinaires

d - Dont 55,5 pour l'Egypte

e - Dont 12 % sacrifié pour l'évaporation de la retenue d'Assouan

f - capacités initiales. Les capacités utiles actuelles sont réduites

g - Régulation du Nil par le réservoir du Lac Victoria

Dans les pays du Nord les marges de ressources en eau de surface encore maîtrisables sont encore appréciables, au Maroc et surtout en Algérie. Mais les coûts de leur mobilisation seront croissants du fait du rendement décroissant des aménagements hydrauliques encore faisables. Ces marges sont beaucoup larges au Sahel et dans le haut bassin du Nil (Ethiopie, Sud du Soudan...) où des aménagements peuvent être non seulement régulateurs, mais "producteurs" de ressource en réduisant des pertes par évaporation, comme on l'a déjà signalé (exemple du Canal de Jonglei en construction, pour court-circuiter le delta intérieur du Nil dans le Sud du Soudan...).

- **Croissance des "ressources en eau usée"**

Dans les pays à proportion forte et croissante d'utilisation des ressources naturelles, les quantités d'eau usée augmentent en parallèle, en offrant des "ressources secondaires" dont les volumes peuvent approcher parfois les disponibilités en ressources naturelles "primaires" encore subsistantes (et de plus en plus difficiles à mobiliser). Toutefois les rendements des systèmes d'assainissement laissent encore beaucoup à désirer : ils dépassent rarement 30 % des quantités d'eau distribuées et sont souvent inférieurs à 20 %, ce qui limite les volumes d'eau usée réutilisables. A côté des eaux usées urbaines, les eaux de drainage, particulièrement abondantes en Egypte, sont aussi réutilisables et environ 5 km<sup>3</sup>/an sont déjà réutilisés.

Dans les pays nord-sahariens, ces ressources en eau non conventionnelles vont croître à l'avenir, face à la diminution des disponibilités naturelles exploitables. Par exemple, suivant des projections citées par N. KHOURI 1991 [51], les productions d'eau usées collectées pourraient atteindre en 2000 : 1800 km<sup>3</sup>/an en Egypte, 555 au Maroc, 227 en Tunisie. Une réutilisation croissante des eaux de drainage est également prévue par les plans directeurs égyptiens : elle pourrait s'élever à 7,5 à 8 km<sup>3</sup>/an après 2000 [134].

- **Diversification des sources d'approvisionnement**

C'est dans plusieurs pays nord-sahariens de la région de l'OSS. que les sources d'approvisionnement en eau commencent le plus à se diversifier et que les demandes sont le plus à distinguer des prélèvements sur les ressources conventionnelles. A la mobilisation des ressources renouvelables, superficielles ou souterraines, s'ajoutent en proportions variées suivant les pays et déjà notables en plusieurs :

- l'exploitation volontaire des ressources non renouvelables : c'est la source d'approvisionnement majeure en Libye (84 % en 1990) et une contribution déjà significative (ordre de 10 %) en Algérie et Tunisie ;
- la réutilisation des eaux de drainage et des eaux usées (Egypte -près de 10 %-, Tunisie) ;
- la production d'eau douce par dessalement d'eau saumâtre ou d'eau de mer, encore très localisée et plutôt expérimentale (tableau 8 et Fig. 12).

En outre des eaux saumâtres ou salées sont parfois utilisées en plusieurs pays non seulement comme matière première pour la production d'eau douce, mais aussi directement pour certains usages ou par mélange avec des eaux plus douces (Tunisie...).

Une partie de la région de l'OSS est dès à présent engagée dans une nouvelle économie de l'eau, tendant à se déconnecter partiellement du cycle de l'eau naturel, prémices d'une évolution qui s'accroîtra nécessairement dans ce sens à mesure que s'accroîtront les indices d'exploitation et que se raréfieront corrélativement les ressources naturelles par habitant : le Maghreb, l'Egypte et les pays riverains de l'Océan indien sont le plus voués à cette évolution au XXI<sup>e</sup> siècle.

**Tableau 8 : Sources actuelles d'approvisionnement en eau (années 85-90) en %  
base 100 : colonne 1 du tableau 5.**

| Pays                     | Sources conventionnelles<br>Mobilisation de ressources renouvelables |                 |       | Exploitation de<br>réserve d'eau<br>souterraine<br>Ressources non<br>renouvelables | Réutilisation<br>d'eau usée ou<br>d'eau de drainage | Dessalement<br>d'eau saumâtre<br>ou d'eau de mer |
|--------------------------|--|-----------------|-------|--|---|--|
|                          | Eau de surface   | Eau souterraine | Total |  |   |  |
| Algérie                  | 54   | 36              | 90    | ~ 9  | 0   | 1  |
| Libye                    | ε  | 11              | 11    | 84   | 3   | 2  |
| Maroc                    | 73   | 26,6            | 99,6  | ε  | 0,4   | ε  |
| Tunisie                  | 42   | 47              | 89    | 10   | 1   | ε (0,004)  |
| Burkina Faso             |  |                 | 100   |  |   |  |
| Cap Vert                 | 20   | 80              | 100   |  |   |  |
| Gambie                   |  |                 | 100   |  |   |  |
| Guinée Bissau            |  |                 | 100   |  |   |  |
| Mali                     | 92   | 8               | 100   |  |   |  |
| Mauritanie               | 53   | 47              | 100   | -  | 0   | 0  |
| Niger                    | 91   | 9               | 100   |  |   |  |
| Sénégal                  | 82   | 18              | 100   | ε  |   |  |
| Tchad                    | 47   | 53              | 100   |  |   |  |
| Djibouti                 | -  | -               | 100   | 0  | 0   | 0  |
| Egypte                   | 86,1   | 4,5             | 90,6  | ε  | 9,4   | ε  |
| Ethiopie (avec Erythrée) |  |                 | 100   |  |   |  |
| Kenya                    | ~ 86   | ~ 4             | 100   |  |   |  |
| Ouganda                  |  |                 | 100   |  |   |  |
| Somalie                  | 96,5   | 3,5             | 100   | 0  | 0   | 0  |
| Soudan                   | 98   | 2               | 100   | 0  | 0   | 0  |

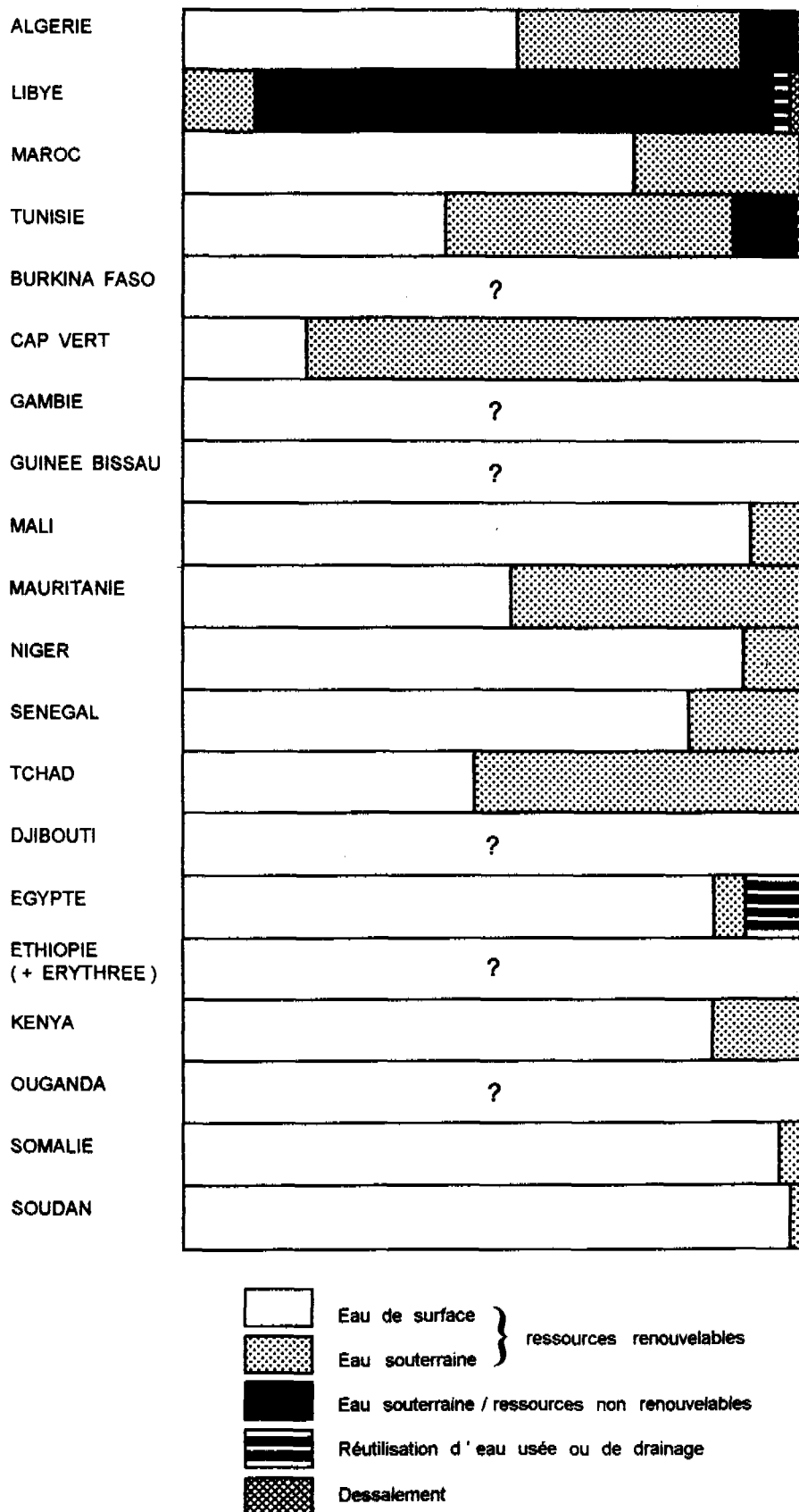


Fig. 12 : Proportions des sources d'approvisionnement en eau actuelles (1985-1990) des pays de l'OAS (cf. tableau 8)

- **Impacts sur l'environnement**

Les impacts négatifs de l'exploitation et de l'utilisation des eaux sur l'environnement et plus particulièrement les rétroactions sur les ressources, notamment sur les qualités des eaux, sont encore relativement localisés dans la plupart des pays de la région, mais déjà notables. Il s'agit surtout :

- des invasions d'eau de mer dans les nappes souterraines littorales excessivement exploitées (cas fréquent sur le littoral méditerranéen) ;
- des effets des défauts d'assainissement de grandes agglomérations ;
- des effets des défauts de drainage de périmètres irrigués : salinisation des eaux et du sol ;

Pourcentages de terres irriguées affectées par la salinisation, cités dans une table de "World Resources 1987" (World Resources Institute) :

|         |           |
|---------|-----------|
| Algérie | 10 à 15 % |
| Egypte  | 30 à 40 % |
| Sénégal | 10 à 15 % |
| Soudan  | < 20 %    |

- des pollutions dues aux défauts d'isolement des décharges de déchets urbains, industries ou miniers.

Ces divers impacts sont encore inégalement inventoriés et évalués dans la région.

D'autres effets externes de l'exploitation ou de l'utilisation des eaux menacent l'environnement :

- le surpâturage favorisé par la multiplication inconsidérée des points d'eau pastoraux a pu être un facteur de désertification ;
- des affaissements de terrain locaux peuvent être la conséquence d'exploitation intensive d'eau souterraine, à fort abaissement des niveaux (dans les bassins sahariens).

- **Aspects économiques**

Deux faits essentiels caractérisent l'économie de l'eau dans la région de l'OSS., comme dans la plupart des pays "en développement" :

- Les travaux d'aménagement et d'exploitation des eaux pour approvisionner en eau les différents secteurs d'utilisation sont pour la plupart hors de systèmes de marché. La plus grande partie des eaux utilisées -notamment pour l'irrigation- n'est pas marchande, mais directement prélevée par les usagers ou par des opérateurs publics ou collectifs exploitants et distributeurs. Seule une partie des eaux potables est marchande.

- Les coûts de ces travaux de maîtrise, de traitement et de distribution (investissement et fonctionnement) ne sont, le plus souvent, que très partiellement pris en charge par les usagers, qu'il s'agisse d'eau prélevée directement ou d'eau distribuée marchande, d'eau potable ou d'eau d'irrigation. De fortes subventions rendent les coûts réellement supportés ou les prix des eaux marchandes très inférieurs aux coûts réels, comme le montrent quelques chiffres cités -pour des pays de la région- par N. KHOURI (The World Bank, 1991) :

| Evaluations en US\$ 1989 par m <sup>3</sup> |  |        |                  |        |
|---|--|--------|------------------|--------|
| Pays  | Eau potable distribuée aux collectivités |        | Eau d'irrigation |        |
|   | Coût                                     | Prix * | Coût             | Prix * |
| Egypte (zones urbaines)                     | 0,26                                     | 0,05   |                  |        |
| Maroc (Casablanca et Doukkalas)             | 0,5                                      | 0,33   | 0,46             | 0,04   |
| Tunisie (pays entier)                       | 0,44                                     | 0,31   |                  |        |

\* moyenne des tarifs ou des redevances (pour l'eau d'irrigation)

Source : The World Bank

D'autres exemples ont été cités dans une table de "World Resources 1987" (World Resources Institute 1987) :

| <i>"Production costs and tariffs for drinking water" (early 1980s) en US\$/m<sup>3</sup></i> |                                  |                          |
|--|----------------------------------|--------------------------|
| Pays   | Coût (" <i>opération cost</i> ") | Prix (" <i>Tariff</i> ") |
| Cap Vert   | 1,84                             | 0,16                     |
| Libye  | 0,80                             | 0,07                     |
| Mali   | 0,20                             | 0,14                     |
| Sénégal  | 0,40                             | 0,22                     |

Des écarts similaires se rapportent à l'assainissement.

Ces répartitions des charges, assez éloignées d'une économie de marché et de la "vérité des prix", traduisent d'abord le fait que beaucoup d'usagers ne sont pas en mesure individuellement de supporter toutes les charges inhérentes aux modes de distribution publics et collectifs d'eau potable ou d'irrigation.

Les coûts moyens de production d'eau potable, par exemple, ont été comparés par l'O.M.S. aux PNB par habitant dans différents pays de la région (classés par ordre de coûts décroissant) :

| Pays     | Coût de production<br>\$/m <sup>3</sup> | PNB per capita<br>US\$ | Ratio<br>Coût unitaire<br>PNB per capita<br>% |
|----------|---|------------------------|---|
| Cap Vert | 4,65                                    | 317                    | 1,5   |
| Tunisie  | 0,5                                     | 1277                   | 0,04  |
| Djibouti | 0,4                                     | 480                    | 0,08  |
| Mali     | 0,33                                    | 142                    | 0,23  |
| Maroc    | 0,14                                    | 512                    | 0,03  |

Source : World Water / WHO 1987 [116]

Ces répartitions des charges résultent de politiques socio-économiques volontaires, parfois facilitées par les rentes minières ou pétrolières de certains pays, qui font prédominer l'aspect "service public" subventionné de la fourniture de l'eau. Cependant elles ne favorisent pas la mise en oeuvre de l'instrument tarifaire pour agir sur les demandes (cf. infra 4.3) là où ce serait opportun, ce qui impose des conditions particulières à la gestion de l'eau.

En somme, dans le "*panachage de politiques de marché et d'intervention directe des pouvoirs publics pour gérer leurs ressources en eau*" évoqué dans le rapport de la F.A.O. sur la situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture (1993) la part publique est largement prédominante dans la région.

\*\*\*



### 3. LES BESOINS ET LES DEMANDES EN EAU FUTURS : ESSAI DE PROSPECTIVE

Du fait des taux d'utilisation présents des ressources en eau conventionnelles, déjà très élevés en plusieurs pays, et du recours amorcé aux ressources en eau non conventionnelles, ainsi que des contraintes qui pèsent déjà sur les demandes, il importe particulièrement dans cette région, surtout en prospective, de distinguer les *besoins* et les *demandes* en eau, de même qu'il importe de distinguer les demandes d'approvisionnement des usagers et les prélèvements sur les ressources conventionnelles que celles-ci motivent. (encadré 3). Plus qu'ailleurs, en somme, la projection des besoins a deux objectifs distincts : programmer et préparer les moyens de les satisfaire ou de les orienter et réguler, pronostiquer les pressions qui seraient exercées sur les ressources pour apprécier si -et jusqu'à quel horizon- elles seraient supportables, puis dans le cas où elles ne le seraient pas, pour prévoir les limitations des demandes qui pourraient en résulter.

Les différentes prévisions ou projections élaborées, le plus souvent dans le cadre des études de plans directeurs et de schémas de planification nationaux des ressources en eau (le tableau 9 présente une sélection de projections nationales récentes), ou d'études de synthèse régionale comme celles déjà citées<sup>1</sup>, se rapportent plutôt aux *besoins* en eau, bien que les terminologies employées ne soient pas toutes cohérentes ; cf., par exemple, la représentation graphique des "*Projected Water Demands*" jusqu'à l'horizon 2030, dans plusieurs pays arabes africains, d'après les estimations publiées par SHAHIN 1989 [82] (fig. 13). Ces besoins futurs sont bien estimés et projetés en général indépendamment de l'offre, sur la base des évolutions prévisibles des facteurs d'utilisation d'eau, essentiellement des populations (en séparant les populations urbaines et rurales) et des superficies irriguées, déduites surtout des nécessités de production alimentaire (et liées fortement aux objectifs d'autosuffisance). Ces démarches prévisionnelles, procédant nécessairement par secteur d'utilisation, sont pertinentes mais elles gagneraient à se baser sur des variables plus nombreuses et sur des hypothèses d'évolution correspondant à des "scénarios" plus diversifiés et contrastés -seules les croissances démographiques font l'objet de deux hypothèses, mais parfois aussi les degrés d'autosuffisance alimentaire visés-. Quelques orientations méthodologiques à ce sujet sont résumées dans l'encadré 4.

La prise en compte de tous les facteurs déterminants dans chaque secteur d'utilisation, combinée avec une spatialisation territoriale assez fine, suivant différents scénarios, variant par les contextes de développement économique et par les priorités d'objectifs, implique une véritable **modélisation** des besoins en eau. Exemple d'une telle démarche : le modèle "MADH<sub>2</sub>O" (Modèle Automatisé de Demande en eau) appliqué à l'Algérie (ARRUS, GARADI 1991, 1993 [12, 36]). Cette modélisation des besoins constitue le "premier étage" d'une modélisation des demandes élargie à la prise en compte des interactions offre/demande, envisagée plus loin. Les projections de "besoins" en eau opérées jusqu'ici ne doivent donc pas être confondues avec des prévisions de demandes, même s'il semble que certaines incidences de l'offre soient parfois prises en compte implicitement.

<sup>1</sup> Pour les pays arabes, l'étude ACSAD/UNESCO-ROSTAS/IIHEE 1988-1993 : "*Future water requirements*" projetés aux horizons 2000, 2010 et 2030 pour chaque pays. M. SHAHIN 1989 : "*projected demands on water*" projetées aux horizons 2000 et 2030 pour chaque pays. J.KHOURI 1990 : "*Projection of domestic and industrial water demands*" aux horizons 2000, 2010, 2020 et 2030 pour chaque pays et projection globale des "*irrigations water requirements*". Plus, pour les pays africains riverains de la Méditerranée, l'exercice de prospective du Plan Bleu aux horizons 2000 et 2025 (J. MARGAT 1992).

Dans les pays du Sud, notamment au Sahel, où les quantités d'eau utilisées ne représentent qu'une faible fraction des ressources et où par conséquent la comparaison des besoins futurs aux ressources n'est pas une préoccupation majeure, les schémas directeurs reposent le plus souvent directement sur des nécessités d'équipements à programmer -par exemple des points d'eau villageois en fonction d'objectifs de desserte des populations rurales-, pour chiffrer les investissements à planifier, plutôt que sur des prévisions de besoins en eau qui ne sont généralement pas globalisés.

### Encadré 3

#### Distinguer besoins et demandes en eau

- le **besoin** en eau est un concept théorique déterminé par les objectifs de l'activité qui l'engendre et par la relation d'efficacité entre usages de l'eau -en quantité et qualité données- et les résultats. Il est donc exprimé le plus souvent de manière "unitaire" (par habitant, par hectare irrigué, par tête de bétail, par unité de produit...). Le besoin en eau a un caractère normatif (référence pour évaluer la demande présente) et prévisionnel. Il est indépendant de l'offre.
- La **demande** en eau est un fait réel observable, déterminé non seulement par les nécessités de l'activité utilisatrice, mais aussi par l'influence de l'offre : celle de la nature -la ressource- aussi bien que celle d'un secteur intermédiaire de production-distribution. La demande peut alors être supérieure au besoin (en cas d'offre surabondante et très accessible) ou inférieure (en cas d'offre rare et coûteuse), en quantité comme en qualité.

La prévision des demandes ne peut donc être indépendante de celle de l'offre, de même réciproquement que la prévision des ressources exploitables et des productions d'eau non conventionnelles est liée à celle des demandes.

\* \* \*

#### Distinguer demandes d'approvisionnement des usagers et demandes sollicitant la ressource (prélèvements).

Tant que toutes les demandes d'approvisionnement en eau des usagers sont couvertes par l'exploitation des seules ressources en eau conventionnelles, les prélèvements leur sont plus ou moins supérieurs du fait des pertes de transport.

Au contraire, dès lors qu'une partie des demandes des usagers est satisfaite par d'autres sources d'approvisionnement, ces demandes peuvent excéder les prélèvements : les unes et les autres sont à chiffrer et à prévoir séparément.

## Encadré 4

### Projection des besoins en eau

- Deux démarches inappropriées sont à exclure :
  - Extrapoler des tendances d'évolution passée observées des demandes, rarement connues avec assez de fiabilité, que l'analyse "rétrospective" infirme généralement.
  - Appliquer des taux de croissance annuels supposés aux demandes présentes globalisées ou même sectorielles, qui rendent les évolutions futures exponentielles.
- La démarche la plus pertinente consiste en procédant par secteur d'utilisation :
  - A définir les principales variables exogènes qui constituent des facteurs de besoin en eau, par exemple :
    - \* Pour les besoins en eau potable des collectivités : la population urbaine et rurale, les taux de desserte moyens, les besoins per capita, le rendement de distribution moyen.
    - \* Pour les besoins en eau d'irrigation : la superficie irriguée, le coefficient d'intensité culturale (part récoltée plus d'une fois), le besoin moyen par hectare (divisé éventuellement suivant les modes d'irrigation si les surfaces respectives sont connues), le rendement de transport.
  - A dresser un état initial de ces variables, en moyenne pour chaque unité territoriale de prospective (bassin, zone), en vérifiant si ces variables déterminantes sont bien cohérentes avec les demandes actuelles estimées (ou si des écarts sont explicables).
  - A tenter la prospective d'évolutions respectives de ces variables, plus précisément de leur valeur probable à un ou plusieurs horizons visés (en se basant autant que possible sur des prévisions déjà faites : démographie urbaine et rurale, superficies irriguées, production industrielle, production thermoélectrique), avec au moins deux hypothèses (haute, basse).
  - Enfin à calculer les besoins futurs projetés pour chaque scénario, aux horizons visés, en distinguant les besoins d'approvisionnement en eau de chaque secteur et les "productions d'eau" brutes (prélèvements) induits, compte tenu des rendements de transport et de distribution (y compris des pertes par évaporation des réservoirs), dans l'hypothèse où ces besoins seraient à satisfaire uniquement par les ressources conventionnelles. Puis à procéder à la sommation des besoins et "prélèvements théoriques" sectoriels.

Il est supposé, dans cette démarche, que les besoins des différents secteurs n'interfèrent pas et qu'ils sont parfaitement additifs.

\* \* \*

Aux projections de besoins d'approvisionnement en eau dont seront déduits en tout ou partie des pronostics de prélèvements, il conviendrait en outre d'ajouter des projections de retours d'eau et par conséquent des consommations finales rapportées aux ressources.

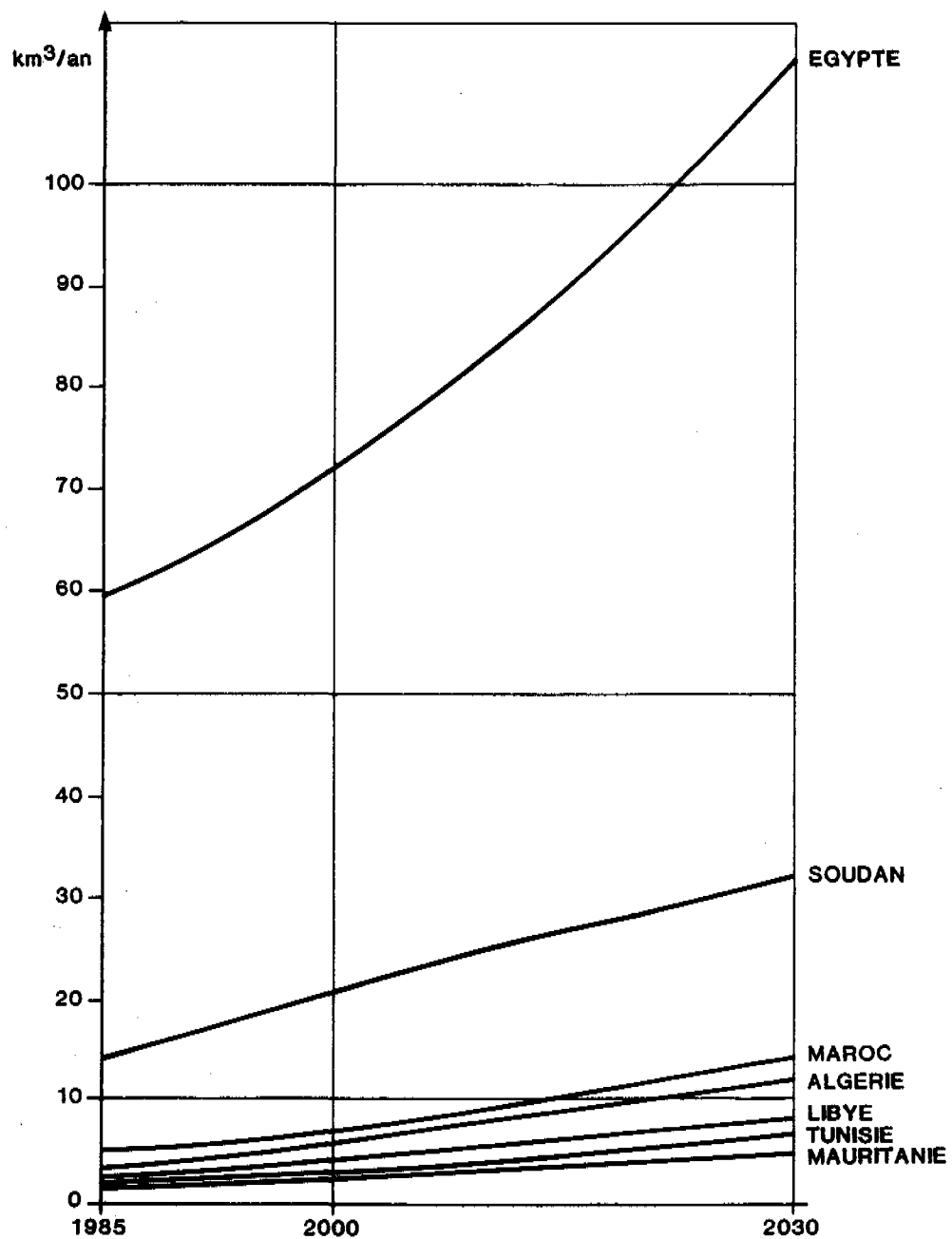


Fig. 13 : Projection des besoins en eau dans plusieurs pays arabes africains jusqu'à l'horizon 2030 ("projected water demands" basées sur les croissances démographiques moyennes naturelles, d'après Shahin 1989 [82]).

**Tableau 9 : Sélection de projections de besoins ou "demandes" en eau, sectoriels ou totaux, de pays de la région de l'OSS., d'après des sources nationales ou internationales récentes (chiffrés en km<sup>3</sup>/an).**

| Pays         | Horizon         | Secteur collectivités (eau potable) | Secteur irrigation  | Totalité des secteurs | Référence (cf. bibliographie) |
|--------------|-----------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Algérie      | 2010            | (avec industries)<br>4,2            |                     |                       | 39                            |
|              | 2025            | 4,8 (a)                             |                     |                       |                               |
|              | -               |                                     |                     | -                     | 36                            |
|              | 2000            | 1,42 à 1,97                         | 2,91 à 3,71         | 5,48 à 7,14           |                               |
|              | 2010            | 2,0 à 3,26                          | 3,74 à 5,11         | 7,11 à 10,24          |                               |
| 2025         | 3,06 à 4,91 (b) | 5,20 à 8,35 (b)                     | 9,87 à 15,63 (b)    |                       |                               |
| -            |                 |                                     | -                   | 82                    |                               |
| 2030         |                 |                                     | 8,7 à 12,7 (c)      |                       |                               |
| Libye        | 2000            | 0,65                                | 5,58 à 8,51         | 9,29                  | 76                            |
|              | 2010            | 1,02                                | 6,58 à 11,98        | 13,24                 |                               |
|              | 2025            | 1,76 (d)                            | 8,96 (e) à 17,21(f) | 19,53                 | 82                            |
|              | 2030            |                                     |                     | 6,7 à 8,5 (c)         |                               |
| Maroc        | 2000            | 1,26                                | 12,07               | 14,1                  | 128,135                       |
|              | 2010            | 1,59                                | 15,26               | 18,2                  |                               |
|              | 2020            | 1,98                                | 17 (g) (b)          | 21,0 (b) (g)          | 99                            |
|              | -               |                                     |                     | -                     |                               |
| (c)          | 2030            |                                     |                     | 12,4 à 14,9           | 82                            |
| Tunisie      | 2000            |                                     |                     | 2,9 à 3,2             | 82                            |
|              | (c) 2030        |                                     |                     | 5,5 à 6,4             | 82                            |
| Mauritanie   | 2000            |                                     |                     | 2,16 à 2,4            | 82                            |
|              | (c) 2030        |                                     |                     | 4,5 à 5               |                               |
| Niger (a)    | 2000            | 0,16                                | 0,8                 | 1                     | 124,136                       |
| Sénégal (a)  | 2005            | 0,34                                |                     |                       | 114                           |
| Tchad (a)    | 2000            | 0,1                                 | 0,05                | 0,22                  | 7                             |
| Djibouti     | 2000            |                                     |                     | 0,10 à 0,13           | 82                            |
|              | (c) 2030        |                                     |                     | 0,21 à 0,35           |                               |
| Egypte       | 2000            | 5,5                                 | 59,9                | 69,4                  | 3,4,99,134                    |
|              | (a) 2000        |                                     |                     | 64,7 à 72,4           |                               |
|              | -               |                                     |                     | -                     | 82                            |
|              | (d) 2025        | 9,6 à 14,6                          | 43,5 à 49,7         | 53,4 à 64,6           |                               |
| -            |                 |                                     | -                   | 82                    |                               |
| (c) 2030     |                 |                                     | 92,3 à 112,8        |                       |                               |
| Ethiopie (h) | 2000            | 0,8                                 | 3,48                | 5,185                 | 125                           |
| Soudan       | 2000            |                                     |                     | 21 à 22 (c)           | 82                            |
|              | 2010            |                                     |                     | 28 (i)                |                               |
|              | 2030            |                                     |                     | 32 (c)                | 82                            |

Notes :

a - "Besoins en eau"

b - Résultats de modélisation des demandes sectorielles, suivant plusieurs scénarios, tendanciels ou plus ou moins volontaristes.

c - "Projected Demands" conçues dans le sens de besoins, suivant deux hypothèses de croissance démographique : "naturelle" ou "modifiée".

d - "Water demand"

e - "Water demand with lower limit in food production"

f - "Water requirements for 100 % self sufficiency in food production"

g - Allocation de ressources mobilisées

h - "Needs"

i - "Actual use"

Une démarche simplifiée de projection des demandes en eau globales dans chaque pays, pourrait se baser sur les seules projections démographiques et sur l'hypothèse de constance des demandes par habitant, ce qui privilégierait le facteur population de l'évolution des demandes. Cette hypothèse a sans doute pour défaut de ne pas prendre en compte les croissances des demandes per capita socialement souhaitables dans les pays les moins utilisateurs, qui sont les moins développés. Mais elle ne prend pas non plus en compte les décroissances de ces demandes unitaires prévisibles en d'autres pays, où elles sont déjà amorcées, sous l'effet de la rareté des ressources.

Cette démarche risque donc de conduire :

- à des projections sous-estimées dans les pays du Sahel et de la corne de l'Afrique à demandes par habitant actuelles très faibles (cf. supra 2, tableau 6), encore que leurs difficultés économiques ne garantissent pas partout la croissance, ni même le maintien, des quantités d'eau "consommées" par habitant dans les grandes agglomérations, non plus qu'une expansion significative des irrigations.
- à des projections surestimées dans les pays du Nord (Maghreb, Egypte) où les demandes unitaires actuelles sont élevées mais tendent déjà et tendront davantage à décroître, parce que les demandes globales plafonneront à la hauteur des offres (cf. supra 2, Fig. 8);

Le tableau 10 présente les résultats de projections de demandes en eau à l'horizon 2025 selon cette hypothèse : il faut n'y voir qu'un exercice théorique de prévision du poids des évolutions démographiques sur les demandes en eau futures. On observe que suivant cette approche les demandes s'élèveraient au total en 2025 à plus du double de leur volume actuel. Vraisemblablement, la croissance un peu plus forte des demandes, supposable dans les pays du Sud (Sahel, Corne de l'Afrique), ne compensera pas une croissance réelle plus lente des demandes des pays du Nord.

**Tableau 10 : Projection des demandes en eau des pays de la région de l'OSS. à l'horizon 2025, en fonction des croissances de population, en supposant les demandes actuelles par habitant conservées. (cf. tableau 5, col. 5)**

| Pays                                       | Population 2025 (projection moyenne des NU.)<br>M hab. | Demande en eau globale calculée<br>km <sup>3</sup> /an |
|--|--|--|
| Algérie                                    | 51,83  | 9,33   |
| Libye                                      | 12,87  | 14,0   |
| Maroc                                      | 47,48  | 21,6   |
| Tunisie                                    | 13,42  | 4,9  |
| $\Sigma$ Maghreb                           | 125,60   | 49,83  |
| Burkina Faso                               | 22,63  | 0,45   |
| Cap Vert                                   | 0,774  | 0,12   |
| Gambie                                     | 1,87   | 0,06   |
| Guinée Bissau                              | 1,98   | 0,04   |
| Mali                                       | 24,58  | 3,93   |
| Mauritanie                                 | 4,99   | 4,32   |
| Niger                                      | 21,29  | 0,92   |
| Sénégal                                    | 17,08  | 3,42   |
| Tchad                                      | 12,91  | 0,41   |
| $\Sigma$ Sahel                             | 108,10   | 13,67  |
| Djibouti                                   | 1,16   | 0,24   |
| Egypte                                     | 93,54  | 106,7  |
| Erythrée }<br>Ethiopie }                   | 130,67   | 6,27   |
| Kenya                                      | 63,83  | 3,06   |
| Ouganda                                    | 45,93  | 0,92   |
| Somalie                                    | 23,40  | 3,91   |
| Soudan                                     | 60,60  | 37,3   |
| $\Sigma$ Bassin du Nil et Afrique de l'Est | 419,1  | 158,4  |
| Ensemble                                   | 652,8  | 222  |

Bien qu'encore trop macroscopique et agrégée, la prospective des demandes en eau des pays riverains de la Méditerranée, aux horizons 2000 et 2025, a davantage procédé par secteur et tenu compte autant que possible des effets limitants dus à la rareté des offres. Les résultats, calculés en 1988, pour les pays africains concernés, sont présentés dans le tableau 11 et la figure 14.

**Tableau 11 : Prospective des demandes en eau totales dans les pays africains riverains de la Méditerranée, d'après les travaux du Plan Bleu (J. MARGAT - 1988, 1990).**

Scénarios : T2 - Tendanciel aggravé (croissance faible ou nulle)  
 T3 - Tendanciel avec croissance affirmée  
 A - Alternatif (croissance et politique d'environnement plus volontaire et efficace)

| Pays    | Horizon | Prélèvements*       |      |      | Consommations finales |      |      |
|---------|---------|---------------------|------|------|-----------------------|------|------|
|         |         | km <sup>3</sup> /an |      |      | km <sup>3</sup> /an   |      |      |
|         |         | Scénarios           |      |      | Scénarios             |      |      |
|         |         | T2                  | T3   | A    | T2                    | T3   | A    |
| Egypte  | 2000    | 58                  | 61,5 | 59,5 | 43,5                  | 43,3 | 44,8 |
|         | 2025    | 62,5                | 71,0 | 69,0 | 41,5                  | 46,6 | 51,7 |
| Libye   | 2000    | 3,7                 | 3,8  | 3,0  | 2,3                   | 2,75 | 2,4  |
|         | 2025    | 4,0                 | 4,3  | 3,2  | 2,4                   | 2,9  | 2,5  |
| Tunisie | 2000    | 2,4                 | 3,0  | 2,7  | 1,3                   | 1,8  | 1,9  |
|         | 2025    | 2,8                 | 3,6  | 3,0  | 1,8                   | 2,3  | 2,3  |
| Algérie | 2000    | 4,0                 | 6,2  | 5,8  | 2,0                   | 3,2  | 3,7  |
|         | 2025    | 5,3                 | 10,0 | 8,8  | 2,8                   | 5,3  | 5,8  |
| Maroc   | 2000    | 11,5                | 13,0 | 12,0 | 5,8                   | 7,7  | 8,2  |
|         | 2025    | 13,0                | 15,0 | 14,0 | 7,8                   | 9,0  | 10,4 |

\* Dans l'hypothèse où la totalité des demandes serait à satisfaire par exploitation de ressources conventionnelles, donc en intégrant les pertes de transport.



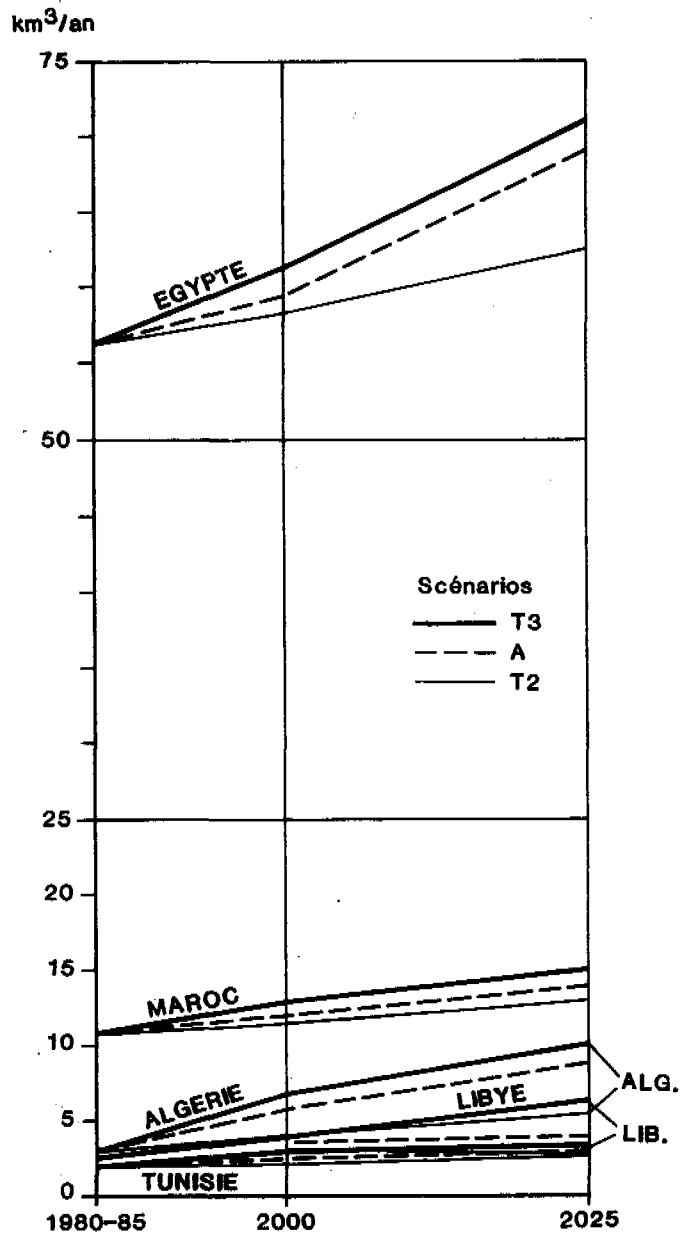


Figure 14 : Evolutions supputées des demandes en eau totales des pays africains riverains de la Méditerranée déduites des scénarios du Plan Bleu (1990)

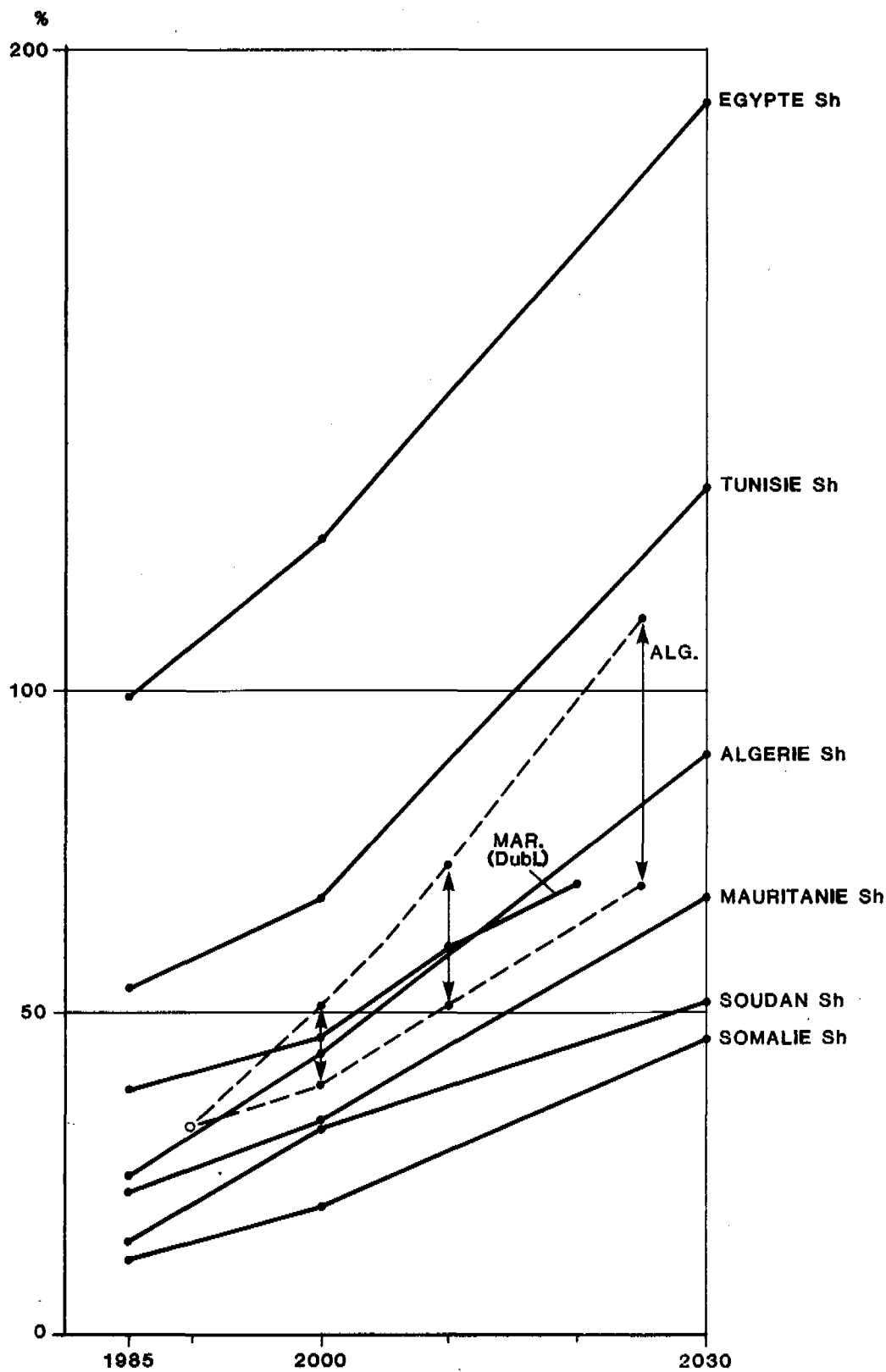


Figure 15 : Projection des ratios besoins en eau / ressources renouvelables naturelles de plusieurs pays  
 (1) d'après les projections de Shahin (1989)  
 (2) d'après d'autres projections de sources nationales

## Pressions prévisibles sur les ressources et conséquences

Cette prospective des besoins en eau vise en fait surtout à permettre de les comparer aux ressources conventionnelles potentielles du territoire de référence, pour estimer à un ou plusieurs horizons visés les rapports globaux entre les uns et les autres et les éventuelles tensions voire les inadéquations conjecturables en quantité. Plusieurs situations se présentent :

- (3) Tant que les besoins restent globalement faibles au regard des ressources naturelles -disons ne dépassent pas un dixième de celles-ci- ils sont assimilés à des demandes à satisfaire totalement par l'aménagement des eaux classique et des prélèvements.
- (3) Si les besoins sont de l'ordre de plusieurs dixièmes et notamment s'ils dépassent la moitié des ressources naturelles moyennes, des risques d'inadéquation (c'est-à-dire de pénurie) locale et/ou conjoncturelle sont probables. L'aménagement des eaux et les prélèvements restent le principal moyen de répondre à ces besoins encore identifiés en moyenne à des demandes, mais l'accroissement du rapport besoins/ressources indique l'amplification des efforts requis, compte tenu des rendements décroissants des équipements nécessaires - y compris des transferts d'eau entre régions respectivement "excédentaires" et "déficitaires" à l'intérieur d'un pays, voire entre pays... Aussi un début de disjonction entre besoins et demandes commence à se manifester au moins dans certaines zones et en années sèches.
- (3) Lorsque les besoins approchent et a fortiori dépassent les ressources naturelles, c'est-à-dire que des **inadéquations** quantitatives (pénuries chroniques et structurelles) sont pronosticables à des échéances plus ou moins rapprochées (en sus des cas où elles existent dès à présent), il n'est plus question de les couvrir seulement par l'exploitation des ressources conventionnelles, donc d'en déduire directement des prélèvements, ni de les identifier à des demandes futures. La prospective des besoins vise alors seulement à démontrer les nécessités de développer des offres nouvelles (transferts à grandes distances, "ressources non conventionnelles"), mais aussi à indiquer les opportunités d'adapter les demandes.

Les ratios besoins/ressources ou consommations finales/ressources dont les croissances peuvent être déduites de ces projections de besoins, ont de moins en moins le sens d'indices prévisionnels d'exploitation ou de consommation finale à mesure qu'ils grandissent (les identifier reviendrait à supposer implicitement que ces besoins soient incompressibles et qu'ils doivent être satisfaits en totalité par les ressources conventionnelles renouvelables, alors que ce n'est déjà plus le cas actuellement dans plusieurs pays, on l'a vu). La prospective de ces indices (exemple : Fig. 15) n'a donc qu'un sens exploratoire et vise seulement à faciliter des diagnostics et à éclairer des choix de politique de l'eau à engager à présent.

Dans cette optique, les projections de besoins en eau opérées par pays, comparées aux ressources potentielles et renouvelables, peuvent donner lieu à une double interprétation prospective :

- estimation des ratios besoins/ressources probables à des horizons donnés, par exemple 2010 et 2025,
- pronostics des échéances auxquelles les ratios besoins/ressources pourraient dépasser des valeurs significatives telles que 50 et 100% (lorsque ces valeurs ne sont pas encore atteintes actuellement).

Le tableau 12 présente ces résultats, auxquels il convient de n'accorder qu'une valeur exploratoire et indicative.

**Tableau 12 : Essai de prospective des ratios besoins\*/ressources\*\* dans les pays les plus menacés par des pénuries d'eau structurelles**

| Pays       | Ratios besoins/ressources probables<br>(en %) aux horizons : |                      | Echéances auxquelles les ratios<br>besoins/ressources pourraient<br>atteindre et dépasser : |           |
|------------|--|----------------------|---|-----------|
|            | 2010   | 2025                 | 50%   | 100%      |
| Algérie    | 60   | 80                   | 2005  | 2035-2040 |
| Libye      | 1900   | 2800                 | > actuellement  | -         |
| Maroc      | 60   | 75                   | 2005  | 2035-2040 |
| Tunisie    | 90   | 120                  | > actuellement  | 2015-2020 |
| Mauritanie | 40   | 60                   | 2015  | -         |
| Egypte     | 110-120  | 160-190<br>92-110*** | > actuellement  | -         |
| Somalie    | 30   | 40                   | 2030-2040   | -         |
| Soudan     | 40   | 100                  | 2025-2030   | -         |

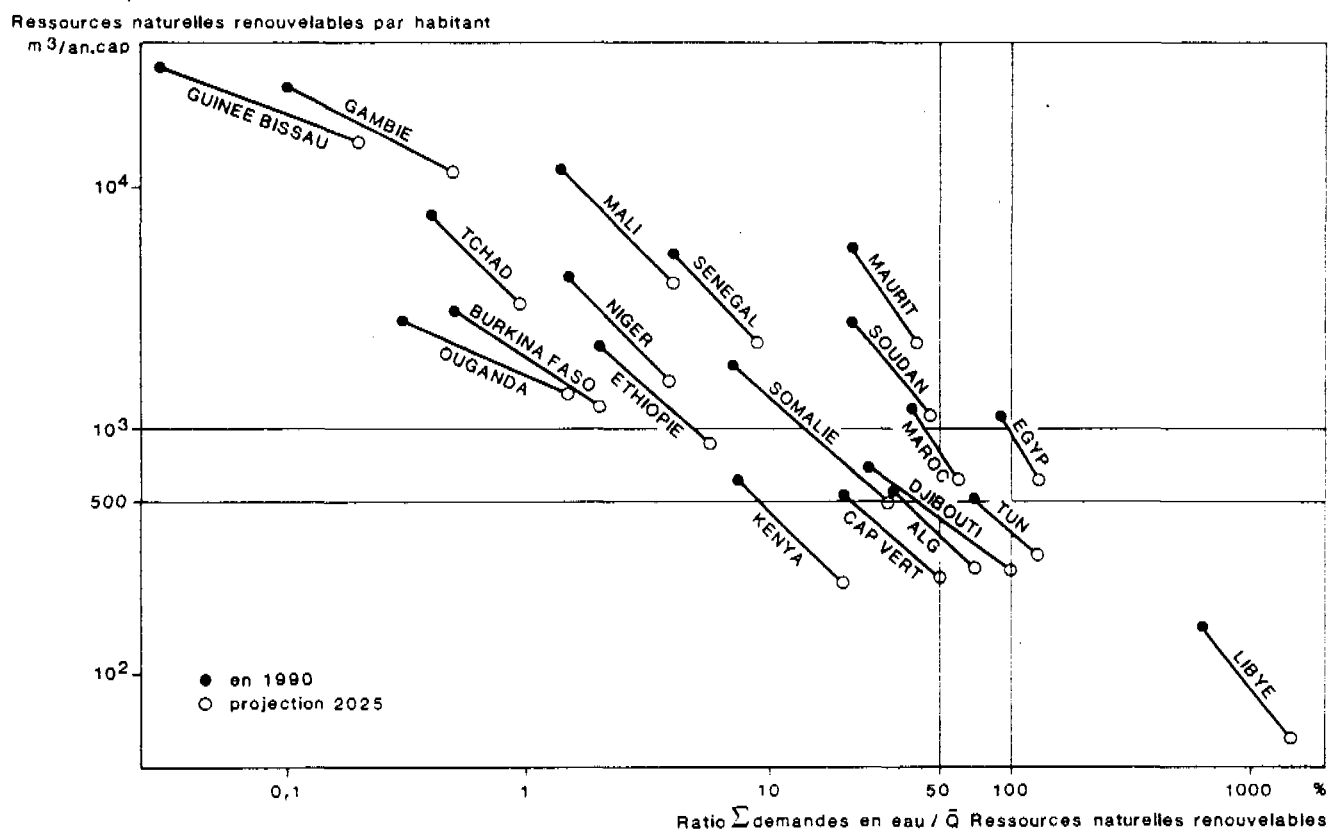
\* D'après des sources nationales (cf. Tableau 9) ou les données présentées par SHAHIN 1989 [82]

\*\* Ressources potentielles renouvelables indiquées au tableau 2.

\*\*\* D'après ABU-ZEID 1992 [5]

L'évolution future des ratios besoins/ressources, plus ou moins convertis en ratio demandes/ressources, est naturellement très liée à celle des ressources en eau (naturelles et renouvelables) par habitant, comme sont déjà liés ces deux indicateurs dans leurs états présents : les ratios qui traduisent globalement la pression sur les ressources sont et seront d'autant plus élevés que les ressources par habitant sont et seront faibles (Fig. 16) : au dessous du seuil de 500 m<sup>3</sup>/an par habitant de ressource évoqué plus haut (chap. 1), les "indices d'exploitation" augmentent sensiblement et d'autant plus que les irrigations sont développées, en approchant ou dépassant 50 %.

En pratique, la prospective des **demandes** en eau et de leurs conséquences doit prendre en compte non seulement les besoins théoriques projetés mais les interactions offre/demande, notamment les réactions et adaptations des demandes à des offres modifiées par la raréfaction des disponibilités naturelles et par la croissance des coûts de production d'eau et/ou d'approvisionnement (transport), pour réaliser les adéquations. Les demandes en eau sont alors moins à prévoir ou à projeter qu'à planifier : elles deviennent l'objet d'une **gestion prévisionnelle** autant que les ressources, et conjuguée avec la planification des offres conventionnelles ou non.



**Fig. 16 : Relations entre les ressources naturelles renouvelables par habitant et les ratios demandes en eau / ressources des pays de la région de l'OSS, actuellement et en 2025.**

Dans cette prospective conjointe des demandes et des offres, l'allocation prévisionnelle et programmée des ressources tend à supplanter la projection des demandes dérivée de celle des besoins et elle équivaut bien à une planification des demandes (par exemple : en Egypte, au Maroc, en Tunisie...). Dans cette optique les différents secteurs d'utilisation ne font pas l'objet de la même approche :

- pour l'alimentation en eau potable des collectivités, prioritaire et relativement moins flexible (malgré des projets d'économie d'eau), la projection des demandes l'emporte et la planification vise à y ajuster l'offre ;
- tandis que pour l'irrigation c'est, à l'inverse, de l'allocation du "reliquat" de ressource que la demande est déduite et devra donc se plier à l'offre (par exemple en Algérie, en Egypte...). Ainsi dans la plupart des pays on prévoit une diminution des parts relatives des "demandes" en eau de l'irrigation (en fait des allocations de ressource à ce secteur) par rapport aux demandes en eau totales (exemple : Fig. 17).

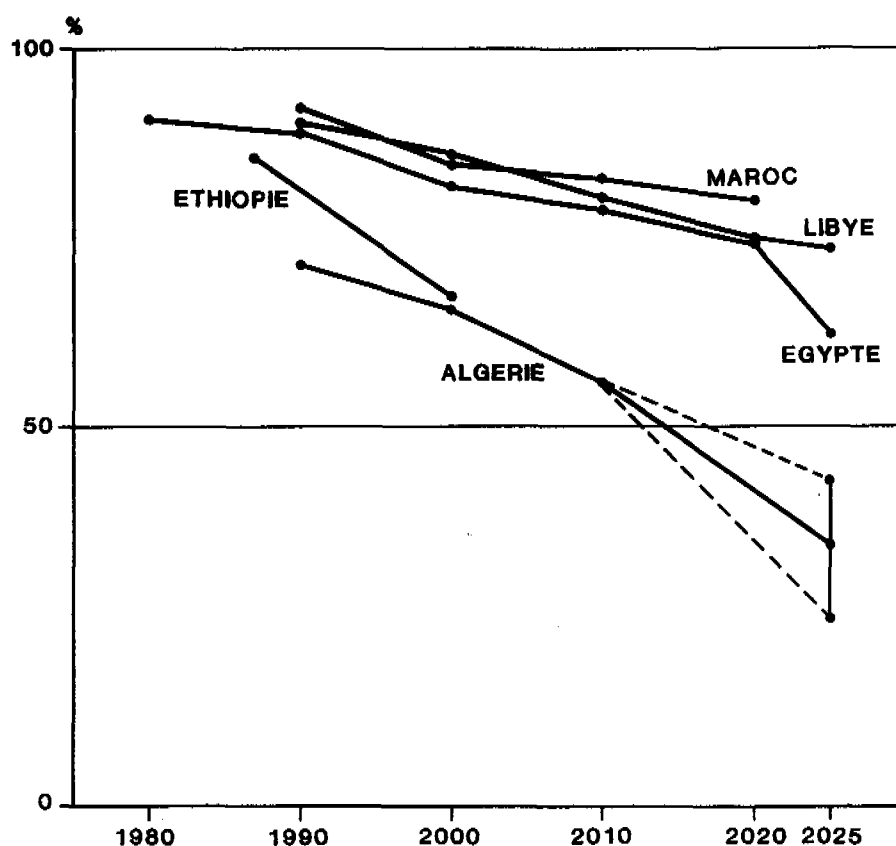


Fig. 17 : Projections des proportions des demandes en eau d'irrigation sur les demandes en eau totales (ou des parts de ressources en eau mobilisées allouées à l'irrigation) en plusieurs pays.

Références : Algérie\* [19], Egypte [5], Libye\*\* [76], Maroc [128], Ethiopie [125]

\* selon scénarios en 2025

\*\* suivant "Lower limit of Food production"

Dans les pays à irrigation très développée du Nord et du bassin du Nil, les degrés d'autosuffisance alimentaire visés par les politiques socio-économiques ont naturellement une forte incidence sur les demandes en eau d'irrigation projetées, mais réciproquement les allocations de ressource possibles pour l'agriculture irriguée imposent une forte contrainte au choix de ces degrés d'autosuffisance. Par exemple en Libye on comparera deux projections de demandes en eau d'irrigation jusqu'en 2025 suivant deux hypothèses (d'après O. SALEM 1992) :

| Horizon | Demandes en eau d'irrigation en km <sup>3</sup> /an |  |
|---------|---|--|
|         | avec "lower limit of food production"               | "For 100% self-sufficiency in food production" |
| 1990    | 4,27  | 5,81   |
| 2000    | 4,80  | 8,51   |
| 2010    | 5,32  | 11,98  |
| 2020    | 5,85  | 15,69  |
| 2025    | 6,64  | 17,21  |

On voit, dans cet exemple, que la proportion de la production alimentaire possible dans l'hypothèse de croissance minimale des irrigations, s'abaisserait progressivement de 73% (en 1990) à 39% (en 2025) de l'objectif d'autosuffisance, même en tenant compte de progrès d'efficience d'irrigation.

En conséquence, les incidences de l'évolution -de la croissance- des quantités d'eau utilisées sur les ressources, ne sont pas directement déductibles de l'évolution des demandes projetées, mais seulement de la part de ces demandes qui sera (et qui pourra) être couverte par l'exploitation des ressources naturelles. La prospective des demandes et des offres d'eau devra de plus en plus être intégrée et faire l'objet d'une modélisation commune dans les pays de la région confrontés à une raréfaction grandissante des disponibilités en eau, aussi bien que dans les pays non démunis en ressource en eau mais que la pauvreté rend difficilement capables d'assumer les charges économiques d'une approche par l'offre sans restriction pour satisfaire les "besoins".

\* \* \*

Comparer les demandes en eau projetées aux seules ressources moyennes et supposées stables réduit évidemment la signification des essais de prospective des pressions sur les ressources qui précèdent. Il faudrait prendre en compte la variabilité et la possible instabilité des ressources.

- La croissance de la proportion exploitée des ressources naturelles moyennes rend les approvisionnements en eau de plus en plus sensibles aux défaillances, aux sécheresses. De plus l'évolution de la structure des utilisations amplifie aussi cette sensibilité.

La *sécheresse* et ses incidences sur les ressources en eau renouvelables est un phénomène naturel et conjoncturel dont la probabilité d'occurrence dépend seulement du type de climat.

Les conséquences des sécheresses sur la vie des hommes sont par contre largement dépendantes des types d'utilisation d'eau et de leur sensibilité aux défaillances. Dans les zones à climat aride et semi-aride de la région la sensibilité aux sécheresses s'est aggravée à l'époque contemporaine et devrait être grandissante à l'avenir, du fait :

- de la croissance démographique,
- de la récession du nomadisme,
- de l'urbanisation,

qui augmentent l'inadaptation des modes de vie à la variabilité des ressources en eau et amplifient les désirs de sécurité d'approvisionnement en eau.

- Les ressources en eau du XXI<sup>e</sup> siècle seront-elles celles d'aujourd'hui ?

Sans développer ici la question, qui commence à être largement médiatisée, du risque d'appauvrissement des ressources en eau renouvelables (en quantité), sous l'effet du problématique changement de climat dû à l'effet de serre" additionnel au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, on ne peut exclure cette hypothèse dans une partie de la région, notamment au Maghreb et au Sahel. Un affaiblissement et une irrégularité accrue des précipitations y sont pronostiqués par différents modèles. Mais les "prévisions" à ce sujet -leur amplitude comme leur échéance- sont encore affectées d'énormes incertitudes (encadré 5).

## Encadré 5

### **Sécheresses et changement de climat :**

**en sus de leur inconstance et de leur fragilité présentes, les ressources en eau de la région de l'OSS. sont-elles en voie d'appauvrissement ?**

Les sécheresses prolongées et accentuées survenues au cours des deux dernières décennies sont-elles déjà les prémices d'un changement de climat imputable à l'effet de serre additionnel ? Le rapprochement entre la réalité des unes et les inquiétudes compréhensibles engendrées par les interrogations sur l'autre est certes légitime... Pourtant il n'est pas à l'abri de quelques confusions. Il convient de ne pas confondre *sécheresse* (conjoncture) et *aridité* (type de géographie climatique), ni les alternances historiques de périodes humides et sèches internes au climat présent avec les variations de climat préhistoriques réelles, à une autre échelle de temps. Il y a déjà eu des périodes de sécheresse au cours des temps historiques, mais elles furent moins connues (faute de météorologie) et moins ébruitées (faute de médias) et surtout leurs conséquences sur la vie humaine furent moindres (du fait de populations plus faibles, moins croissantes et mieux adaptées aux aléas climatiques).

Rien ne permet d'affirmer que l'effet de serre additionnel sur le climat moyen se fait déjà ressentir, même si quelques recherches récentes sur de longs historiques pluviométriques (Mauritanie, Demarée 1990) ou hydrologiques (Niger, Sénégal, Hubert et al. 1993 [42 bis] ; Olivry 1993 [65 bis]), ont pu déceler des non-stationnarités dans l'évolution de ces variables, c'est-à-dire des ruptures de tendance relativement synchrones mais en alternance. Il est vrai toutefois que la tendance déficitaire qui persiste notamment en Afrique tropicale depuis deux décennies, avec des sécheresses plus marquées au début des années 70 et en 1983-84, n'a pas de précédent, ni en ampleur ni en durée, dans les chroniques hydroclimatiques connues depuis un siècle. Ces analyses invitent à tout le moins à réviser en baisse les estimations de ressource (débits moyens, médians...) basées sur des historiques antérieurs à plus fortes composantes d'années humides, en tenant compte d'historiques plus actualisés et de ces changements de tendance à moyen terme. Ces révisions traduisent toutefois une meilleure connaissance des ressources plutôt que leur transformation. Le suivi des variables hydroclimatiques avec vigilance reste en tout cas, à long terme, une nécessité primordiale.

\* \* \*



## 4 - LA GESTION DE L'EAU : PROBLEMES ET SOLUTIONS

Dans une grande partie de la région de l'OSS., les tensions à venir et les inadéquations grandissantes entre les besoins en eau croissants et des ressources conventionnelles limitées seront génératrices de problèmes aggravés et de conflits d'usage que la gestion des eaux aura pour objectif de résoudre. On passera d'abord en revue les principaux types de conflit, de natures variées, qui risquent de se développer, puis les divers moyens d'action et instruments techniques appropriés avant d'évoquer les voies et les modalités de la gestion conjuguée des offres et des demandes en eau dans les différentes conditions de la Région.

### 4.1. LES CONFLITS PRESENTS A REGLER OU FUTURS A PREVENIR

- Les plus classiques et les plus répandus sont les **conflits d'usage** -c'est-à-dire entre usagers- qui naissent de l'intensification d'exploitation de systèmes de ressource définis, superficiels ou souterrains. Bien avant d'atteindre la mobilisation maximale possible des ressources en eau renouvelables, voire de s'engager dans une "surexploitation" dans le cas d'aquifère, l'intensification des prélèvements abaisse les rendements et accroît les coûts de production, ce qui crée des concurrences et des tensions entre anciens et nouveaux utilisateurs, que leurs objectifs soient similaires ou a fortiori qu'ils diffèrent, surtout lorsque les moyens économiques des uns et des autres sont inégaux. Ces conflits d'usage ne traduisent pas seulement des concurrences pour le partage de ressource en eau rare, mais aussi des compétitions pour l'accès aux ressources les moins coûteuses, les plus facilement mobilisables et celles qui offrent le plus de sécurité (les ressources en eau internes, permanentes, de bonne qualité).  
Ces conflits s'exacerbent naturellement en temps de sécheresse qui accentue la rareté de l'eau dans les régions à ressource en eau renouvelable prédominante et où la croissance démographique et l'évolution des modes de vie amplifie la sensibilité aux sécheresses.  
Plus généralement il s'agit d'une compétition entre l'utilisation des ressources en eau naturelles et le recours aux ressources non conventionnelles plus coûteuses.
- Les conflits d'usage prennent parfois la forme de concurrence entre des modalités de mobilisation de l'eau qui interfèrent bien que cela ne soit pas perceptible immédiatement, notamment entre l'exploitation d'eau souterraine et d'eau de surface interdépendantes dans un même bassin : des prélèvements intensifs d'eau souterraine peuvent réduire ou tarir des sources ou des écoulements d'eau de surface pérennes ; réciproquement des barrages de régulation d'eau de surface peuvent affaiblir ou supprimer l'alimentation de nappes souterraines par les crues. Les deux cas sont survenus au Maghreb par exemple.
- Une autre forme de conflit tient aux difficultés de coexistence entre les modes traditionnels et les procédés modernes d'exploitation, par exemple entre l'exploitation d'une nappe souterraine par galeries captantes à potentiel imposé (*Foggaras* du Maghreb) et l'exploitation par pompage qui entraîne de forts rabattements : le développement des procédés plus productifs permet d'accroître les volumes d'eau mobilisés globalement et d'améliorer l'adaptation des productions d'eau aux demandes, mais il n'est pas compatible avec la conservation des modes anciens dans un même système naturel de ressource, et cela peut opposer différentes catégories d'usagers. Ce problème se pose partout où fonctionnent encore ces modes d'exploitation gravitaires traditionnels (Oasis d'Egypte et de Libye, Maghreb et Sahara).

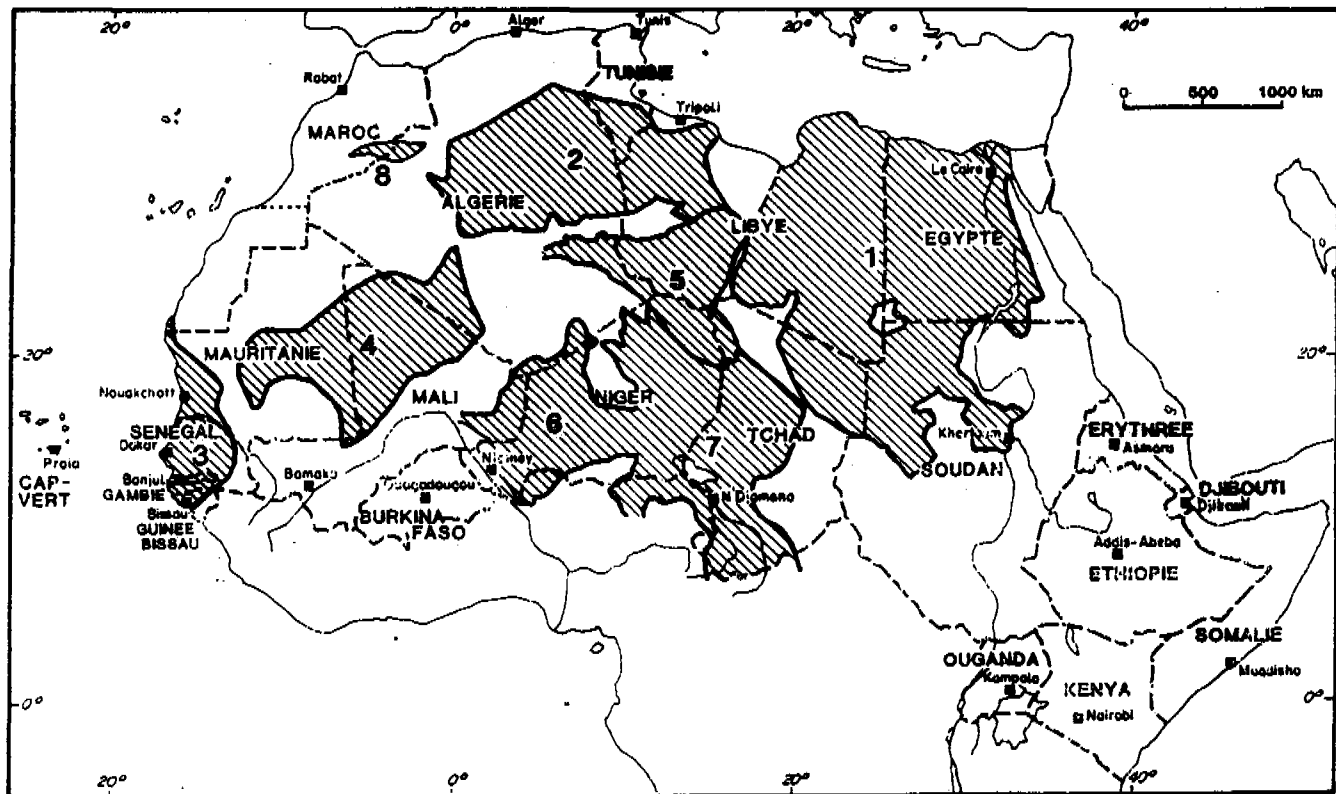
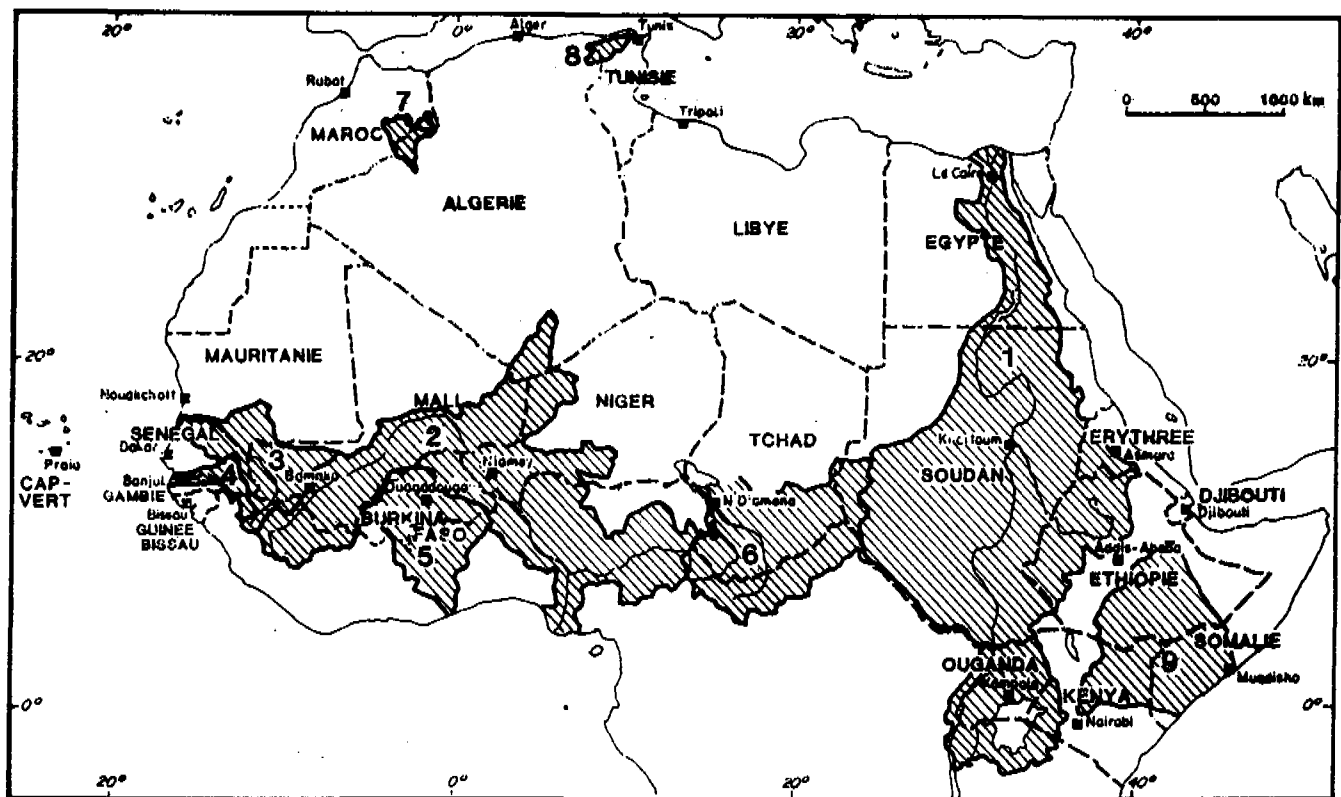


Fig. 18 : Systèmes de ressource en eau communs à plusieurs pays dans la région de l'OSS.

- a - Bassins fluviaux transfrontières : 1-Nil. 2-Niger. 3-Sénégal. 4-Gambie 5-Volta. 6-Chari. 7-Guir-Saoura. 8-Mejrdah. 9-Juba-Shebelle.
- b - Systèmes aquifères transfrontières : 1-Bassin de Nubie. 2-Sahara Septentrional. 3-Bassin Sénégal-Mauritanien. 4-Bassin de Taoudeni. 5-Bassin de Mourzouk-Djado. 6-Bassin Irhazer-Iullemeden. 7-Bassin du Tchad. 8-Bassin d'Errachidia.

- A l'échelle des bassins hydrographiques des antagonismes peuvent survenir entre les collectivités de l'amont et de l'aval : c'est souvent en amont que se situent les aménagements et en aval que l'on utilise l'eau -ou que l'on crée plus de sécurité-. Les collectivités d'amont peuvent souhaiter valoriser des rentes de situation et prendre part indirectement aux bénéfices de l'aménagement. Cette question se pose d'abord dans le cadre national dans les pays à ressources en eau renouvelables intérieures prédominantes (type 1 du chap. 1) ; elle prend évidemment plus d'ampleur et une dimension géopolitique dans le cas de bassins transfrontières, notamment dans les pays à ressource externe prédominante où le problème de partage de ressource se pose avec acuité (type 2 du chap. 1) : ces cas sont relativement rares au Maghreb (Guir entre Algérie et Maroc, Medjerdah entre Algérie et Tunisie), tandis qu'ils sont majeurs au Sahel et dans le bassin du Nil (Fig. 7, 18a), où ils sont trop connus pour être évoqués ici.
- Les grands systèmes aquifères des bassins sédimentaires pluri-nationaux (Fig. 18b) peuvent aussi donner lieu à des conflits qui restent toutefois actuellement potentiels. Dans ce cas l'objet du partage à régler est plus complexe qu'un écoulement : il s'agit de répartir équitablement les influences, notamment dans les plans d'exploitation de ressources non renouvelables.
- Plus largement, tout en restant dans des cadres nationaux, des conflits entre provinces ou régions peuvent contrarier des projets de transferts d'eau qui visent à réaliser une certaine péréquation entre régions ou bassins respectivement "excédentaires" et "déficitaires" à présent et à moyen terme et qui sont déjà engagés ou projetés au Maghreb, en Libye, en Egypte... : jusqu'à quel point le transfert d'eau doit-il l'emporter sur des déplacements d'activité ? Comment comparer les avantages de transferts d'eau à court terme pour la région receveuse et ceux d'une conservation de ressource pour une valorisation différée mais supputée plus grande à long terme pour la région émettrice ? Comment répartir les avantages du transfert : quel bénéfice ou quelle compensation faut-il accorder à la région "exportatrice" ?
- Une autre sorte de conflit peut prendre un caractère inter-générationnel dans les cas particuliers de gestion de ressources non renouvelables (exploitation "minière" d'eau souterraine) développée notamment en Algérie, Tunisie et surtout en Libye : entre une mise en valeur plus intensive et plus assurée à court terme et un développement plus modéré et plus durable, mais dans un contexte socio-économique plus incertain à long terme. C'est le problème classique de répartition d'une rente minière dans un "avenir incertain". Cela revient aussi à étendre dans le temps le conflit entre l'utilisation des ressources naturelles, accaparées par la génération présente, et le recours aux ressources non conventionnelles laissées à la charge des générations futures.
- Les conflits inter-sectoriels peuvent s'élargir à l'échelle régionale ou nationale. Le plus important est la rivalité entre le secteur de l'agriculture irriguée et celui de l'alimentation des collectivités urbaines, le second étant généralement prioritaire et sa capacité économique supérieure. Accessoirement des concurrences peuvent aussi opposer l'industrie et l'agriculture, ou parfois la production hydroélectrique et l'agriculture. Dans ce dernier cas le conflit est surtout conjoncturel et il est exacerbé en saison ou année de sécheresse. On a remarqué que les objectifs de production hydroélectrique, qui ont motivé en priorité les équipements hydrauliques de première génération, au Maghreb comme en Egypte, sont passés ensuite au second rang, après l'irrigation, dans les buts des aménagements plus récents. Cependant la faible valeur ajoutée par les utilisations agricoles de l'eau les handicapera à l'avenir, par rapport aux utilisations urbaines et industrielles.
- Aux conflits d'usage proprement dit s'ajoutent les tensions entre utilisateurs d'eau et agents sujets aux effets externes des utilisations : le cas le plus répandu est celui des pollutions par les retours d'eau usée dans les systèmes fluviaux, qui constituent encore une forme de conflit amont/aval, y compris naturellement dans les bassins transfrontières où ils prennent une dimension internationale. Cela pose le problème de répartition des charges respectives d'épuration en amont ou de traitement de potabilisation en aval, entre les collectivités concernées.

Plus largement, lorsque le taux d'exploitation des ressources en eau naturelles est très élevé, la protection de leurs qualités devient une nécessité accrue et généralisée. Cela impose des contraintes et des charges croissantes à de nombreux agents occupants du sol, tels que les agriculteurs, en vue de réduire ou neutraliser les impacts de leurs activités, mais que ceux-ci supportent difficilement.

Il s'agit alors de conflit entre les objectifs de sécurité d'approvisionnement en eau, notamment en qualité, et des objectifs de développement socio-économique, que la raréfaction des disponibilités en eau rend mal compatibles.

- Au plan économique se pose la question générale de répartition des coûts, entre usagers bénéficiaires d'une part, pouvoirs publics et collectivités d'autre part, qu'il s'agisse de l'aménagement des eaux, des productions et des approvisionnements en eau, ou de l'assainissement, des opérations d'épuration ou de protection des eaux. Les poids relatifs donnés au service public ou aux mécanismes de marché ne sont pas sans effets sur l'évolution des demandes.
- Enfin, au niveau de l'orientation de la politique de l'eau de chaque pays, une certaine compétition s'instaure entre les voies et moyens propres à assurer l'adéquation offre/demande en eau : entre l'approche par l'offre (aménagement, production) qui a le plus la faveur des techniciens de l'équipement, et l'approche par la demande moins coûteuse mais qui relève davantage de mesures socio-économiques aux efficacités moins assurées et plus différées.

\* \* \*

La combinaison des différents types et ordres de grandeur de ressources en eau (revus au chap. 1) et des différents degrés de tension présents ou projetés entre demandes et ressources (notés au chap. 2) détermine une géographie de problèmes et de conflits assez contrastée, dans la Région de l'OSS. (cf. Tableau 13). Les voies et moyens de gestion de l'eau pour résoudre ces problèmes sont donc également diversifiés et spécifiques à chaque pays.

**Tableau 13 : Problèmes d'eau et conflits majeurs zonaux  
dans la Région de l'OSS.**

| <b>Sous-régions suivant les types de ressource en eau prédominantes (cf. Fig. 4)</b> | <b>Problèmes et conflits majeurs spécifiques.</b>  |
|--|--|
| Ressources renouvelables intérieures prédominantes                                   | <p>Conflits d'usage amont/aval.<br/>Conflits dus aux interférences entre utilisations des eaux souterraines et superficielles, ou entre techniques traditionnelles et modernes d'exploitation.<br/>Déséquilibres et compétitions entre régions : problèmes de transferts.</p> <p>Compétition entre parachèvement de l'aménagement hydraulique conventionnel, à coût et impacts environnementaux croissants, et le recours aux ressources non conventionnelles.</p> |
| Ressource fluviale d'origine externe prédominante                                    | <p>Conflits d'usage amont/aval (quantité et qualité), notamment dans le cas d'aménagements mobilisateurs de ressource par réduction de pertes par évaporation, conflits entre bénéficiaires d'aval et sujets aux impacts de ces aménagements en amont.<br/>Conflits entre modes traditionnels d'usage de l'eau (irrigation...) et nécessités d'économie d'eau (liés aux conflits intersectoriels).<br/>Contraintes géopolitiques et rivalités.</p>                 |
| Ressources non renouvelables prédominantes   | <p>Conflits entre objectifs de développement à court et à long terme (pouvant correspondre à des conflits entre usages inégalement "valorisants").<br/>Compétition entre utilisation des ressources non renouvelables et recours aux ressources non conventionnelles.<br/>Compétitions entre régions et problèmes de transferts.</p>   |

#### **4.2. LES SOLUTIONS TECHNIQUES**

Pour résoudre les problèmes présents ou en perspective, un éventail de moyens techniques très variés est disponible, moyens d'action sur l'offre aussi bien que sur les utilisations, qui sont tous déjà mis en oeuvre mais avec des ampleurs très inégales suivant les pays aux conditions desquels ils sont diversement adaptés. Ces moyens sont assez connus pour qu'il suffise ici de les rappeler succinctement :

##### **Du côté de l'offre**

- Les aménagements hydrauliques classiques de régulation d'eaux superficielles ont une expansion encore possible dans les pays à ressource en eau renouvelable prédominante, interne ou externe, (fig. 4), où elle risque néanmoins d'être freinée par le rendement décroissant des ouvrages constructibles et handicapée par l'envasement des réservoirs qui écourte leur durée de vie. Aux efforts d'équipement s'ajoutent :
  - les progrès des techniques de gestion des réservoirs en temps réel, assistés par l'amélioration des prévisions hydrométéorologiques ;
  - les progrès et l'application plus étendue des techniques de traitement anti-érosion des bassins versants, qui atténuent la sédimentation et qui, jointes aux opérations de "dévasement" (notamment par des méthodes dynamiques), contribuent à prolonger les durées de vie des réservoirs.

A côté des grands équipements, la "petite hydraulique" peut encore contribuer largement à amplifier la maîtrise des eaux. Adaptées depuis longtemps à des conditions socio-économiques relativement stables et en équilibre avec les conditions naturelles, diverses techniques "traditionnelles" de maîtrise et d'exploitation des eaux (collecte directe de l'eau de pluie, contrôle du ruissellement local, petites retenues, citernes, galeries drainantes, ...) -cf. l'ouvrage "Traditional Water System", UNESCO - ACSAD, 1986 [94]- pourraient bénéficier de perfectionnements modernes facilitant leur mise en oeuvre et améliorant leur efficacité, en conservant les avantages de ces "micro-aménagements" multipliables sans nécessité d'organisation centralisée. Citons, par exemple, les réhabilitations engagées en Tunisie (EL AMAMI 1988).

Plus généralement, les techniques et les efforts de conservation des sols et des couvertures végétales, qui s'inscrivent dans les actions de "lutte contre la désertification" contribuent à conserver le régime des eaux donc la reproductibilité des ressources renouvelables, et tout particulièrement leur composante régulière.

- Bien que l'exploitation des eaux souterraines soit déjà souvent intensive et parfois excessive dans certains cas, des potentialités appréciables subsistent en divers pays. Des productions intensifiées sont possibles, réglées par des modèles de gestion, dans le cas de systèmes aquifères étendus, et contrôlés.

Une maîtrise des eaux plus complète passera souvent par une gestion plus intégrée des eaux superficielles et souterraines, amplifiant à la fois les opérations de recharge artificielle des aquifères et des exploitations plus actives et modulées des capacités régulatrices de ces réservoirs, notamment pour soutenir le débit d'étiage de cours d'eau. Dans ce cadre des actions sur les sources, plus amples que leur simple dérivation -relèvement de niveau temporaire, pompage régulateur- peuvent jouer un rôle appréciable (J. MARGAT 1981).

Les capacités d'accumulation régulatrice d'aquifères alluviaux peuvent aussi être augmentées par la technique des barrages souterrains : il en a été réalisé au Maghreb par exemple et une prospection systématique des sites favorables serait sans doute profitable dans d'autres pays.

- Dans les pays à ressource fluviale externe dominante (bassins du Nil et du Niger), des aménagements réduisant des pertes par évaporation de plans d'eau naturels, tels que le projet engagé au Soudan (Canal de Jonglei), sont un moyen d'accroître les ressources renouvelables appelé à prendre de l'ampleur, mais dont les impacts environnementaux ne peuvent être négligés, donc doivent être atténués et compensés.
- Les transferts d'eau à longue distance, dont les techniques sont parfaitement maîtrisées, sont engagés ou projetés dans plusieurs pays de la Région (Maghreb, Libye, Egypte, Sénégal), malgré des coûts énergétiques de fonctionnement généralement élevés. Ce moyen de compenser des déséquilibres entre régions -voire entre pays si un commerce international de l'eau prenait corps- peut soulever néanmoins des problèmes socio-économiques et il doit s'inscrire dans une planification à long terme indissociable de l'aménagement du territoire.
- L'exploitation des ressources non renouvelables offertes par les grands réservoirs aquifères sédimentaires, bien qu'elle ne soit pas durable, est appelée à s'amplifier dans les pays où elle est déjà le plus engagée, notamment en Libye où elle pourrait couvrir jusqu'à 95 % des demandes en eau totales en 2025, dans l'hypothèse de croissance de ces demandes la plus forte [76]. Cette exploitation visant surtout à retarder le plus possible le recours aux ressources "non conventionnelles" plus coûteuses, cela implique que son volume et sa durée soient fixés avec cohérence et inscrits dans un plan à long terme.
- La production industrielle d'eau douce par dessalement d'eau de mer ou d'eau saumâtre est amorcée dans plusieurs pays du Nord, à une échelle encore expérimentale en ne contribuant que faiblement aux approvisionnements, surtout pour résoudre des cas particuliers. Du fait de ses coûts, c'est la solution du dernier recours, néanmoins elle pourrait prendre à l'avenir plus d'ampleur dans les pays à pénurie d'eau douce croissante.

- Enfin la régénération d'eau usée, ajustée à des réutilisations spécifiées, se développe à son tour, servie par les perfectionnements des techniques d'épuration et associée aux progrès de l'assainissement des grandes agglomérations. Dans plusieurs pays la "production d'eau usée", en croissance, excède dès à présent (Libye) ou est appelée à dépasser dans un avenir prévisible (Egypte, Tunisie...) les reliquats disponibles de ressources naturelles renouvelables, donc a fortiori leur part exploitable.

#### **Du côté de l'utilisation et de la demande**

- Les techniques de réduction des pertes de stockage et de transport ont un large champ d'application, on l'a signalé (chap. 2), en particulier pour améliorer le rendement des réseaux de distribution d'eau potable et d'eau d'irrigation. Ajoutées aux efforts de réduction des fuites des usagers domestiques et industriels, une compensation de la croissance des demandes d'approvisionnement urbaines supputées pendant une ou plusieurs décennies peut en être attendue.
- Les techniques modernes d'asservissement des fournitures d'eau aux demandes dans les réseaux d'irrigation, grâce aux progrès de l'automatisation et des télécommandes, peuvent aussi contribuer beaucoup à réduire les prises en tête de réseau.
- Des économies d'eau très appréciables peuvent être escomptées des gains d'efficience tant des usages industriels (progrès du recyclage) que de l'irrigation (développement de l'aspersion et surtout de la micro-irrigation), ce qui rend très rentable l'assistance technique et les incitations financières aux usagers à cette fin.
- Plus généralement le développement d'un comportement économe des usagers relève de techniques combinées d'éducation, d'information et d'incitations, notamment par les instruments tarifaires lorsque l'eau est marchande.
- La généralisation de l'assainissement des agglomérations et l'amélioration des rendements des collectes et des traitements d'épuration contribuent aussi à réduire la pression qualitative sur les ressources lorsque les eaux usées sont retournées au milieu naturel.
- Le développement de la réutilisation d'eaux usées déconnecte certains usages des prises directes sur la ressource en substituant à celles-ci une ressource "secondaire", ce qui revient à brancher plusieurs utilisations en séquence sur un même prélèvement et à amplifier le taux d'utilisation global de celui-ci. La réutilisation peut notamment contribuer à atténuer la compétition entre les demandes en eau agricoles et urbaines ; elle peut aussi améliorer la rentabilité d'une production d'eau primaire ou d'un transport coûteux, en permettant de l'utiliser plusieurs fois. Cette réutilisation pose néanmoins des problèmes sanitaires et sa faisabilité est subordonnée à une répartition équitable des charges de traitement entre les usagers primaires (producteurs d'eau usée) et secondaires (réutilisateurs).

La réutilisation d'eau de drainage, déjà très développée en Egypte (EL GINDY 1986, AMER 1992) et d'application plus simple, joue un rôle similaire, et c'est un moyen indirect d'améliorer l'efficience globale de l'usage de l'eau dans un périmètre d'irrigation, qui peut entrer en compétition avec les améliorations des procédés d'irrigation.

- Enfin les usages d'eau de mer ou d'eau saumâtre en substitut à l'eau douce, pour le refroidissement industriel (centrales thermo-électriques notamment), ou en mélange avec des eaux douces, sont déjà largement développés et peuvent encore progresser. En particulier l'irrigation par des eaux saumâtres, expérimentée depuis 1970 en Tunisie (projet CRUESI, UNESCO) est praticable dans des conditions bien définies.

\* \* \*

C'est dans les pays les plus en situation de pénurie présente ou prévisible dans un avenir prochain, que tous ces moyens d'action peuvent le plus être mis en compétition et qu'il convient le plus de conjuguer leurs aptitudes, encore qu'inégalement suivant les pays. Ils diffèrent toutefois fortement par leur nature et les conditions de leur mise en oeuvre : ordres de grandeur des quantités d'eau produite ou économisée par ouvrage ou unité d'opération, coûts unitaires, rapports investissement/charges de fonctionnement, divisibilité et possibilité d'échelonnement des investissements, conditions de répartition des charges entre collectivité publique (état) et bénéficiaires, contraintes de localisation et charges foncières, durée de réalisation, temps de réponse, durée de vie, coût énergétique, aléas de rendement, impacts sur l'environnement, acteurs sociaux impliqués et maîtres d'ouvrages appropriés, etc. Aussi est-il difficile d'évaluer leur faisabilité et leurs rapports coût/avantages suivant des critères uniformes et une échelle de valeur commune.

Cette diversité ne facilite pas l'intégration de l'ensemble de ces moyens dans les plans ou schémas directeurs d'aménagement des eaux qui privilégient encore souvent l'approche par l'offre. Toutefois l'applicabilité et l'étendue du rôle possible de chaque technique dépendent beaucoup des conditions spécifiques, du contexte physique et socio-économique de chaque pays.

\* \* \*



### 4.3. LA GESTION INTEGREE DE L'EAU

Satisfaire les différentes demandes en eau dans des conditions supportables par les agents économiques et par le milieu naturel -c'est-à-dire sans détériorer l'environnement- et dans la perspective d'un développement durable, impose particulièrement dans la Région de l'OSS, une **gestion intégrée de l'eau**, suivant une formule consacrée par les instances internationales<sup>2</sup>. Cette intégration de la gestion de l'eau est à concevoir et à mettre en oeuvre à plusieurs niveaux de plus en plus larges :

- gestion intégrée des ressources : eaux superficielles et souterraines, quantité et qualités, amont et aval des bassins ;
- intégration de l'aménagement des ressources et de l'assainissement-épuration ;
- gestion intégrée des offres : ressources naturelles renouvelables, ressources non renouvelables, ressources non conventionnelles ;
- gestion intégrée des offres (ressources) et des utilisations qui implique une gestion multisectorielle de celles-ci (y compris les utilisations in situ, et la gestion des milieux aquatiques).

A mesure que s'élève le niveau et que s'élargit le champs d'intégration, un système socio-économique de plus en plus complexe et une variété d'agents croissante sont impliqués, en débordant du champ de la seule économie de l'eau. La gestion intégrée de l'eau est indissociable de la gestion de l'occupation du sol, de l'aménagement du territoire et de la politique agricole.

\* \* \*

#### Voies et moyens de la gestion intégrée

L'intégration de la gestion de l'eau et la résolution des conflits peuvent être généralement obtenues par la combinaison de moyens institutionnels, techniques, et économiques et financiers.

#### Moyens institutionnels

- Adaptation du droit et des législations de l'eau fondant les pouvoirs d'intervention et d'arbitrage de la puissance publique (par la réglementation des actes d'aménagement et d'exploitation des ressources comme celle des utilisations, par les incitations financières). Le statut de bien commun (ou la domanialité publique) des ressources en eau, inscrit dans la plupart des législations, doit être concilié avec la sauvegarde des droits d'eau et l'appropriation privée de certaines ressources. La définition légale de la hiérarchie des utilisations de l'eau (en Algérie et Tunisie par exemple) fonde des différenciations tarifaires suivant les secteurs.
- Institution d'organes ou d'autorités de coordination intersectorielle au niveau gouvernemental (Conseil national ou supérieur de l'eau...) ou des collectivités territoriales, notamment de bassin. Le bassin hydrographique, ou parfois le système aquifère, sont l'unité de gestion physique la plus pertinente et il convient de leur faire correspondre le mieux possible le champ de compétence d'une autorité de gestion.

<sup>2</sup> Notamment : Déclaration de la Conférence Internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, Janvier 1992.

Il est souhaitable que ces organes ne soient pas seulement consultatifs mais soient dotés de pouvoir de décision, et que ces fonctions de coordination soient définies à un niveau interministériel plutôt qu'attribuées à une administration à compétence sectorielle. Cette coordination peut être limitée aux investissements publics, notamment dans le cadre de la planification pluriannuelle des équipements (Schémas directeurs...), ou s'étendre aux actes d'autres agents économiques semi-publics ou privés, par le biais des interventions publiques réglementaires ou financières (autorisations, subventions, crédit...).

- Institutions d'instances de concertation entre les différents agents publics et privés impliqués par la gestion d'une même unité de ressource (bassin fluvial, nappe souterraine), consultatives ou délibératives. Leur compétence peut se rapporter aux objectifs des plans ou schémas d'aménagement des eaux impliquant des investissements de l'Etat, de collectivités territoriales ou de groupements d'usagers, au choix des "débits réservés" à conserver dans certains cours d'eau ou à celui des objectifs de qualité, ou encore à la gestion courante en fonction des conjonctures (répartition de restrictions en temps de sécheresse...).

Il va sans dire que dans le cas de bassin, voire d'aquifère, transfrontière une gestion "communautaire" en partenariat est tout aussi souhaitable, mais elle relève alors nécessairement d'accord politique entre les états concernés.

### Moyens techniques

Les moyens multiples passés en revue plus haut (4.2.) apportent pour la plupart des solutions partielles, locales et parfois temporaires, aussi dans l'optique d'une gestion intégrée de l'eau il s'agit d'abord d'organiser et de coordonner -en somme de **planifier**- leurs applications de manière optimale, dans l'espace et aussi dans le temps, pour l'ensemble des utilisations, à commencer par l'harmonisation des actions sur l'offre et sur les demandes, en coordonnant par exemple :

- les efforts d'économie d'eau et de réduction des pertes dans la desserte des agglomérations et ceux visant à augmenter les productions et les fournitures d'eau ;
- les efforts pour améliorer l'efficacité des irrigations et ceux visant à réutiliser les eaux de drainage, ou à accroître l'exploitation de nappe souterraine suralimentée par les excédents d'eau d'irrigation ;
- l'amélioration du rendement de l'assainissement et le développement de la réutilisation d'eau usée.

### Moyens économiques et financiers

- Des critères macro-économiques peuvent guider les choix d'allocation de ressources aux coûts de mobilisation variés entre les secteurs d'utilisation productifs à valeurs ajoutées différentes (agriculture, industries...) ou plus largement entre les secteurs d'utilisation productifs et les utilisations "consommatrices" (alimentation humaine, usages sanitaires et socioculturels).
- Les mécanismes de marché peuvent contribuer jusqu'à un certain point à cette répartition, notamment sous la forme de marché de location ou de cession de droits d'eau ; toutefois il peut être nécessaire d'en réguler le jeu dans une mesure qui dépend de la politique socio-économique de chaque pays. De ce point de vue l'extension de la part marchande des eaux utilisées, via des structures de distribution, peut être opportune, concurrentiellement avec la recherche de l'équilibre des comptes d'exploitation des services publics distributeurs.

Dans des circonstances particulières (pénurie d'eau conjoncturelle en période de sécheresse) des cessions d'eau négociées entre secteurs d'utilisation inégalement sensibles peuvent constituer un moyen de modifier des répartitions d'eau adaptées à des situations moyennes (cession d'eau du secteur énergétique ou industriel, à l'agriculture ou à l'alimentation de collectivités, par exemple).

- Les politiques tarifaires applicables à ces eaux et services marchands ou, plus largement, les politiques fiscales ou parafiscales déterminant les charges répercutées sur les coûts (taxes, redevances) peuvent être un instrument de répartition des charges communes entre des secteurs d'utilisation d'eau inégalement valorisants (exemples : les écarts tarifaires entre l'eau distribuée aux entreprises touristiques, aux industries, aux populations ou à l'agriculture, en Algérie et en Tunisie), sans préjudice de l'objectif d'équilibre financier global.

Les tarifications peuvent être aussi un instrument d'incitation aux économies d'eau en accentuant des progressivités déjà généralisées dans la plupart des pays de la région.

- Le principe "pollueur-payeur", doublé de l'aide aux efforts de réduction des pollutions financée par son application, a fait ses preuves d'efficacité dans les pays industrialisés. Son application dosée et évolutive, adaptée aux situations, pourrait utilement compléter et relayer les efforts publics de lutte contre les pollutions.

Dans la même optique, une certaine péréquation des charges entraînées par les efforts d'économie d'eau -dont les coûts ne sont pas nécessairement proportionnels aux quantités d'eau économisées suivant les secteurs- pourrait résulter de l'application d'un principe "gaspilleur-payeur" : imposition d'une redevance de "surconsommation" par rapport à des normes fixées, finançant des aides aux économies d'eau.

#### Moyens éducatifs et informatifs

La sensibilisation et l'information de tous les acteurs de la gestion de l'eau et d'abord des usagers, est une condition primordiale de l'efficacité d'application des instruments réglementaires, techniques ou financiers. Cela va de l'éducation à tous les niveaux scolaires, à la communication par tous les moyens audiovisuels modernes. La "culture de l'eau" qui a de profondes racines dans beaucoup de pays de la région offre un terrain favorable aux évolutions nécessaires.

\* \* \*

Finalement la gestion intégrée de l'eau, au sens le plus large, consiste à conjuguer et "orchestrer" au mieux l'ensemble de ces moyens, et à harmoniser les pouvoirs de décision en jeu : publics et privés, centraux et locaux, généraux et sectoriels. Elle consiste aussi à intégrer la gestion de l'eau dans la politique économique et la politique d'environnement.

En général, plus les demandes en eau approchent et a fortiori excèdent les ressources conventionnelles, comme c'est déjà le cas dans plusieurs pays de la Région, plus les objectifs de gestion et de politique de l'eau deviennent indissociables des objectifs de la politique socio-économique et de développement, notamment de la politique agricole et des degrés d'indépendance alimentaire visés.

\* \* \*

## 5. CONCLUSIONS ET SUGGESTIONS

Au terme de cette rapide analyse des situations et des problèmes d'eau dans la Région de l'OSS., puis de la revue des conditions, des voies et des moyens d'une gestion de l'eau capable d'y faire face, on tentera de conclure par une série de suggestions de divers ordres.

- Malgré un état des connaissances sur les ressources assez avancé globalement, des améliorations sont possibles et souhaitables dans la plupart des pays, non seulement pour affiner les chiffres en quantité mais pour accroître la validité des évaluations d'exploitabilité et pour mieux apprécier les sensibilités des ressources, de leur régime et de leurs qualités, aux impacts des activités économiques.  
Particulièrement dans les pays à taux d'exploitation déjà élevé et appelé à grandir (Maghreb, Egypte), ces connaissances devront plus systématiquement être synthétisées sous la forme de modèles de gestion, qu'il s'agisse de ressources renouvelables ou de ressources non renouvelables, appliqués non seulement à la conception des projets d'aménagement et des plans d'exploitation, mais aussi au contrôle de gestion. Cela implique le renforcement du suivi régulier de l'état des ressources (débits, niveaux, paramètres de qualité) par des réseaux d'observation ajustés, ainsi que la conservation des résultats dans des banques de données adéquates.
- Un effort parallèle doit s'appliquer à améliorer la connaissance des utilisations d'eau présentes et de leur évolution passée : statistiques sur les quantités prélevées et consommées -par source d'approvisionnement, par secteur, par unité de ressource (bassin) et par zone économique-, sur les rendements d'utilisation, sur les rejets et les rendements de l'assainissement et de l'épuration à actualiser périodiquement.
- Dans le cas particulier des bassins fluviaux ou des réservoirs aquifères partagés entre plusieurs pays, la réunion des connaissances sur les ressources et les utilisations dans des bases de données communes, ouvertes et régulièrement actualisées serait opportune pour faciliter une gestion en partenariat.
- La prospective des demandes en eau devrait davantage s'appuyer sur des modélisations prévisionnelles interactives des offres et des demandes, suivant différents scénarios de développement socio-économique.
- Une analyse macro-économique générale des dépenses publiques et privées relatives à l'eau - maîtrise et productions, approvisionnements, assainissement et drainage...- (investissements, fonctionnement), serait opportune pour permettre d'évaluer leur poids relatif dans l'économie nationale et de relier leur évolution passée aux prévisions nécessaires à moyen et long terme. Une croissance de l'ensemble de ces charges plus forte que celle du PNB est probable dans la plupart des pays.
- Le développement de systèmes de comptabilité nationale de l'eau réunissant, suivant des références territoriales et sectorielles cohérentes, les données physiques et financières, pourrait largement éclairer les choix de politique de l'eau et les décisions de gestion.
- Un échange général d'expérience sur les critères de faisabilité et les rendements obtenus des diverses opérations d'action sur l'offre ou sur les utilisations mises en oeuvre jusqu'ici dans les pays de la Région (voire en d'autres) pour réaliser l'adéquation offre/demandes en eau (aménagements, transferts, dessalement, réutilisation, économies d'eau, etc.) aurait une grande utilité comparative et serait très instructif.

Jusqu'à un certain point, les situations et les solutions pratiquées dans les pays ou les provinces où le degré de raréfaction des disponibilités en eau naturelles est le plus avancé sont représentatives de l'avenir pour les pays en état moins critique actuellement. Aussi l'expérience des premiers peut être éclairante pour les autres. Cette mise en commun d'informations et d'expérience pourrait prendre la forme d'un "macro-système expert" rassemblant des données techniques et économiques sur les opérations analysées, et utilisable dans les modélisations offre/demandes envisagées plus haut.

- Il convient d'élargir la planification des seuls aménagements de maîtrise de l'eau et des équipements d'exploitation et d'approvisionnement en eau, à laquelle s'en tiennent encore trop souvent les "plans directeurs" (dont la dénomination de "planification des ressources" est d'ailleurs révélatrice d'une optique unilatérale) à la planification de l'économie de l'eau dans son ensemble, donc y compris les utilisations et les demandes. Cette planification ne doit pas se limiter au plan conceptuel de l'élaboration de projets coordonnés, mais s'étendre à leur mise en oeuvre, par des moyens pouvant marier des doses variées d'interventions dirigistes ou incitatives de la puissance publique, de jeu des mécanismes de marché, sous diverses contraintes, et de responsabilisation des usagers, en fonction à la fois de la politique socio-économique de chaque pays et des nécessités spécifiques à la gestion des ressources en eau "bien commun", inséparable de la gestion du milieu naturel.
- Dans les politiques d'allocation de ressource en eau limitée la question se pose partout de la part à attribuer à l'agriculture, secteur le plus consommateur d'eau mais dont la production apporte le moins de valeur ajoutée. Cette question est inséparable du degré d'autosuffisance alimentaire visé par la politique socio-économique de chaque pays, et du niveau de subvention publique consenti à l'agriculture irriguée.

Quoi qu'il en soit, il sera de moins en moins possible dans une économie de l'eau viable de maintenir des prix ou tarifs de l'eau d'irrigation très inférieurs à son coût, ce qui n'incite pas aux efforts d'économie d'eau et d'amélioration d'efficacité, comme l'a souligné le rapport de la Banque Mondiale sur le Développement dans le monde en 1992 [131] :

*Cesser de subventionner l'utilisation des ressources*

*Les subventions qui entraînent des dégradations de l'environnement en encourageant l'utilisation des ressources sont monnaie courante. Ce serait une bonne chose, tant du point de vue économique que du point de vue écologique, d'éliminer les subventions qui encouragent la consommation du charbon, de l'électricité, des pesticides et de l'eau d'irrigation. Ces réformes exigeront une grande volonté politique, car les subventions profitent généralement à des gens politiquement influents ou elles visent à atteindre des objectifs tels que l'autosuffisance alimentaire ou l'industrialisation rapide du pays.*

Il peut paraître préférable, en tous cas, de soutenir la production agricole irriguée plutôt par d'autres moyens d'aide aux revenus des agriculteurs (subventions aux produits, politique fiscale...) que par la subvention du prix ou du coût de l'eau.

- Dans les cas où une partie des ressources en eau utilisée par l'agriculture correspond à des droits d'eau attribués et reconnus, liés ou non à la propriété privée ou collective du sol, et lorsque ces droits sont cessibles -autrement dit, qu'il y a un "marché de l'eau", à l'instar de la "Banque de l'eau" qui fonctionne en Californie, des achats de droits d'eau, à un prix assez élevé, à des agriculteurs pourraient constituer un moyen de diminuer la part des ressources allouée à l'agriculture sans utilisation très valorisante, tout en apportant à ceux-ci les moyens d'investir pour améliorer l'efficacité de l'irrigation, donc pour maintenir leur production et leur revenu en utilisant moins d'eau.
- Plus généralement le droit et la législation des eaux doivent être adaptés, en tant que de besoin, pour faciliter les interventions publiques réglementaires ou financières d'une part, le jeu du marché éventuel d'autre part.
- Enfin la mise en oeuvre des économies d'eau par les usagers doit être encouragée par la conjugaison à bon escient des assistances techniques, des incitations financières (mesures tarifaires) et des efforts d'éducation et d'information.

En conclusion, les "problèmes d'eau" de la région de l'OSS. ne sont pas uniformes : ils diffèrent en nature et en acuité.

Plusieurs pays de la Région comptent parmi les plus avancés dans le monde vers une nouvelle économie de l'eau et une gestion de la pénurie tendant vers une croissance 0 de l'utilisation des ressources naturelles et vers une déconnexion partielle croissante des utilisations d'eau par rapport à ces ressources.

En d'autres pays, le problème principal -commun à beaucoup de pays inter-tropicaux en développement- est lié non à la rareté des ressources naturelles, mais à celle des ressources que leur faible niveau de développement socio-économique leur donne les moyens d'exploiter. Une gestion commune des ressources exploitables et des demandes s'y impose aussi, en vue de minimiser les charges nécessaires pour assurer un minimum vital d'approvisionnement en eau -notamment en eau potable- à des populations croissantes, charges à répartir entre les usagers, les contribuables et d'éventuels bailleurs de fond extérieurs.

\* \* \*

## BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ABATE Z. (1992) - Planning a National Water Policy in Ethiopia. In "Country Experiences with Water Resources Management. Economic, Institutional, Technological and Environmental Issues" (Le MOIGNE G. & al. eds. - World Bank Technical Paper n° 175, 1992. Washington).
- 2 - ABDEL-RAHMAN I.H. (1987) - Egypt. Blue Plan Scenarios. (Inédit, Feb. - March, p. 93 "Irrigation Water Balance" - Cairo).
- 3 - ABU-ZEID M. (1991) - Water Strategies of Egypt. (AIRE/IWRA, VIIIth World Congr. Wat. Res., Rabat May, Sess. 5 p. N° 1).
- 4 - ABOU-ZEID M. (1991) - Water Resources Assessment for Egypt. (Rep. VIIe Congrès mondial des Ressources en eau, Rabat, 1991). Edité in "Sustainable Water Resources Management in Arid Countries: Middle East and Northern Africa/Gestion durable des ressources en eau dans les régions arides : Moyen Orient et Nord de l'Afrique". (Canadian Journal of Development Studies. Special Issue 1992, pp. 173-194. Ottawa).
- 5 - ABU-ZEID M.A., RADY M.A. (1992) - Water Resources Management and Policies in Egypt. In "Country Experiences with Water Resources Management. Economic, Institutional, Technological and Environmental Issues" (Le MOIGNE G. & al. eds. World Bank Technical Paper n° 175, 1992 - Washington).
- 6 - ACSAD-BRGM (1982) - Banque d'informations sur les ressources en eau des pays arabes. (Projet réalisé en coopération, rapport ACSAD/HS/R-22 et BRGM 82 AGE 022, 142 p. + lexiques et annexes. Damas, Orléans).
- 7 - ALAINAYE DJOGROMEL J. (1992) - Contribution de la République du Tchad (Conf. internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, 26-31 janv. - Country paper - 12 p.).
- 8 - ALAM M. (1989) - Water Resources of the Middle East and North Africa, with Particular Reference to Deep Artesian Ground Water Resources of the Area (Water International, 14 p. 122-127, IWRA, USA).
- 9 - ALLAN J.A. (1989) - Water Resources Evaluation and Development in Libya. (Libyan Studies. n° 20 pp. 235-42).
- 10 - ALLAN J.A., HOWELL P.P., eds (1990) - The Nile, resource evaluation, resource monitoring, hydro politics and legal issues (London, SOAS).
- 11 - AMER H. (1992) - Egypt's experience in the field of Reuse of Agriculture. Drainage Water in "Gestion de la demande en eau dans les pays méditerranéens". (Colloque Institut méditerranéen de l'eau, 3-5 déc., Stes Maries de la Mer, pp. 224-225).
- 12 - ARRUS R., GARADI A. (1991a) - Eau, aménagement du territoire et développement. MADH2O : un Modèle Automatisé de Demande en EAU. (VIIe Congrès Mondial des Ressources en Eau. Thème : Défi de l'eau en Afrique dans la perspective du 21ème siècle, Rabat).
- 13 - ARRUS R., GARADI A. (1991b) - An Intelligent System of Computer-Aided Long-term Water Demand Forecasting. Application to Algeria. (Proceedings of the Second International Conference, Volume 3 : Computer Aided Engineering in Water Resources. Computational Mechanics Publications. Southampton Boston. Version en français : Un système intelligent d'aide à la prévision de la demande en eau à long terme. Application à l'Algérie. Les Cahiers du CRISS-RR90-001, Grenoble).

- 14 - AWADALA R.M., SHALABY A.M.M. (1990) - The National Report of the Arab Republic of Egypt. (Sem. rég. "Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010". Alger, 28-30 mai 1990, CCE/Gouvern. algérien/CEFIGRE, 10 p.).
- 15 - AYEB H. (1990) - La nécessaire révolution hydraulique en Egypte. (Revue Tiers Monde, n° 121 January-March).
- 16 - BALEK J. (1977) Hydrology and Water Resources in tropical Africa (Elsevier Scient. Publ. C°, Amsterdam).
- 17 - BANNAGA I.Y. (1978) - Water Resources of the Sudan. (ACSAD, 1st Arab Sympos. on Water Resources, Damas 18-23 nov., II, Water Legislation, Publ. 1980, Damas).
- 18 - BENBLIDIA M. (1990) - Synthèse des rapports nationaux, Rapport général (Séminaire stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010, Alger Mai, CCE/Gouvern. algér./CEFIGRE. pp. 6-23).
- 19 - BENBLIDIA M. (1991) - Les utilisations de l'eau. Présent, futur. Conflits sectoriels - conflits régionaux. (Communic. réunion "Maghreb". Rabat, Mai-inédit).
- 20 - BENBLIDIA M., SALEM A. (1992) - Gestion de la demande en eau à long terme (Algérie), in "Gestion de la demande en eau dans les pays méditerranéens". (Colloque Institut méditerranéen de l'eau, 3-5 déc., Saintes-Maries de la Mer, pp. 60-70).
- 21 - BONFILS M. (1987) - Halte à la désertification au Sahel (Karthala/CTA, 269 p. - Paris, Wageningen).
- 22 - BOUTAYEB N. (1990) - Rapport sur l'expérience du Maroc (Séminaire stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010, Alger Mai, CCE/Gouvern. algér./CEFIGRE. 13p.).
- 23 - CHRIF B.O. (1992) - Gestion de la demande en eau d'irrigation. Aperçu sur l'expérience marocaine. in "Gestion de la demande en eau dans les pays méditerranéens". (Colloque Institut méditerranéen de l'eau, 3-5 déc., Saintes-Maries de la Mer, pp. 199-201).
- 23bis DEMAREE G.R. (1990) - An indication of an abrupt climatic change as seen from the rainfall data of a mauritanian station (in "Greenhouse effect, Sea Level and Drought", R. PAEPE & al. eds., pp. 369-381, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, London).
- 24 - EL AMAMI S. (1983) - Une nouvelle conception des aménagements hydrauliques en Tunisie (Impact, Science et Société, UNESCO - N° 1. "La gestion de nos ressources en eau douce", pp. 61-70 - Paris).
- 25 - EL-GINDY S. (1985) - Egypt: Reuse of drainage water in irrigation. (Proceed. interreg. Seminar "Non conventional water resources use in developing countries". Willemstad, Curacao, Netherlands Antille. Publ. UN. Natur. Res./Water Series n° 22, pp. 504-510, 1987 New-York).
- 26 - EL-KADY M. (1988) - Egypt: Future Prosperity and Worry of Water Shortage or Drought (AIRE/IWRA, VIth World Congr. Wat. Res. Ottawa, May-June, Vol. IV, pp. 643-663).
- 27 - ELWAN H.S., EL KASSABGY A. (1992) - Water resources planning in Egypt and its institutional framework (Hydrotop 92, Colloq. "La ville et l'eau", 8-10 Av., Marseille, 8-10 Av., Vol. 2, pp. 510-523).



- 28 - FAHMY S.H. (1985) - Egypt Water Master Plan - Institutional Building for decision making (AIRE/TWRA, Vth World Congr. Wat. Res. Bruxelles Juin, pap. N° 195, 10 p.).
- 29 - FALKENMARK M. (1986) - Fresh water - Time for a modified approach (Ambio, vol. 15, n° 4, pp. 192-200, Stockholm).
- 30 - FALKENMARK M. (1987) - Water-related constraints to African development in the next few decades (IAHS Publication 164, pp. 439-453).
- 31 - FALKENMARK M. (1989) - Water, not land - long term obstacle to food production in Africa (Food and Natural Resources. Pimentel and Hall, C.W. eds. Academic Press).
- 32 - FALKENMARK M. (1989) - The Massive Water Scarcity Now Threatening Africa - Why isn't Being Addressed ? (Ambio, Vol. 18, n° 2, pp. 112-118, Stockholm).
- 33 - FALKENMARK M. (1992) - Water Scarcity and Population Growth: a Spiralling Risk (Ecodécision, sept. pp. 21-23).
- 34 - FERNANDOPULLE (1983) - Groundwater resource of the Gambia. Preliminary report (Minist. Wat. Res. & Envir./Dep. Water Res. Rural Water Supply Project, UNDP., Ap.).
- 35 - GAMACHU D. (1977) - Aspects of climate and water budget in Ethiopia (Addis Ababa University Press, Technic. Monogr. - Addis-Ababa).
- 36 - GARADI A. (1992) - Prospective des besoins en eau et anticipation de la demande, de la théorie à la modélisation. Application à l'Algérie (Thèse doct. Univ. Pierre Mendès-France, Grenoble, Déc. 359 p.).
- 37 - GIRI J. (1983) - Le Sahel demain, catastrophe ou renaissance ? (Karthala, 329 p. Paris).
- 38 - HADDADIN M. (1989) - Strategic significance of water in the Arab countries (Conference on water resources in the Arab countries, and its strategic importance, 2-4 April, Jordan University, Amman).
- 39 - HADJI T., ZEGHLACHE S. (1992) - Rapport national d'Algérie (CCE/Gouvern. italien, 2è conférence méditerranéenne de l'eau, Rome, 28-30 Oct., 14 p.).
- 40 - HASSANE A. (1992) - Perspectives d'exploitation des eaux souterraines du bassin du Niger. Recherche d'une adéquation entre ressources et besoins en eau (Desert Research Center/Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassins". Le Caire, 22-25 nov. 21 p.).
- 41 - HEFNY K., FARID M.S.M. (1987) - Groundwater Economics in Egypt. ("Groundwater Economics", Proceed. U.N. Intern. Sympos. and Workshop, Barcelona, Oct., CUSTODIO E. & GURGUI A. eds., 1989, Ed. Elsevier 625 p.).
- 42 - HIMIDA I.H./OSS (1992) - Overview of the development and utilization of Nubian artesian Basin. North-East Africa (Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassin". Le Caire, 22-25 nov. 14 p.).
- 42 bis HUBERT P., CARBONNEL J.P. (1993) - Segmentation des séries annuelles de débits de grands fleuves africains (Bull. liaison C.I.E.H., n° 92, Av., pp. 3-10, Ouagadougou).
- 43 - JELLALI M. (1992) - La problématique de l'eau au Maroc (Doc. Administ. Hydraulique/Minist. Travaux Publics, Maroc - Mars 14 p.)

- 44 - JELLALI M. (1992) - La problématique de l'économie de l'eau au Maroc (The World Bank Group/Institut Méditerranéen de l'eau, Water Management issues, Washington 20 Av., 14 p.).
- 45 - JOHNSON J.H. (1978) - A conceptual review of Somalia's groundwater resources (F.A.O., 41.562.78.W, 33 p. Rome).
- 46 - KABANDA B.K. (1975) - Uganda Water Resources potential and its exploitation ("Water human needs", 2è World Congr. Water Resources New-Delhi. Procced. Vol. 3, pp. 101-103, publ. Intern. Wat. Res. Assoc. New-Delhi).
- 47- KHOURI J., RASOUL AGHA W. and DROUBI A. (1986) - Water resources in the Arab region: a prospective study (Symposium on Water Resources and their Use in the Arab Region, 17-20 February, Kuwait, pp. 575-634).
- 48 - KHOURI J., DROUBI A. (1988) - Hydrogeological map of the Arab region and adjacent areas (ACSAD-UNESCO, Damascus, 2 sheets).
- 49 - KHOURI J. (1990) - Arab Water Security: a regional Strategy, Horizon 2030 (Sémin. Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010, Alger Mai, CCE/Gouvern. algér./CEFIGRE, 68 p.).
- 50 - KHOURI J., DROUBI A. (1990) - Water resources of the Arab region (ACSAD/H.S/R 68, Damascus, 17 p.).
- 51 - KHOURI N. (1991) - Wastewater Reuse Implementation in Selected Countries of the Middle East and North Africa (IWRA, VIIe Congr. mond. des ressources en eau, Rabat, ed. in "Sustainable Water Resources Management in Arid countries", Canadian journal of Development Studies, Special issue, 1992, pp. 131-144, Ottawa).
- 52 - KNOTT D., HEWETT R.G.M. (1990) - Future Water Development in Sudan, (in ALLAN and HOWELL, Ref. 10, pp. 93-105).
- 53 - LAHLOU O. (1989) - Maroc : L'eau, puissant facteur de développment (La vie industrielle et agricole, C.R. GREDOS, 25-28 janv. 1989, pp. 11-14).
- 54 - LAROUCSI Ch. (1985) - La gestion des ressources en eau en Tunisie (IWRA/AIRE, Vth World Congr. on Wat. Resources, Brussels, June, Pap. n° 221, pp. 1307-1315).
- 55 - L'VOVICH M.I. (1974) - World water resources and their future (Mysl' P.H. Moscow, Engl. Transl. 1979, AGU, Washington).
- 56 - MARGAT J. (1981) - Gestion des ressources en eau souterraine par aménagement de source. Sélection d'exemples dans les pays arabes (2ème Symposium sur les ressources en eau dans les pays arabes/ACSAD, Rabat, Sept. Publ. ACSAD 1982, Damas).
- 57 - MARGAT J. (1991) - Ressources en eau des pays africains. Utilisations et problèmes (IWRA/AIRE, VIIe Congr. mond. Ress. eau, Rabat, mai - 21 p.) édité in "Sustainable Water Resources Management in Arid Countries: Middle East and Northern Africa/Gestion durable des ressources en eau dans les régions arides : Moyen Orient et Nord de l'Afrique" (Canadian Journal of Development Studies Special Issue 1992. pp. 81-102, Ottawa).
- 58 - MARGAT J. (1991) - Prospective des besoins et des ressources en eau des pays africains riverains de la Méditerranée. Contribution du Plan Bleu (VIIè Congrès mondial des ressources en eau, Assoc. intern. Ressources en eau, Rabat, 13-18 mai, 11 p.).

- 59 - MARGAT J. (1992) - Problèmes spécifiques aux nappes souterraines transfrontières (PNUE/Office inter. de l'eau CEFIGRE, Atelier sur la "Gestion environnementale des bassins internationaux", Sophia-Antipolis, 28-30 Av., 5 p.).
- 60 - MARGAT J. (1992) - L'eau dans le bassin méditerranéen. Situation et prospective (Economica, Fasc. du Plan Bleu 6, 196 p., Paris).
- 61 - MARGAT J./OSS (1992) - Quelles ressources en eau les grands réservoirs aquifères offrent-ils ? Evaluation et stratégie d'exploitation (Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassins". Le Caire, 22-25 nov.).
- 62 - MARGAT J., ZEBIDI H. (1991) - Evaluation des ressources en eau. Pour des statistiques internationales fiables et cohérentes (VIIe Congrès mondial des ressources en eau, Assoc. intern. Ress. Eau, Rabat, 13-18 Mai, 7 p.).
- 63 - MOCHAR ould MOHAMADEN FALL M./OSS (1992) - Les bassins sédimentaires de la Mauritanie. D'un aperçu hydrogéologique aux difficultés de l'évaluation de leur réserve en eau (Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassins". Le Caire, 22-25 Nov.).
- 64 - MOULAYE A. (1979) - L'eau, possibilités et limites en matière de développement rural (Cent. interafr. ét. hydraul./Cent. form. intern. gest. res. eau., Sémin. Polit. eau agric. élev. zones aride et semi-aride - Fév. Niamey).
- 65 - MULLER W.M. (1983) - Les ressources en eau de la République de Djibouti. Possibilités et limites du développement régional (Actes colloque UNESCO - Com. nat. RFA/PHI, Eaux sout. planific. ress. eau, Coblenz, Août-Sept., vol. I, pp.437-444, Coblenz).
- 65 bis OLIVRY J.C. (1993) - Evolution récente des régimes hydrologiques en Afrique intertropicale ("L'eau, la terre et les hommes", Hommage à René Frécaut, Presses Universitaires de Nancy, pp. 181-190, Nancy).
- 66 - OMINDE S.H. (1981) - Population and Resource Crisis: A Kenyan Case Study (Geojournal 5-6, pp. 539-556, Wiesbaden).
- 67 - OMINO J.H. (1983) - Planification physique des ressources en eau au Kenya (Rapp. inéd. VIIè Sess. Cons. Scient. CEFIGRE, Juin, Sophia-antipolis, 27 p.)
- 68 - ONGWENY G.S. (1979) - Problems of Water and soil conservation in Kenya (IIIè World Congr. Wat. Res., IWRA, Mexico, T. 3, p. 1 225-1 233).
- 69 - ONIANGO OGEMBO V. (1980) - Bilan hydrologique et utilisation des ressources en eau du Kenya (en russe) (Izvestia Akad. Nauk SSSR, Scr. Geogr. n° 1, pp. 90-105, Moscou).
- 70 - PALLAS Ph./OSS (1992) - Performances et limites des méthodes d'évaluation des ressources en eau souterraine non renouvelables. Cas des grands bassins d'Afrique du Nord (Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassins". Le Caire, 22-25 nov.).
- 71 - PERENNES J.J. (1988) - La politique hydro-agricole de l'Algérie (Monde arabe - Maghreb - Machrek, 111 Janv. - Mars, p. 57-76. Doc. fr. Paris), d'après des données de l'INRH, Alger.
- 72 - PERENNES J.J. (1988) - La politique de l'eau en Tunisie (Monde arabe - Maghreb - Machrek, n° 120, 2è trim., Doc. fr. pp. 23-41 - Paris).

- 72 bis PERENNÈS J.J. (1993) - L'eau et les hommes au Magrheb (Karthala, 646 p. Paris).
- 73 - SAID R. (1993) - The River Nile - Geology, Hydrology and Utilization (Pergamon Press, 320 p., Oxford).
- 74 - SALEM A. (1990) - Rapport national de l'Algérie (Séminaire stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens, horizon 2010, Alger Mai, CCE/Gouvern. algér./CEFIGRE. 29 p. + annexes).
- 75 - SALEM O.M. (1991) - Drinking Water Demand Vs. Limitation of Supply (1990-2025). (Secret. of Agric. Reclam. and Land Develop., General Water Authority, April 22 p. inédit).
- 76 - SALEM O.M. (1992) - The Great Manmade River Project. A partial solution to Libya's future water supply (Water Resources Development, 8, n° 4 - Dec. pp. 270-278. Oxford).
- 77 - SALEM O.M./OSS (1992) - Hydrogeology of the Major Groundwater Basins of Libya (Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassins". Le Caire, 22-25 nov. 15 p.).
- 78 - SCHLIEPHAKE K. (1992) - La recherche de l'autosuffisance : la grande rivière artificielle en Libye (Economie du Monde arabe et musulman, Mars, Ed. EMAM, pp. 42-60 - Paris).
- 79 - SCHNEIDER J.L. (1990) - Carte géologique et cartes hydrogéologiques à 1/1 500 000 de la République du Tchad. Mémoire explicatif (Doc. BRGM, Orléans).
- 80 - SHAHIN M.M.A. (1983) - The African Water Problem and a proposal for its long-term solution (Internat. journ. for develop. technol., vol. 1, pp. 317-327, Publ. Internat. Cent. for technical research).
- 81 - SHAHIN M.M.A. (1988) - Availability of Surface Water Resources for Agricultural development in the Sudan (IWRA Vith World Congr. on Water Resources, May-June, Ottawa. II, pp. 539-548).
- 82 - SHAHIN Mamdouh (1989) - Review and Assessment of Water Resources in the Arab Region (Water International, 14 pp. 206-219, IWRA, USA).
- 83 - SMITH S.E. & AL-RAWAHY H.M. (1990) - The Blue Nile: potential for conflict and alternatives for meeting future demands (Water International, 15, pp. 217-222 - IWRA, USA).
- 84 - SYLLA M. (1992) - Examining Senegal's Development Objectives and Strategies for the Senegal River Basin. in "Country Experiences with Water Resources Management. Economic, Institutional, Technological and Environmental Issues" (Le MOIGNE G. & al. eds. World Bank Technical Paper n° 175, 1992 - Washington).
- 85 - TERAP M.M., KAIBANA B.W./OSS (1992) - Ressources en eau souterraine du Tchad (Observatoire du Sahara et du Sahel. Atelier de lancement du projet "Aquifères des grands bassins" - Le Caire, 22-25 nov.).
- 86 - TOUPET Ch. (1983) - L'eau et l'espace au Sahel. L'exemple de la Mauritanie (Rev. Géogr. de Lyon - 3 - pp. 277-285).
- 87 - TOUPET Ch. (1984) - La sécheresse, in "Pays du Sahel" (Collectif, VERNET J. éd., Ed. Autrement, Série monde HS n° 72, pp. 93-101, Paris).

- 88 - WHITTINGTON D., GUARISO G. (1987) - Implications of Ethiopian Water Development for Egypt and Sudan (Intern. Journal of Water Resources Development, Vol. 3, n° 2, p. 133).
- 89 - WHITTINGTON D., Mc CLELLAND E. (1993) - Opportunities for Regional and International Cooperation in the Nile Basin. in "Country Experiences with Water Resources Management. Economic, Institutional, Technological and Environmental Issues" (Le MOIGNE G. & al. eds. World Bank Technical Paper n° 175, 1992 - Washington).
- 90 - ZAKI ELSAYED ALI A. (1992) - Irrigation Water Management in Sudan. in "Country Experiences with Water Resources Management. Economic, Institutional, Technological and Environmental Issues" (Le MOIGNE G. & al. eds. World Bank Technical Paper n° 175, 1992 - Washington).
- 91 - ZEBIDI H. (1986) - Bilan des ressources en eau de la Tunisie, 1985 (Doc. Minist. Agriculture/Dir. Ress. eau, Décembre, Tunis).
- 92 - COLLECTIF/Dir. Et. Hydraul. (1983) - Synthèse des études hydrauliques : étude des ressources en eau en 1983. (Rapp. inéd. Minist. Hydraulique/Dir. Et. Hydraul., Sept. n° 09-83-HG-DEH, Dakar. Doc. présenté 2ème Conf. experts projet OUA Carte hydrogéologique internat. Afrique, AAC, Dakar, Déc. 1983).
- 93 - COLLECTIF (1986) - Proceed. of the symposium on Water Resources and their Utilization in the Arab World, Kuwait, 17-20 Feb., en arabe -sauf Bahraïn en anglais-, ACSAD.
- 94 - COLLECTIF (1986) - The major regional projet on rational utilization and conservation of water resources in the rural areas of the Arab states with emphasis on the traditional Water System (UNESCO - ROSTAS et ACSAD, 370 p., Paris).
- 95 - COLLECTIF (1988) - Transnational project on the major regional aquifer in North-East Africa (Proceed. of Project Workshop held in Khartoum, Sudan, 12-14 Dec. 1987. UN/DTCD, 64 p., New-York).
- 96 - COLLECTIF (1990) - Actes du Séminaire Stratégies de gestion des eaux dans les pays méditerranéens. Alger, Mai (CCE/Gouvern. Algérie/CEFIGRE).
- 97 - COLLECTIF (1988, 1993) - Water Resources Assessment in the Arab Region. (UNESCO-ROSTAS/The Arab Center for the Studies of Arid zones & Dry lands - ACSAD/Intern. Inst. Hydraulic and Environmental Engineering - IIHEE, Delft. Arabic ed. 1988, English ed. 1993, 396 p.).
- 98 - COLLECTIF (1992) - Gestion de la demande en eau dans les pays méditerranéens (Colloque Institut méditerranéen de l'eau, 3-5 déc., Saintes-Maries de la Mer. → Commun. sur : Algérie, Maroc, Tunisie, Egypte).
- 99 - COLLECTIF (1992) - Water Resources Situation in the Arab Region. *in arabic* (Proceed. ALECSO meeting, Cairo).
- 100 - ANONYME (1976) - Etude préliminaire sur le bilan des ressources en eau des pays sahéliens de l'Afrique de l'Ouest et sur leurs possibilités d'utilisation (Minist. Coop. Fr., 133 p., Paris).
- 101 - ANONYME/SCET International (1976) - Un plan pour le développement des eaux au Sahel (Mauritanie, Sénégal, Mali, Haute-Volta, Niger, Tchad). (Bull. Afrique noire, n° 866, mai).

- 102 - ANONYME/CIEH (1976) - Cartes de planification des ressources en eau souterraine des états membres du CIEH de l'Afrique soudano-sahélienne. Notice explicative (Com. interafr. ét. hydraulique, série Hydrogéologie. FAC/BRGM - Ouagadougou).
- 103 - ANONYME/ECA (1977) - Economic Commission for Africa. Régional Report Wat. Develop. and Management (Proc. U.N. Water Conf. Mar-del-Plata. Rapport adopté par la Réunion régionale africaine sur les ressources en eau, Addis-Abeba, 20-24 sept. 1976).
- 104 - ANONYME (1977) - Water use in irrigated agriculture, Democratic Republic of Somalia - A country brief (F.A.O., 38 811 - 77- W , 66 p., Rome).
- 105 - ANONYME (1977) - Water resources of the Somali Democratic Republic (UN Wat. Conf., Mar-del-Plata, E/CONF. 70/TP38, oct. 1976, March. 6 p.).
- 106 - ANONYME (1979) - Kenya : National Master Water Plan - Stage 1 (Ministry of Water Development, Tippets-Abbet-Mc Cathy-Stratton, June, New-York-Nairobi).
- 107 - ANONYME/ICID (1981) - In Irrigation and drainage in the world. A global review: Ethiopia, pp. 371-375 ; Kenya, pp. 777-788 ; Mali, pp. 879-888 ; Uganda, pp. 1398-1403 (ICID, 3rd ed., vol. II, New-Delhi).
- 108 - ANONYME/SOGREAH, BRGM (1981) - Etude du plan de développement de l'utilisation des ressources en eau du Niger - 1ère phase, analyse de la situation actuelle. T1 - Rapport de synthèse (Minist. du plan, Rapport 310301 R2, Nov.).
- 109 - ANONYME (1982) - Ground Water in the Eastern Mediterranean and Western Asia (UN/DTCD, Nat. Res./Water series n° 9, ST/ESA/112, New-York).
- 110 - ANONYME (1983) - Sénégal, in "Irrigation and drainage in the world. A global review" (ICID, 3rd ed. vol. III, pp. 1190-1213, New-Delhi).
- 111 - ANONYME / FAO / UNEP / IIASA (1983) - Potential Population Supporting Capacities of Lands in the Developing World (Land resources for population of the future. FAO Technical Report of Project. FPA/INT/513, Rome).
- 112 - ANONYME/NU (1983) - Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara septentrional (Rapport final du projet PNUD RAB/80/011. Ressources en eau dans les pays de l'Afrique du Nord, Juil., 490 p. New-York).
- 113 - ANONYME/SCET Inter, SCET Agri, SEDES (1984) - Une image à long terme de l'Afrique au Sud du Sahara. (Comm. Commun. Europ./CDC, SCET inter, SCET Agri, SEDES, Paris).
- 114 - ANONYME/PNUD (1984) - Schéma national d'aménagement du territoire. Version préliminaire (Rép. du Sénégal, Direction de l'Aménagement du territoire /N.U., PNUD, DTCD, Juin).
- 115 - ANONYME/FAO (1987) - Irrigation and water resources potential for Africa (Rep. FAO, AGL/MISC/II/87, Rome, 127 p. + planches).
- 116 - ANONYME/WHO (1987) - World Water, The International Drinking Water Supply and Sanitation Decade Directory (WHO, 3rd edn., Thomas Telford Ltd., London).
- 117 - ANONYME (1987) - Les eaux souterraines de l'Afrique septentrionale et occidentale (UN - DTCD, Ressources naturelles/Série Eau n° 18, New-York).

- 118 - ANONYME (1988) - Les eaux souterraines de l'Afrique orientale, centrale et australe (UN-DTCD, Ressources naturelles / Série Eau n° 19, New-York).
- 119 - ANONYME (1989) - Schéma directeur de mise en valeur des ressources en eau du Mali (Doc. Rép. du Mali et PNUD/DCTD, Projet MLI/84/005, Déc.).
- 120 - ANONYME (1989) - The great man-made river project (Management and implementation Authority of the Great Man-made River Project, Soc. People Libyan Arab Jamahiriya, 25 p. Tripoli).
- 121 - ANONYME (1989) - Transnational Project on the Major Regional Aquifer in North-East Africa, Egypt and Sudan. Technic. Rep. "Hydrogeology and economic potential of the Nubian Sandstone Aquifer (UN/DTCD, DP/UN/RAB - 82 - 013/2, 97 p., New-York).
- 122 - ANONYME/DGRE (1990) - Stratégie pour le développement des ressources en eau de la Tunisie au cours de la décennie 1991-2000 (Minist. Agric./Dir. gén. des ressources en eau, Sept., 31 p. + annexe, Tunis).
- 123 - ANONYME/PNUD (1990) - Synthèse hydrogéologique du Mali (Rép. du Mali/PNUD-DTCD, Rapport du projet MLI/84/005, Sept.).
- 124 - ANONYME (1990) - Planification, mise en valeur et gestion des ressources en eau souterraine en milieu rural/Niger. (Doc. Rep. du Niger et PNUD/DCTD, Projet NER/86/001. Mars).
- 125 - ANONYME (1992) - Water and the Environment - Ethiopia (Conf. internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, 26-31 janv. - Country paper - 13 p.).
- 126 - ANONYME (1992) - Guinea-Bissau Water an Sanitation Master Plan. (Conf. internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, 26-31 janv. - Country paper - 5 p.).
- 127 - ANONYME (1992) - Rapport du Sénégal (Conf. internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, 26-31 janv. - Country paper, 14 p.).
- 128 - ANONYME (1992) - Développement des ressources en eau - Rapport national du Maroc (Conf. internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, 26-31 janv. - Country paper - 19 p.).
- 129 - ANONYME (1992) - Water Resources and the Environment in Sudan (Conf. internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin, 26-31 janv. - Country paper - 38 + 27 p.).
- 130 - ANONYME/World Resources institute (1992) - World resources 1992-1993, Part II, 8 Freshwater & Table 22.1 (World Resources Institute / Intern. Inst. for Environment and Development, Washington).
- 131 - ANONYME (1992) - Rapport sur le développement dans le monde 1992. Le développement et l'environnement (BIRD/Banque mondiale, 299 p., Washington).
- 132 - ANONYME/ANPE (1992) - Tunisie. Rapport national pour la CNUED 1992 (Minist. Environnement et Aménagement du territoire, Agence Nat. de Protection de l'Environnement, 103 p. + Annexes, Tunis).
- 133 - ANONYME/Minist. de l'Agriculture (1992) - Rapport national de Tunisie (CCE/Gouvern. italien, 2e conférence méditerranéenne de l'eau, Rome, 28-30 Oct., 15 p.).
- 134 - ANONYME (1992) - Egypt's National Report (Ministry of irrig.) (CCE/Gouvern. italien, 2e conférence méditerranéenne de l'eau, Rome, 28-30 Oct., 13 p.).

- 135 - ANONYME (1992) - Rapport national du Maroc (CCE/Gouvern. italien, 2e conférence méditerranéenne de l'eau, Rome, 28-30 Oct.).
- 136 - ANONYME (1993) - Schéma directeur de mise en valeur et de gestion des ressources en eau (République du Niger, Ministère de l'hydraulique et de l'environnement, Sept. 105 p. + annexes - Niamey).
- 137 - ANONYME/FAO (1993) - La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 1993 / Politiques de l'eau et agriculture (FAO, Rapport annuel, Coll. agriculture, n° 26, 306 p., Rome).



## TABLE DES FIGURES

- Figure 1 - Distribution des hauteurs d'écoulement potentiel moyen annuel local dans la région de l'OSS : géographie de la génération des ressources en eau renouvelables (apports).
- Figure 2 - Pays de l'OSS classés suivant leurs ressources en eau renouvelables naturelles ou réelles par habitant (rapportées aux populations de 1990).
- Figure 3 - Pays de la région de l'OSS classés suivant leurs ressources en eau renouvelables naturelles ou potentielles par habitant (rapportées aux populations projetées en 2025).
- Figure 4 - Répartition des types de ressource en eau prédominants dans la région de l'OSS
- Figure 5 - Productions et déperditions d'écoulement dans le bassin du Nil.
- Figure 6 - Variation des débits moyens le long du cours du Niger.
- Figure 7 - Principaux échanges d'eau transfrontières.
- Figure 8 - Evolution approximative des demandes en eau (pour toutes utilisations) par habitant (1970-1990) en quelques pays.
- Figure 9 - Pays de la région de l'OSS classés suivant leurs demandes en eau actuelles (années 85-90) par habitant, pour toutes utilisations.
- Figure 10 - Proportions des utilisations d'eau sectorielles dans les pays de la région de l'OSS (années 85-90).
- Figure 11 - Pays de la région de l'OSS classés suivant l'indice d'exploitation actuel de leurs ressources en eau renouvelables naturelles ou réelles.
- Figure 12 - Proportions des sources d'approvisionnement en eau actuelles (1985-1990) des pays de la région de l'OSS (cf. tableau 8).
- Figure 13 - Projection des besoins en eau des principaux pays arabes de la région de l'OSS jusqu'à l'horizon 2030 (d'après SHAHIN 1989).
- Figure 14 - Prospective des demandes en eau des pays de l'OSS riverains de la Méditerranée jusqu'à l'horizon 2025 (d'après le Plan Bleu 1988).
- Figure 15 - Projection des ratios besoins en eau / ressources renouvelables naturelles de plusieurs pays.
- Figure 16 - Relations entre les ressources naturelles renouvelables par habitant et les ratios demandes en eau / ressources des pays de la région de l'OSS, actuellement et en 2025.
- Figure 17 - Projections des proportions des demandes en eau d'irrigation sur les demandes en eau totales, en plusieurs pays.
- Figure 18 - Systèmes de ressource en eau commun à plusieurs pays dans la région de l'OSS a-Bassins fluviaux. b-Systèmes aquifères.