



SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL



UNE CONSCIENCE DE BASSIN

**ANALYSE ET SYNTHÈSE DES RAPPORTS
SUR LES BESOINS FUTURS EN EAU
AU SAHARA SEPTENTRIONAL**

Octobre 2002

Sommaire

Introduction	3
PREMIERE PARTIE : ANALYSE DES RAPPORTS SUR LA DEMANDE FUTURE EN EAU DANS LE SAHARA SEPTENTRIONAL	4
I – ALGERIE : ANALYSE DES RAPPORTS SUR LES BESOINS FUTURS EN EAU AU SAHARA SEPTENTRIONAL	5
1- Eléments méthodologiques	5
2- Les résultats	5
2.1- Les besoins futurs eau potable et industrielle	5
2.2- Les besoins futurs en eau d'irrigation	6
2.3- Les besoins futurs totaux en eau	7
II – LYBIE : ANALYSE DU RAPPORT SUR L'EXPLOITATION ACTUELLE ET LES BESOINS FUTURS EN EAU DU BASSIN DE HAMADA EL HAMRA	8
1- Approche méthodologique	8
2- Consommation actuelle de l'eau	8
3- Estimation des besoins futurs en eau	8
3.1- Besoins en eau d'irrigation	9
3.2- Besoins en eau domestique	9
3.3- Besoins en eau industrielle	9
3.4- Besoins totaux en eau	10
III – TUNISIE : ANALYSE DU RAPPORT SUR «L'UTILISATION ACTUELLE DES EAUX DES NAPPES PROFONDES DU SUD TUNISIEN ET PERSPECTIVES»	11
1- Approche méthodologique	11
2- Evolution des prélèvements d'eau jusqu'à l'an 2000	11
3- les perspectives des besoins futurs en eau	12
3.1- Besoins en eau domestique	12
3.2- Besoins en eau du secteur touristique	12
3.3- Besoins en eau du secteur industriel	13
3.4- Besoins en eau d'irrigation	13
3.5- Besoins totaux en eau	14
DEUXIEME PARTIE : SYNTHESE DES RESULTATS DES TROIS RAPPORTS	15
1- Evaluation des besoins en eau domestique	19
1.1- Les taux d'accroissement de la population	19
1.2- Les normes d'AEP	19
2- Besoins en eau du secteur touristique	19
3- Besoins en eau du secteur industriel	20
4- Besoins en eau d'irrigation	20
5- Besoins totaux en eau des zones sahariennes des trois pays	20
Conclusion Générale	25
Annexe	29

Introduction

Les trois pays d'Afrique du Nord, (l'Algérie, la Libye et la Tunisie), sont confrontés depuis les années soixante dix à des enjeux vitaux, d'ordres économique, social et environnemental, relatifs à la satisfaction de leurs besoins croissants en eau, de bonne qualité particulièrement dans leurs régions les plus sèches, à savoir les régions subsahariennes et sahariennes, où les systèmes aquifères du **Continental Intercalaire** (C.I) et du **Complexe Terminal** (C.T) constituent, sinon l'unique, du moins la principale ressource en eau. Dès 1972, l'ERESS (Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional) réalisée par l'Unesco pour le compte de l'Algérie et de la Tunisie avait évalué les potentialités de ces aquifères et simulé leurs comportements vis à vis d'une sollicitation croissante au profit des divers secteurs de développement de ces régions. **La confrontation de la demande d'alors à l'offre de ces aquifères** avait débouché sur les perspectives d'une exploitation raisonnée de ces ressources jusqu'à l'horizon 2000. En 1983, l'étude RAB a permis de mettre à jour ces perspectives et d'apporter les corrections jugées nécessaires à la préservation de l'équilibre du fonctionnement de ces aquifères. En 2001, le projet SASS, piloté par l'Observatoire du Sahara et du Sahel « OSS », a eu pour mission de faire le point sur la situation des systèmes aquifères du Sahara Septentrional et de procéder à des simulations exploratoires de leurs réactions vis à vis d'une demande appelée à croître considérablement sur le long terme.

L'évolution de cette demande au cours des prochaines décades a fait l'objet de trois rapports nationaux qui ont tenté de décliner cette évolution à travers les divers usages sur la base d'hypothèses intégrant les orientations des plans et les objectifs de développement de chaque pays. De ce fait, les trois rapports sont restés dans des logiques nationales et n'ont pas adopté toujours la même démarche.

Le présent rapport se propose d'abord d'analyser, le plus objectivement possible tant sur le plan méthodologique qu'à celui des résultats, chaque rapport et de procéder ensuite à une synthèse générale pour aboutir à des éléments de convergence vers l'optimisation de l'exploitation de cette « ressource partagée ».

Il est à observer que ces rapports ont été élaborés, analysés, amendés et finalisés en accord avec les trois pays concernés.

1^E PARTIE

ANALYSE DES RAPPORTS SUR LA DEMANDE FUTURE EN EAU DANS LE SAHARA SEPTENTRIONAL

I – ALGERIE :

ANALYSE DU RAPPORT SUR LES BESOINS FUTURS EN EAU DU SAHARA SEPTENTRIONAL

Ce rapport a eu pour objectif d'estimer la demande en eau des régions sahariennes algériennes à long terme, et se réfère aux études antérieures sur les aquifères du Sahara Septentrional de l'Algérie et de la Tunisie (ERESS 1972 et RAB 1983). Il se place en outre dans la perspective des orientations et objectifs de la politique nationale algérienne actuelle de développement.

1 - Eléments méthodologiques

Les données et informations utilisées dans les projections sont soit tirées de recensements, études et enquêtes nationales ou régionales, soit, en l'absence de certaines d'entr'elles, fixées par l'auteur sur la base d'une approche normative.

Les projections des divers besoins en eau sont exprimées en considérant l'accroissement de la population des zones considérées. Pour des raisons stratégiques, les populations avoisinantes du pourtour de ces zones ont été prises en compte dans les calculs, car à terme, ces populations seraient amenées à recourir aux aquifères du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal, objet de ces investigations.

Ainsi, en 1998, la population totale de la zone d'étude était de **2.485.371 habitants** (y compris les nomades), soit le double de celle estimée en 1983 dans l'étude RAB. En appliquant des taux d'accroissement annuels régressifs chutant à **2,2 %** entre 2020 et 2030, les populations projetées obtenues atteignent les valeurs consignées au tableau 1.

Tableau 1. Population projetée des zones sahariennes algériennes

Année	1998	2000	2010	2020	2030
Population	2.485.371	2.631.277	3.395.943	4.33.688	5.346.249

Deux sources de surestimation de cette population peuvent être soulignées :

- l'élargissement de la zone d'étude à la population périphérique qui utilise actuellement d'autres ressources d'eau que celles du C.I et du C.T.
- le taux d'accroissement 2,2 % pris en considération entre 2020 et 2030 est fort probablement très élevé, compte tenu de l'évolution positive des conditions socio-économiques et des mœurs engagées dans le sens d'une transition démographique mentionnée par l'auteur lui-même.

La révision de ce taux vers le bas aboutirait à des résultats probablement plus réalistes.

2 - Les résultats

2.1 - Les besoins futurs en eau potable et industrielle

Sur la base des normes de l'OMS « adaptées » aux conditions de la région, des dotations de **150 l/j/habitant pour les citadins et 80 l/j/habitant pour les nomades** ont été adoptées (décomposées en **70%** pour la consommation domestique, **20%** pour l'industrie et **10%** pour les besoins municipaux). Ainsi, les besoins en eau domestique et industrielle se situeraient

dans la fourchette de **908 millions de mètres cube en hypothèse faible et 1025 millions en hypothèse forte à l'horizon 2030**. Le tableau 2 donne l'évolution de ces besoins.

Tableau 2. Besoins futurs domestiques et industriels des zones sahariennes en Algérie en eau du C.I. et C.T (millions de m³)

	1998	2000	2010	2020	2030
Besoins nets	398	419	533	671	830
Besoins totaux (H.f) *	457	483	610	756	908
Besoins totaux (H.F)**	457	483	630	812	1025

* (H.f) = Hypothèse faible, pertes comprises

**H.F = Hypothèse forte, pertes comprises

Il y a, à l'évidence, dans ces projections une **surévaluation** des besoins, même en hypothèse faible (**908 millions pour 5,3 millions d'habitant**). A titre de comparaison, la Tunisie compte en 2002 plus de **10 millions d'habitants** et **consomme** pour l'ensemble de ses besoins domestiques et industriels **moins** que le volume trouvé pour les populations de ces zones sahariennes. Les besoins per capita appliqués à des zones sèches, appelés à évoluer de surcroît dans un contexte de raréfaction des ressources en eau de bonne qualité, pourraient raisonnablement être revus à la baisse. De plus, aucune ouverture sur le recours aux eaux non conventionnelles pour certains usages n'a été faite pour conforter la revue à la baisse des besoins estimés.

2.2 - Les besoins futurs en eau d'irrigation

Pour tout le Sahara algérien, l'agriculture irriguée aurait dépassé en **1998** les **150.000 ha**, répartis sur **60.000 ha** de palmier, **35.000** de maraîchage et **60.000 ha** de céréales. Pour la **zone** exploitant les eaux du **C.I et le C.T**, la superficie actuellement irriguée est de l'ordre de **100.000 ha**. L'évolution de la consommation en eau pour l'irrigation des périmètres irrigués n'a pas été linéaire du fait des changements de stratégies intervenues au cours des trente dernières années.

Durant la décennie 70-80, cette consommation atteignait **16,8 m³/s** seulement (avec un taux de croissance de 1,1 %) alors qu'elle était prévue dans l'hypothèse faible de l'ERESS de 1972 pouvoir atteindre **25 m³/s**.

Entre 1981 et 1998 le débit fictif continu, déterminé par une enquête, passait à **55,3 m³/s** (avec un taux de croissance de 6,8% par an), alors que les statistiques agricoles, basées sur des considérations différentes, évaluent ces prélèvements à **82,8 m³/s**. Le déficit global étant estimé à **13,86 m³/s**.

L'évaluation des besoins futurs en eau d'irrigation tient compte des perspectives du développement agricole dans ces zones visant en particulier :

- la réhabilitation des oasis existantes,
- le développement de la petite et moyenne exploitation agricole périurbaine,
- l'extension de la céréaliculture « d'entreprise » sur la base d'une dotation nette de **0,36 l/s/ha** pour la grande mise en valeur (GMV), et une dotation nette de **0,64 l/s/ha** pour la petite mise en valeur (PMV).

En tenant compte des pertes qui amèneraient ces dotations successivement à **0,5 et 0,9 l/s/ha** et de l'extension des superficies irriguées selon deux hypothèses, faible et forte, soit 60.000 ha pour la première et 120.000 ha pour la deuxième à l'horizon 2030, les besoins

supplémentaires en eau d'irrigation calculés croissent dans les temps comme le montre le tableau 3.

Tableau 3. Besoins supplémentaires en eau d'irrigation (m³/s)

Horizon	2000 déficit actuel	2010	2020	2030
Hyp. forte	13,86	31,6	58,02	89,06
Hyp. faible	13,86	23,6	36,96	53,46

Exprimée en volume, la part des besoins de l'agriculture irriguée s'élèverait ainsi en **2030** à **1686 millions de m³/an** en hypothèse faible et à **2800 millions m³/an en hypothèse forte**.

Un gain de 20 % en volume sur l'irrigation engendrerait une diminution des besoins totaux de 8 à 11%, ce qui est tout à fait réalisable en maîtrisant les pertes dans les réseaux de transport et de distribution d'une part et en adoptant des normes régionalisées appropriées aux systèmes des cultures d'autre part.

2.3 - Les besoins futurs totaux en eau

Compte tenu des hypothèses retenues précédemment pour le développement futur des divers usages de cette ressource, les besoins totaux des régions sahariennes algériennes utilisant exclusivement ou partiellement les ressources des aquifères C.I et C.T atteindraient à l'horizon 2030, **162 m³/s en hypothèse forte et 123 m³/s en hypothèse faible**. L'évolution de ces besoins est portée au tableau 4.

Tableau 4. Besoins futurs totaux des régions sahariennes d'Algérie en eau du C.I. et C.T. (m³/s)

Horizon	2000	2010	2020	2030
Hyp. forte	69,8	92	125	162
Hyp. faible	69,8	83	101	123

En volume, ces besoins totaux passeraient de l'ordre de **2200 Mm³/an** actuellement à des besoins situés dans la fourchette des hypothèses forte et faible de **3880 Mm³/an à 5100 Mm³/an**.

Il est par ailleurs tout à fait important de remarquer que l'aspect qualitatif des eaux, posant déjà des problèmes sérieux dans certaines localités, n'a pas été pris en considération dans ces projections. Pourtant le risque de la détérioration de cette qualité est en rapport étroit avec la surexploitation des aquifères en question et son impact est double :

- un impact économique négatif suite à la chute plus ou moins importante des rendements (10 à 50 % par rapport aux rendements obtenus avec des eaux de bonne qualité) et la dégradation de la qualité marchande des produits obtenus.
- un impact environnemental tout aussi négatif à travers la salinisation des sols et des nappes superficielles (voir les risques encourus en annexe).

II – L Y B I E :

ANALYSE DU RAPPORT SUR L'EXPLOITATION ACTUELLE ET LES BESOINS FUTURS EN EAU DU BASSIN DE HAMADA EL HAMRA

La Libye n'était pas couverte par l'étude ERESS (1972) ni par celle de RAB (1983). De plus, le rapport ne fait référence à aucune stratégie ou perspective, ancienne ou récente, relative au développement des ressources en eau ou de leur exploitation dans ce pays.

1 - Approche méthodologie

Après une brève caractérisation du milieu naturel dans lequel se déploie l'agriculture irriguée, secteur principal consommateur d'eau, l'auteur souligne la rareté des données et informations susceptibles d'être utilisées dans l'évaluation des consommations d'eau par les ménages, l'agriculture et l'industrie et adopte en conséquence une approche normative pour estimer les consommations actuelles et futures de cette ressource dans les divers secteurs, proportionnellement à la croissance de la population.

2 - Consommation actuelle de l'eau

Sur la base d'une superficie irriguée actuelle totale estimée à **44.000 ha** dont 12.753 ha relevant de périmètres aménagés, et d'une dotation moyenne généralisée de **12.275 m³/ha** (Comité National Libyen des Ressources en Eau), la consommation actuelle de l'agriculture irriguée serait de l'ordre de **540 millions de m³/an**. Ce rapport souligne que, dans la diversité des situations agro-climatiques de l'espace saharien libyen, cette dotation à l'hectare est bien inférieure aux besoins théoriques calculés en appliquant diverses formules empiriques. Cette différence est acceptée et justifiée par l'économie de l'eau supposée engendrée par les techniques d'irrigation à l'aspersion (céréales) ou localisée.

Cependant, à ce propos, plusieurs remarques peuvent être formulées par rapport à la faiblesse de cette dotation pour de nombreuses situations et aux risques qu'elle engendre dans les milieux désertiques concernés, tant sur les cultures (faiblesse des rendements) que sur les sols (salinisation en l'absence de satisfaction des besoins de lessivage des sels, voir les risques encourus en annexe).

Par rapport à la consommation actuelle domestique de l'eau, un besoin per capita de **170 l/j/habitant** a été appliqué, ce qui correspond pour une population de 995.000 habitants (en 2002) à une demande de **57 millions de m³/an**. Il y a là, fort probablement, une estimation exagérée des volumes d'eau nécessaires à la satisfaction des besoins réels de ces populations.

Quant à l'industrie, réduite à quelques activités peu consommatrices d'eau, elle totalise **5,1 millions de m³/an**.

Ainsi, **la consommation actuelle totale** d'eau à partir des aquifères concernés dans les zones sahariennes libyennes serait de l'ordre de **602,5 millions m³/an**.

3 - Estimation des besoins futurs en eau

L'**horizon** de la projection retenu pour l'ensemble des secteurs est **2030**. Le calcul des besoins est basé sur la croissance de la population estimée lors du recensement de 1995, avec un **taux d'accroissement annuel** durant la période 1984-1995 de **2,8 %**. Ce même taux a été appliqué sur toute la période de la projection (2000-2030) sans tenir compte d'une forte probabilité de le voir diminuer au fil du temps vers la transition démographique

sous l'effet de l'amélioration des conditions socio-économiques des populations concernées (scolarisation, hygiène sanitaire...). En conséquence, les projections des besoins en eau pour l'ensemble des secteurs sont significativement surestimés.

3.1 - Besoins en eau d'irrigation

Pour le secteur agricole, la source de surestimation ne réside pas dans la dotation du volume d'eau à l'hectare (**12.275 m³/ha**), qui est plutôt faible, mais dans l'extension des superficies irriguées proportionnellement à l'accroissement de la population, sur la base d'une dotation de **44,22 ha pour 1000 habitants**. De plus, l'économie d'eau susceptible d'être réalisée par l'adoption des nouvelles techniques d'irrigation localisée, plus adaptées aux milieux désertiques que l'aspersion pratiquée actuellement, n'est pas prise en compte. Ainsi, les besoins agricoles en eau passeraient de **540 millions m³/an** actuellement à **1260 millions m³/an en 2030** (tableau 5).

Tableau 5. Besoins futurs en eau d'irrigation

Horizon	Population x 1000 habitants	Superficie irriguée	Besoins en eau Mm ³ /an
2002	995	44.000	540
2010	1319	58.000	716
2020	1750	77.000	750
2030	2320	103.000	1260

3.2 - Besoins en eau domestique

Sur la base d'un besoin per capita de **200 l/j** durant la décade 2000-2010 puis de **170 l/j** durant la période 2010-2030, les volumes d'eau nécessaires à la satisfaction des besoins domestiques évolueront conformément au tableau 6.

Tableau 6. Besoins en eau domestique

Horizon	Population x 1000 habitants	Volume d'eau Mm ³ /an
2002	995	5
2010	1319	96
2020	1750	128
2030	2320	170

Ces besoins sont énormes, car surévalués par rapport à une consommation réelle, juste nécessaire à la couverture des besoins non extravagants, en milieu désertique ou « chaque goutte d'eau devrait compter ». Ces besoins pourraient être réduits de moitié sans porter préjudice au confort des populations.

3.3 - Besoins en eau industrielle

Ils sont relativement faibles par rapport à ceux des autres usages. Ils évoluent proportionnellement à l'accroissement de la population sur la base d'une estimation des consommations actuelles. Le tableau 7 donne l'évolution de ces besoins.

Tableau 7. Besoins en eau industrielle

Horizon	Population x 1000 habitants	Volume d'eau Mm³/an
2002	995	5
2010	1315	6,6
2020	1750	8,8
2030	2320	11,6

3.4 - Besoins totaux en eau

Le tableau 8 rapporte l'évolution des sommes des besoins des divers secteurs en eau à différents horizons. Vers 2030, ils atteignent le volume de **1442 millions de m³**, avec un **déficit global de 740 millions de m³**. Le problème consiste à combler ce déficit à partir de nouvelles ressources.

Tableau 8. Besoins totaux en eau dans les zones sahareinnes libyennes utilisant les eaux des aquifères C.I et C.T (Mm³)

Horizon	Besoins totaux	% disponible	Bilan
2002	602	400	- 202
2010	820	715	- 105
2020	1087	700	- 387
2030	1440	700	- 740

A cet horizon, **les besoins additionnels de 840 Mm³/an** correspondent à un **débit d'environ 27 Mm³/s**. Cela correspond à un besoin per capita annuel de **620 m³/an**. Cette dotation est certes faible par rapport au seuil critique de 1000 m³/an/habitant (fort discutable d'ailleurs), mais elle est nettement supérieure à l'offre actuelle per capita en Libye.

Devant ces besoins croissants, des mesures de divers ordres (législatif, institutionnel, technique et économique) sont proposées pour maîtriser ce déficit.

Cependant, l'aspect qualitatif (non négligeable) de l'eau et son évolution dans le temps et dans l'espace n'est pas du tout abordé dans ce rapport.

De plus, compte tenu de la raréfaction de cette ressource, le défi le plus déterminant, serait à l'avenir non l'accroissement de l'offre, mais surtout celui de l'optimisation de la demande en eau par les divers usages, par une meilleure efficacité physique et économique.

En matière d'irrigation, la marge de manœuvre est encore large avec de nombreuses solutions d'économie d'eau et d'amélioration de sa productivité. A ce propos, la projection faite dans ce rapport maintient en l'état actuel les modes d'utilisation de l'eau en irrigation avec toutes les insuffisances techniques et la faible rentabilité économique qui en découle.

Or, s'il est déjà possible actuellement d'améliorer l'utilisation de cette ressource en capitalisant les succès libyens et ceux des pays de la région en la matière, il est certain que les prochaines trente années verront se réaliser des sauts technologiques agronomiques plus performants que ceux disponibles aujourd'hui. Ces considérations n'ont pas été prises en compte dans le rapport analysé.

III – TUNISIE :

ANALYSE DU RAPPORT SUR « L'UTILISATION ACTUELLE DES EAUX DES NAPPES PROFONDES DU SUD TUNISIEN ET PERSPECTIVES »

Ce rapport a eu pour objet d'évaluer les besoins totaux futurs en eau du Sud tunisien exploitant les aquifères du C.T. et du C.I. L'exercice s'est basé sur les résultats des études ERESS (1972) et RAB (1983) ainsi que sur l'état actuel des prélèvements dans ces aquifères, et s'est inscrit dans les perspectives des stratégies du développement socio-économique des diverses zones considérées.

1 - Approche méthodologique

Le rapport est parti d'une évaluation des prélèvements actuels d'eau par les divers secteurs pour procéder ensuite à des projections en considérant un taux d'accroissement de la population de **3 %**, d'un objectif déterminé du développement touristique, de la satisfaction des besoins de périmètres irrigués considérés à ce jour comme illicites, sans extension significative des surfaces irriguées, et un accroissement de **30 %** des besoins de l'industrie.

2 - Evolution de la demande en eau jusqu'à l'an 2000

Le SDERES (Schéma Directeur pour l'exploitation des Ressources en Eau et en Sols) des régions du sud tunisien et le PDES (Plan Directeur des Eaux du Sud) ont été les premières applications des résultats de l'Etude ERESS de 1972. Ceci à travers l'analyse des systèmes de consommation de l'eau, des scénarii d'évolution de ces systèmes ainsi que des consommations globales en eau prévisibles dans la région. On savait déjà qu'entre 1950 et 1970, l'évolution des prélèvements dans le C.I et le C.T et l'aquifère de la Jeffara avait atteint le seuil critique de dépassement de l'alimentation de ces aquifères. Pour cette raison il était recommandé de ne pas dépasser **le rabattement du niveau des nappes** à plus de **60m** de profondeur.

Tableau 9. Prélèvements des divers usages dans les trois aquifères (C.I, C.T et Jeffara) Période 1965-1973

Sup. irriguée (ha)	Prélèvements eau irrigation m ³ /s	Prélèvements totaux m ³ /s
15.520	8,02	8,8

L'**usage agricole** de l'eau représentait alors **91 %** du total des prélèvements et en 1973, la surface irriguée (estimée dans PDES) de ces zones atteignait **18.237 ha** (PDES) avec un débit d'exploitation de **9534 l/s** et un **déficit évalué à 3,6 m³/s**. Quant aux autres usages de l'eau, ils demandaient à la même date **470 l/s** répartis sur :

- 165 l/s : pour la consommation urbaine
- 60 l/s : pour le tourisme (non compris les prélèvements du Nefzaoua supposés nuls dans le rapport)
- 245 l/s : pour l'industrie

Plusieurs stratégies de développement de ces régions avaient été élaborées et les réalisations effectives, entreprises dans le cadre d'une politique soutenue de croissance économique confortée par diverses mesures d'accompagnement, avaient abouti aux résultats suivants :

- la population des deux grandes régions du Sud-Est et du Sud-Ouest avait enregistré entre 1975 et 1989 une augmentation globale de l'ordre de 50 %, passant de **786.000 à 1182.000 hab.**
- une croissance du tourisme et de l'industrie chimique
- une extension des superficies irriguées pour atteindre **25.000 ha** dont 6.800 (6000 au Nefzaoua et 800 au Jerid) créées par des initiatives privées non autorisées sur des forages illicites.

Cette évolution s'est traduite par des **prélèvements totaux** atteignant en **1981, 7300 l/s**, soit un débit inférieur aux besoins estimés par le PDES à 12020 l/s. Pour les années **1999-2000**, les prélèvements autorisés, estimés à **16800 l/s**, n'ont été atteints et légèrement dépassés qu'avec les prélèvements considérés comme illicites (prélèvements autorisés de l'ordre 13.300 l/s et prélèvements illicites totalisant 4800 l/s). Toutefois, le rapport n'apporte pas une évaluation du débit fictif continu moyen actuel. Il serait dans la fourchette de **17,64 m³/s à 25,2 m³/s**, selon que la dotation soit de **0,7 l/s/ha** ou de **1 l/s/ha**.

Tout au long de cette période, la pression développée sur cette ressource n'a pas manqué d'affecter la qualité des eaux (salinisation) et d'accentuer la vitesse de rabattement des nappes, notamment celle du C.T, la plus sollicitée. **Depuis 1993** des moyennes annuelles de **rabattement de 5m/an sont observées**. Le coût de revient de l'eau et par voie de conséquence sa productivité en agriculture irriguée s'en ressentiront.

3 - les perspectives des besoins futurs en eau

Les orientations du développement des zones considérées se basent sur des considérations de valorisation économique de cette ressource rare par les divers secteurs, avec des mesures d'accompagnement conséquentes, dont le renforcement institutionnel.

3.1- Besoins en eau domestique

Pour les zones de Kébili, Tozeur, El Hamma et Tataouine, la population totale avait atteint en 1994 (dernier recensement général) **315.081 habitants**. En appliquant un taux d'accroissement de cette population de **3 %** jusqu'en **2016**, cette population serait de **603.701 habitants**. Avec des besoins domestiques estimés à **75 l/j/habitant** pour les ménages raccordés au réseau de distribution et **40 l/j/ha** pour les ménages non raccordés (une minorité), avec une moyenne générale de **65 l/j/habitant**, les **besoins domestiques** en eau remonteraient à **14,32 millions de m³/an**.

Bien que ces besoins ne représentent qu'une faible part des besoins totaux, il y a lieu de relever que le taux d'accroissement de **3 %** de la population appliqué dans les projections est très élevé. Déjà, le recensement intermédiaire de l'INS réalisé en 1999 donne pour l'ensemble du Sud-ouest de la Tunisie un taux de **1,45 %**, ce qui traduit bien la transition démographique par laquelle passe la plupart des régions du pays compte tenu de l'amélioration générale des conditions de vie. Ce faible taux d'accroissement a une forte probabilité, sinon de diminuer, du moins de se maintenir, et par voie de conséquence les besoins en eau domestique seraient nettement plus faibles que ceux estimés dans le rapport sur la base d'un taux de 3 %.

3.2- Besoins en eau du secteur touristique

Le nombre de lits estimé à l'horizon **2016** pour les régions de Jerba-Zarzis et Kébili-Touzeur est de **107.800**.

A raison d'une dotation de **700 l/j/lit** et un taux d'occupation moyen de 70 %, cela ramène la dotation nette à **490 l/j/lit** et aboutit d'après le rapport, à des besoins de **192 millions de m³/an**. Il y a là d'abord une erreur de calcul à relever. Il s'agit en fait de **19,2 millions de m³/an**. En plus, la dotation appliquée, peut être considérée excessive en plaçant cette activité touristique dans son contexte désertique.

3.3 - Besoins en eau du secteur industriel

Ils ont été estimés pour l'horizon de projection sur la base d'une majoration arbitraire de 30% des consommations actuelles, ce qui donne un débit de **320 l/s**.

3.4- Besoins en eau d'irrigation

En considérant des valeurs d'ETP régionalisées (avec une moyenne de 2100 mm/an pour Kébili-Tozeur et 1700 mm/an pour Gabès), les besoins bruts calculés à l'hectare, y compris les pertes atteignent les valeurs portées au tableau 10.

Tableau 10. Besoins en eau d'irrigation m³/ha/an

Zones	Besoins bruts	Pertes
Tozeur	27.200	12.512
Kébili	27.200	12.512
Tataouine	19.400	8.900
Gabès	18.800	12.000

Ces pertes se produisent tout le long du trajet du transport de l'eau depuis le point d'eau jusqu'à la parcelle. Elles sont très élevées, ce qui ramène l'efficacité globale de cette ressource à environ 50 %. Il y a là de toute évidence un gisement d'économie d'eau considérable.

Les projections ont été réalisées sur la base de la satisfaction des futurs besoins des superficies actuellement irriguées, à savoir :

- **Superficie autorisée :**
 - 7200 ha au Jerid,
 - 7700 ha au Nefzaoua,
 - 400 ha à Jeffara,
 - 3100 ha au Grand Sud.
- **Superficie illicite** à prendre dorénavant en compte :
 - 6000 ha au Nefzaoua,
 - 800 ha au Jerid.

Soit au total environ de **25.000 ha**.

De plus, les extensions éventuelles de ces périmètres ne dépasseraient pas les **5000 ha**, ce qui fait que le rapport semble privilégier la réhabilitation des périmètres existants. L'évolution des besoins de ce scénario est donnée par le tableau 11.

Tableau 11. Besoins en eau d'irrigation Mm³/an

Horizon	Volume d'eau
2000	448
2010	417
2020	375

La diminution des besoins avec le temps correspond à la maîtrise des pertes d'eau espérée.

3.5 - Besoins totaux en eau

Sur la base d'une projection de besoins constants pour l'industrie, de la croissance des besoins domestique, agricole et touristique, les besoins totaux évolueront à l'avenir conformément au tableau 12.

Tableau 12. Besoins totaux en eau Mm³/an d'après le rapport

Horizon	Volume d'eau
2000	555
2010	580
2020	594

Tableau 13. Besoins totaux Mm³/an après correction

Horizon	Volume d'eau
2000	469
2010	438
2020	406

Si l'on tient compte de l'erreur de calcul au niveau des besoins touristiques, ces besoins se réduisent aux valeurs du tableau 13.

Malgré cette correction, il subsiste encore des économies substantielles d'eau à réaliser à travers une amélioration significative de la productivité de l'eau.

2^E PARTIE

SYNTHESE DES RESULTATS DES TROIS RAPPORTS

L'exercice de projection des besoins en eau au cours des prochaines décades dans les régions sahariennes considérées n'est pas aisée, compte tenu de la multitude des facteurs qui devraient être pris en compte, particulièrement pour des horizons de projection relativement lointains. De nombreuses approximations ont donc été nécessaires dans les travaux accomplis, en fonction des situations et des données disponibles. De plus, en l'absence d'une méthodologie commune, les rapports ont abouti à des résultats difficilement rapprochables.

- sur le plan méthodologique, les trois auteurs se sont basés d'une part sur la croissance de la population et dans certains cas, sur les objectifs stratégiques nationaux relatifs au développement des régions considérées.
- sur le plan informationnel, la disponibilité des données nécessaires aux projections des besoins en eau n'était pas assurée au même degré dans les trois cas et chaque auteur a été amené à adopter des hypothèses et des normes jugées adaptées aux situations nationales.
- Sur le plan stratégique, il existe entre les rapports des différences évidentes dans la clarté des perspectives de développement à long terme des zones considérées des trois pays.

Confrontés à ces multiples contraintes, les auteurs ont adopté alors une approche normative généralisée dans la plupart des cas à l'ensemble de zones pourtant bien différentes.

Tableau 13. Comparaison des données ayant servi au calcul des besoins

Données Pays	Taux d'accroissement pop.	Norme Domestique	Norme Industrielle	Norme Touristique	Normes agricoles	
					Techniques	Extension en surface
Algérie	Elevé	Très élevée	Absence de norme	Besoins non exprimés	Très élevée	Très élevée > 100%
Libye	Elevé	Très élevée	Absence de norme	Besoins non exprimés	Faible	Très élevée > 100%
Tunisie	Très élevé	Appropriée	Absence de norme	Norme élevée	Elevée	Faible 20%

Cela a abouti à exprimer plutôt des « besoins » maximum (surestimés même dans les hypothèses dites faibles) et non des besoins « justes », tenant compte des limites de l'offre en eau et d'une optimisation raisonnée de l'exploitation de cette ressource.

Le tableau 14 récapitule tous les éléments pris en compte dans les projections ainsi que les résultats obtenus.

Tableau 14. Tableau récapitulatif des normes et des besoins en eau.

Données de base et besoins	ALGERIE	LIBYE	TUNISIE
Taux d'accroissement de la population	2,2 %	2,8 %	3 %
Population totale en 2000	2.631.272	995.000	376.206
2010	3.395.943	1.319.000	-
2016	-	-	603.701
2020	4.333.688	1.750.000	N.D
2030	5.346.249	2.320.000	N.D
Dotation eau domestique par jour par habitant	100 à 200 l/j/ha y compris besoins industriels	180 l/j/ha	65 l/j/hab
Besoins domestiques par an Mm ³ /an			
en 2000	483 Mm ³ (pertes compris)	57 Mm ³	8,925
2010	610 Mm ³	96 Mm ³	-
2016	-	-	14,32
2020	756 Mm ³	128 Mm ³	14,94
2030	908 à 1025 Mm ³	170 Mm ³	-
Dotation touristique l/j/lit	N. E.*	N. E.*	700l/j/lit
Taux d'occupation touristique	N. E.*	N. E.*	70 %
Nombre de lits en 2000	N. E.*	N. E.*	54.320
2010	N. E.*	N. E.*	89.200
2016	N. E.*	N. E.*	107.800
2020	N. E.*	N. E.*	-
2030	N. E.*	N. E.*	-
Besoins en eau touristique Mm ³ /an	N. E.*	N. E.*	
en 2000	N. E.*	N. E.*	9,6
2010	N. E.*	N. E.*	-
2016	N. E.*	N. E.*	19,2
2020	N. E.*	N. E.*	-
2030	N. E.*	N. E.*	-
Besoins industriels l/s	Comptabilisé avec eau domestique	N. E.*	320
Besoins industriels en volume Mm ³ /an			
en 2000	280	5,1	10,25
2010	-	6,6	10,25
2016	-	-	10,25
2020	-	8,8	10,25
2030	440	11,6	10,25
ETP mm/an		Piche	
	N. E.*	Ghadames 5183	Tozeur 2100
	N. E.*	Nahut 3182	Kebili 2100
		Miurata 2090	

	N. E*	Hun 3921	Gabès 1700
Kc retenu			
Dattes	N. E*	N. E*	0,7
Dattes + Arbo	N. E*	N. E*	0,7
Dattes + CM	N. E*	N. E*	0,7
Dattes + Arbo + CM	N. E*	N. E*	0,6
Arbo	N. E*	N. E*	0,5
Efficacité réseau	N. E*	0,68	0,54
Besoins bruts à l'ha m ³ /ha		12.275	
			Tozeur 27200 dont 12512 de pertes
	Grande Mise en valeur (GMV) 0,5l/s/ha		Kebili 27200 dont 12512 de pertes
	Petite Mise en valeur (PMV) : 0,9l/s/ha		Tataouine 19400 dont 8900 de pertes
	-		Gabès 18800 dont 12000 de pertes
Superficie irriguée en 2000	100.000	44.000	25.200 ha
Superficie autorisée en 2000	-	-	18.400 ha
Superficie illicite en 2000	-	-	6.800 ha
Superficie irriguée en 2016	-	-	25.200
en 2020	-	77.000	25.200
2030	160.000 à 220.000	103.000	30.000
Besoins en eau irrigation totale Mm ³	Hyp. Forte		
en 2000	69,8	540	448
2010	92	716	-
2016	-	-	396
2020	125	950	375
2030	162	1260	?
Besoins totaux en eau (eau potable, touristique, industrielle, agricole) Mm ³ /an			
en 2000	2207	602	469
2010	2886	819	-
2016	2901	-	438
2020	3942	1087	406
2030	5109	1442	?

N.E* = Non exprimé

Ce tableau appelle les commentaires suivants par rapport aux besoins des divers secteurs :

1 - Evaluation des besoins en eau domestique

1.1- Les taux d'accroissement de la population

L'évolution de la population a été approchée sur la base de taux d'accroissement élevés à très élevés pour les trois pays. Cependant, il y a de grandes différences entre les situations démographiques des zones considérées dans les trois pays.

Pour l'Algérie, les taux régressifs adoptés sont raisonnables compte tenu de l'évolution sociale prévisible. Cependant, le fait d'avoir inclus les populations périphériques de la zone d'étude dans les projections des besoins en eau constitue une source de sur-évaluation de ces besoins.

Concernant la Libye, l'application du taux de 2,8 % pour toutes les décades est aussi une source de sur-évaluation des besoins en eau, sachant qu'une régression de ce taux est prévisible dans ces régions où l'amorce d'une transition démographique pourrait être confirmée au cours des prochaines décades.

Pour la Tunisie, le dernier recensement intermédiaire de la population (1999) a dégagé pour la période 1994-1999, un taux national d'accroissement moyen de 1,45 %. Pour le Sud-ouest, ce taux est seulement de 1,15 % et pour le Sud-est, il est de 1,33 % (INS. 1999). Pour le Sud tunisien, ce taux est donc inférieur à la moitié de celui pris en compte dans le rapport (3 %). Cela autorise donc de revoir à la baisse et d'une façon significative les tailles des populations aux horizons considérés, et par voie de conséquence, leurs besoins en eau. Il y a lieu cependant de souligner que pour ce pays, la norme moyenne d'eau domestique de 65 l/j/hab. est la plus faible des trois pays, mais elle est raisonnable et pourrait être adoptée dans les projections des besoins en eau domestiques des autres pays.

1.2 - Les normes d'AEP

Pour la Libye et l'Algérie, les besoins per capita allant jusqu'à **200 l/j paraissent à l'évidence très élevés par rapport au contexte de ces régions**. Les taux actuels dans les grands centres urbains de ces trois pays sont en deçà de ces normes. Une dotation per capita de 65 l/j/hab. adoptée dans le rapport de la Tunisie, ramenée à 80 l/j/hab. pour tenir compte des besoins municipaux, peut être considérée comme convenable dans un contexte de rareté de la ressource eau. Ainsi les besoins exprimés pourraient être ramenés à des niveaux raisonnables, sans que cela soit considéré comme très contraignant par rapport à une vie normale dans des régions arides.

Partant de ces considérations, les besoins en eau pourraient être fixés à leur « juste valeur » et entièrement satisfaits à l'avenir. Cette « juste valeur » n'est pas nécessairement celle convenant à d'autres éco-régions souffrant moins de la rareté de l'eau de bonne qualité.

2 - Les besoins en eau du secteur touristique

Ces besoins ne sont pas exprimés dans les rapports relatifs aux zones sahariennes algériennes et libyennes. Ils apparaissent et en force par contre en Tunisie avec un nombre de lit croissant. La norme retenue, de **700l/j/lit**, utilisée à bon escient dans d'autres contextes touristiques, **mérite d'être sensiblement réduite en régions sahariennes** moyennant des mesures d'accompagnement relatives à l'adoption du matériel de

distribution (robinetterie...) de l'eau et une sensibilisation des touristes sur l'économie de l'eau.

Il y a lieu de noter par ailleurs que les besoins de ce secteur s'élèvent dans le Sud tunisien seulement à environ **20 millions** de mètres cube et non 200 millions comme mentionnés dans le rapport, suite à une erreur de calcul. Ainsi ces besoins restent en deçà de 5 % des besoins totaux.

3 - Les besoins en eau du secteur industriel

Ces besoins sont relativement peu importants par rapport au total des besoins, mais varient considérablement d'un pays à un autre (440 Mm³ pour l'Algérie, 12 Mm³ pour la Libye et 10 Mm³ pour la Tunisie à l'horizon 2030).

Les chiffres avancés sont des estimations globales, sans justification des consommations actuelles et des bases de leur croissance à l'avenir. Ils ont été majorés de 30 % jusqu'à l'horizon 2020 en Tunisie, et doublées en Algérie et en Libye jusqu'à 2030.

En l'absence de plus d'information sur les stratégies nationales du développement de l'industrie dans ces zones, il n'est pas opportun d'émettre une appréciation des projections faites.

4 - Besoins en eau d'irrigation

La consommation actuelle en eau par l'irrigation domine dans une très large mesure celles des autres usages, et à l'avenir, ces besoins resteront encore longtemps au premier rang avec plus de 80 % des besoins totaux. La pertinence des projections de ces besoins à long terme dépendra alors dans une large mesure du degré d'optimisation des dotations en fonction des critères économiques, sociaux et environnementaux. De ce point de vue, les approches normatives, quasiment généralisées à l'ensemble de zones et des cultures ont abouti à des résultats disparates, prêchant par excès évident.

Certes, il n'était pas demandé aux rapports de discuter les stratégies nationales en matière des choix des systèmes de culture et des productions agricoles considérées comme prioritaires. Cependant, il y a lieu dans cette synthèse de relever les grandes activités consommatrices d'eau, relativement peu productives et causant en plus des dommages aux sols (comme la salinisation et l'engorgement...). Tel est le cas, par exemple, du développement et de l'extension de la céréaliculture irriguée sous pivot dénommée « céréaliculture d'entreprise ». Ceci interpelle la vigilance des planificateurs pour l'identification des meilleurs systèmes de production et des spéculations les plus appropriées aux zones en question.

Par ailleurs, parmi les postes de gaspillage d'eau maintenus dans certaines projections figurent les pertes d'eau dans les réseaux de transport et de distribution. En effet, pour la Libye, on peut supposer que dans les projections faites ces pertes sont réduites au minimum dès le départ en considérant la dotation à l'hectare de 12.275 m³/an seulement, (la plus faible dotation des trois pays). De même, pour la Tunisie, les projections dégagent une régression des besoins agricoles au fil des décades suite à une maîtrise de ces pertes. Par compte, dans le cas de l'Algérie, les possibilités d'amélioration progressive de l'efficacité de l'eau au cours des prochaines décades n'ont pas été prises en considération dans les projections faites.

En outre, les normes techniques adoptées dans le calcul des besoins en eau d'irrigation ont fait que les résultats soient très supérieures aux valeurs expérimentales ou pratiquées

actuellement dans les oasis des trois pays. A titre d'exemple, pour les **oasis tunisiennes**, les **demandes actuelles** atteignent seulement **12000 à 14000 m³/ha/an au Jerid, 14000 à 17000 m³/ha/an au Nefzaoua, au lieu des 27000 m³/ha adoptés dans les projections.**

Il y a là un gisement d'économie d'eau non négligeable à exploiter en tenant compte des diversités des situations, du savoir-faire local des oasiens et de l'impératif de satisfaction des besoins de lessivage des sels dont sont chargées, à divers degrés, les eaux considérées.

Sur ce plan, on constate que les trois rapports ne prêtent pas d'attention aux problèmes inhérents à la qualité actuelle de l'eau et aux risques élevés et évidents de sa dégradation sous l'effet de l'intensification de la surexploitation de ces ressources. Déjà, dans de nombreuses localités des trois pays, cette dégradation est un fait bien établi et ses conséquences sur la qualité des terres et sur les rendements sont bien connues.

Il y a donc lieu de prêter à l'avenir le plus grand intérêt à cet aspect qualitatif dans les simulations à faire, en intégrant l'impact des prélèvements nécessaires à la satisfaction des besoins grandissants de ces zones sur la salinité de l'eau.

5 - Les besoins totaux en eau des zones sahariennes des trois pays

Le tableau 15 récapitule ces besoins par rapport aux populations projetées, ainsi que les besoins per capita qui en découlent. Il appelle les remarques suivantes :

- i- C'est de loin l'espace saharien algérien qui réclame les besoins les plus élevés en volume d'eau, la Libye vient en second lieu avec le tiers des besoins algériens, alors que les zones tunisiennes viennent très loin derrière avec moins de 7 % des besoins totaux des trois pays.
- ii- Ces différences découlent évidemment d'une part des tailles disproportionnées des populations projetées des trois pays, d'autre part des superficies irriguées actuellement et de leur extension importante en Libye et en Algérie. Pour le Sud tunisien, les besoins totaux régressent avec le temps du fait de l'économie de l'eau espérée à travers la maîtrise des pertes d'eau, et de la faible extension des superficies irriguées.
- iii- Une autre différence notable apparaît au niveau des besoins per capita et leur évolution dans le temps :
 - tous les besoins per capita dans les zones sahariennes des trois pays sont nettement supérieurs à la consommation actuelle nationale per capita.
 - la Libye maintient un besoin per capita stable autour **600 m³/an**
 - l'Algérie situe ses besoins per capita entre **850 et 950 m³/an** avec une tendance à l'augmentation en hypothèse forte.
 - Quant à la Tunisie, elle part d'un besoin per capita de **1240 m³/an** actuellement qui subit au fil du temps une érosion qui le ramène à l'horizon 2030 à **540 m³/an**.
- iv- Les besoins totaux des zones sahariennes utilisant les eaux des aquifères du C.I et du C.T dans les trois pays remontent en 2030 environ à **7.000 millions de M³/an** pour une population totale d'environ **8,5 millions d'habitants**, soit un besoin per capita moyen pour l'ensemble de la région de l'ordre de **820 m³/an/habitant**. L'agriculture reste le plus grand consommateur d'eau avec une superficie totale irriguée atteignant **288.000 ha en hypothèse faible et 353.000 ha en hypothèse forte en 2030**.

**Tableau 15. Récapitulation des besoins futurs en eau des zones exploitant les aquifères
du C.I et du C.T en Algérie (A), Libye (L) et Tunisie (T)**

Année	Population x 1000				Besoins totaux Mm ³ /an				Besoins Per Capita m ³ /an		
	A	L	T	Total	A	L	T	Total*	A	L	T
2000	2631,3	995	376,2	4000	2207	602	469	3278	840	600	1240
2010	3395,9	1319	505,6	5220	2617*/2901**	819	438	4158	851	620	860
2016	-	-	603,7	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	4333,7	1750	680	5700	3490*/3952**	1087	406	5445	910**	620	650
2030	5346,2	2320	750	8416,2	3879*/5109**	1442	406	6957	950**	620	540

* en hypothèse faible

** en hypothèse forte

Si ces résultats traduisent les orientations des politiques nationales en la matière, cela pourrait signifier deux tendances lourdes différentes dans les objectifs :

- i- Les rapports sur l'Algérie et la Libye semblent opter pour **une exploitation sans contrainte des ressources disponibles** avec une extension importante d'une agriculture irriguée, dont la durabilité est discutable, mais satisfaisant des besoins immédiats en produits agricoles de base et en emplois, et comportant des risques de porter préjudice aux aquifères en question et aux sols. Dans cette optique, ni la rentabilité économique, ni la préservation des ressources naturelles ne semblent être prises en considération. Il s'agit, en somme, d'une tendance à l'« **extensification** ».
- ii- Le rapport sur la Tunisie, malgré une hypothèse très forte de l'accroissement de la population, semble opter plutôt vers la **réhabilitation des périmètres existants** avec une certaine « **intensification** ».

Mais les trois rapports ont négligé, à des degrés divers, l'impératif vital de l'économie de l'eau. Il aurait été fort utile de développer dans les trois pays, parallèlement aux hypothèses fortes, des hypothèses « très » faibles (sensiblement plus contraignantes que les hypothèses dites faibles prises en compte) de ces besoins dans tous les secteurs. Cela aurait permis de disposer d'une large fourchette de résultats de simulation des impacts de la pression sur les aquifères en question, et de permettre à chaque pays de faire ses choix stratégiques pour l'exploitation future de ces eaux en connaissance de cause.

Dans le même sens, cela permettrait de baliser les voies d'une **transition de la politique de développement de l'offre de l'eau vers une politique de gestion raisonnée de la demande** de cette ressource, sur la base des principes du développement durable qui concilie l'efficacité économique, la satisfaction des besoins sociaux et la préservation des ressources naturelles qui, dans le cas précis, consiste à prolonger le plus possible la durée de l'exploitation de ces ressources hydriques « non renouvelables ».

Ainsi, au-delà de l'économie de l'eau, au demeurant aisément réalisable dans les différents gisements mis en évidence précédemment, les réponses aux questions de l'optimisation de l'exploitation des ressources hydriques des aquifères du C.I et du C.T dans les zones du Sahara Septentrional résideraient dans :

- le positionnement du problème de l'eau au centre d'un projet global et intégré de développement socio-économique de ces zones, dans le cadre de stratégies nationales optant pour des choix des fonctions de ces zones aux niveaux économique, social et environnemental, privilégiant la complémentarité des spécificités, des aptitudes et des avantages comparatifs des différentes régions de chaque pays, mais tenant compte aussi de la responsabilité partagée entre les trois pays de mieux valoriser ces eaux.
- l'urgence du développement d'une interrogation sur la place, les rôles et les types d'agricultures irriguées à mettre en place dans ces régions aux multiples contraintes, compte tenu de la dominance des besoins de ce secteur en eau.

En effet, dans le cadre d'une réflexion pluridisciplinaire et régionale, il importe de :

- titrer les enseignements de l'agriculture saharienne actuelle confrontée à de nombreux enjeux locaux, nationaux et internationaux.
- redéfinir l'agriculture irriguée à développer à l'avenir dans ces zones en tenant compte de la tendance à la raréfaction de la ressource eau, de la concurrence des autres secteurs, des impératifs de créer des emplois, de nourrir les populations locales et de préserver l'environnement de toutes les formes de dégradation..

Compte tenu de l'expérience des trois pays en « agriculture irriguée saharienne » qui était exclusivement une « agriculture oasienne » mais qui s'est étendue ensuite à de nouveaux périmètres irrigués sous serre ou à « ciel ouvert », il semble se dégager que l'extension de l'irrigation sur des périmètres extensifs, même sous pivot, peu performants sur les plans économique et environnemental, n'ait pas d'avenir.

Par contre, un nouveau type d'agriculture inspiré de l'expérience oasienne, concentré dans les meilleurs sites naturels (climat, sol, qualité de l'eau), intensif, ciblant des produits agricoles et des filières agro-alimentaires à hautes valeurs ajoutées, ayant pour devise non « l'économie de l'eau » mais l'augmentation de sa productivité, encadré en permanence par une recherche scientifique adaptée et un système de vulgarisation de proximité, peut être conçu et mis en œuvre tout en tenant compte :

- du risque élevé de dégradation de la qualité de l'eau et de son impact sur les terres,
- de la spatialisation des besoins et des risques en fonction du développement des divers secteurs consommation d'eau,
- de l'évolution des coûts de développement de la ressource et de sa rentabilité.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Partant d'une donnée fondamentale, celle de la non disponibilité ad eternum de la ressource eau du Sahara Septentrional (tarissement des sources et de certains forages dans un premier temps, disparition progressive de l'artésianisme dans un deuxième temps et pompage de plus en plus profond et détérioration de la qualité de l'eau dans un troisième temps), le principe premier qui devrait guider tout développement des régions du Sahara Septentrional des trois pays en question sera de faire perdurer les parties exploitables des aquifères C.I et C.T le plus longtemps possible. L'amélioration de la productivité de cette ressource au sens large du terme devrait être le souci permanent des planificateurs.

C'est dans **le cadre d'une gestion saine d'une « ressource commune » avec une « responsabilité partagée », satisfaisant les futurs besoins de façon juste et rigoureuse, mais sans aucun excès, que l'avenir de l'eau des zones considérées devrait être envisagé.**

Les trois rapports sur l'Algérie, la Libye et la Tunisie ont projeté les besoins en eau de ces zones au cours des prochaines décades sur la base d'hypothèses « non contraignantes », même pour les hypothèses dites faibles, en considérant :

- des taux d'accroissement élevés des populations, ne tenant pas, ou peu, compte de l'amorce déjà réalisée d'une transition démographique.
- des normes techniques et besoins per capita sectoriels surévalués par rapport au contexte de l'éco-région et de la tendance vers la raréfaction de la ressource et de l'accroissement de son coût de production.
- une extension des superficies irriguées en Algérie et en Libye, ne tenant pas compte des marges de progrès technologiques à faire maintenant et encore plus à l'avenir en agriculture irriguée.

Cela a débouché sur des besoins globaux per capita, certes relativement faibles par rapport au seuil de **1000M³/habitant/an**, mais supérieurs aux dotations moyennes nationales actuelles des trois pays. Il y aurait en 2030 dans l'ensemble de ces zones **8,416 millions** d'habitants qui demanderaient **7000 millions de M³ d'eau/an**.

Par rapport au secteur le plus consommateur d'eau, deux stratégies différentes semblent se dégager dans ces projections :

- La première, développée par les rapports sur l'Algérie et la Libye, opte pour **une extension maximale des périmètres irrigués** pour répondre à des besoins croissants évidents en produits agricoles et en emplois, mais apparemment sans miser sur l'amélioration de la productivité de l'eau dans ce secteur ni se soucier des impacts écologiques. Ce serait une stratégie « **d'extensification** ».
- La seconde, perceptible à travers le rapport sur la Tunisie, privilégie surtout **la réhabilitation des superficies irriguées actuellement**, sans extension significative, avec en plus les objectifs de maîtriser les pertes d'eau et l'augmentation de la rentabilité de cette ressource. Ce serait une stratégie de concentration et « **d'intensification** ».

Les besoins élevés exprimés dans ces rapports, particulièrement ceux dégagés des hypothèses fortes, permettront sûrement de forcer les simulations du comportement des

aquifères à révéler les tendances et les risques d'une telle surexploitation, mais pourraient cacher le champ des limites réelles d'une exploitation raisonnée de cette ressource, en intégrant les sauts technologiques, agronomiques en particulier, assurément réalisables dans le proche avenir, ainsi que les économies d'eau qui pourraient en découler à travers :

- la réduction des pertes dans les réseaux de transport et de distribution,
- l'amélioration de l'efficacité de l'eau à la parcelle tout en tenant compte des besoins de lessivage des sels,
- l'adoption de nouveaux paquets technologiques,
- la maîtrise et le développement des énergies renouvelables pour le dessalement des eaux de qualité médiocre et l'automatisation de l'irrigation.

Pour l'avenir, il devient évident et urgent de gérer la raréfaction des ressources en eau souterraine de qualité et les concurrences/tensions entre les usages dans une approche holistique intégrant les dimensions économiques, sociales et environnementales. Dans ce sens, l'élaboration de scénario tendanciel des besoins en cette ressource devrait s'accompagner de l'identification des impacts écologiques et sociaux et de leur spatialisation, en considérant que les ressources humaines forment avec les ressources naturelles une entité complexe fonctionnant en système régi par des interactions qui déterminent le sens de l'évolution quantitative et qualitative de l'ensemble du système.

Sur cette base, l'exploration du futur commun possible passe à l'évidence par la recherche d'une convergence vers un consensus régional sur une stratégie et des objectifs communs cohérents, particulièrement dans le domaine agricole irrigué. A ce niveau, trois leviers d'action peuvent être considérés :

- la gestion de l'eau au niveau de la parcelle et de l'exploitation agricole, dans la mesure où l'exploitation agricole reste le centre de décision primordial par rapport aux aspects techniques, micro-économiques et environnementaux.
- la gestion de l'eau entre les différents usagers aux échelles locale, régionale et nationale. C'est à ce niveau que se prennent les décisions relatives à la coordination, l'intégration et la cohérence générale de l'utilisation de l'eau à travers des mesures institutionnelles et politiques.
- des mesures économiques et financières favorisant les secteurs, filières et systèmes de production jugés prioritaires par chaque pays.

Dans cette perspective, plusieurs voies d'investigations peuvent être développées dans un cadre régional pluridisciplinaire :

- une analyse fine des systèmes de production agricoles des zones concernées afin d'élucider leurs consommations en eau, leurs productions et leurs rentabilités économiques actuelles. Cela permettrait d'identifier les filières et les cultures les plus performantes susceptibles d'être reproduites et développées.
- Une enquête sur la qualité chimique des eaux dans l'ensemble de la région et la mise en place d'un système de suivi de la qualité de ces eaux en fonction du rabattement des niveaux des aquifères.
- Une étude sur les perspectives des opportunités techniques, économiques et sociales du transfert de l'eau dans les deux sens Nord-Sud et Sud-Nord dans deux scénarios :

- un scénario de « Catastrophe naturelle » de pénurie d'eau « stratégique »,
 - un scénario de redéploiement des cultures irriguées non appropriées aux zones désertiques (céréales par exemple...).
- Une étude sur les perspectives de développement des technologies d'économie, du recyclage et du dessalement des eaux moyennant les énergies renouvelables disponibles dans les zones considérées.
 - Identification des thèmes de recherche à l'échelle régionale sur l'avenir de l'agriculture irriguée au Sahara septentrional dans une perspective de raréfaction des ressources d'eau de bonne qualité.



ANNEXE

**Les normes minimales utilisables dans un scénario
de calcul de « justes besoins » en eau**

Besoins en eau d'irrigation en zones subdésertiques et désertiques	17.000 m ³ /ha (y comprise la fraction lessivante)
Besoins en eau potable	80 l/j /habitant
Besoins en eau du secteur touristique	350 l/lit/j

Risques encourus par rapport à la dégradation de la qualité des eaux

Echelle spatiale Echelle temporelle	Parcelle cultivée	Exploitation agricole	Périmètre irrigué	Système hydro-pédologique
Court terme (1-2 années)	Chute des rendements en fonction salinité de l'eau	Faibles rendements, salinisation superficielle du sol		
Moyen terme (3-5 ans)	Accumulation des sels dans le sol et régression des cultures	Salinisation généralisée du sol. Appauvrissement population	Salinisation des zones basses des périmètres	
Long terme (10-30 an)	Abandon des cultures sensibles	Dégradation des propriétés du sol Abandon des parcelles touchées	Salinisation généralisée du périmètre	Remontée et salinisation des nappes superficielles
Très long terme > 30 ans		Abandon de l'exploitation	Abandon du périmètre	Salinisation des zones basses mal drainées

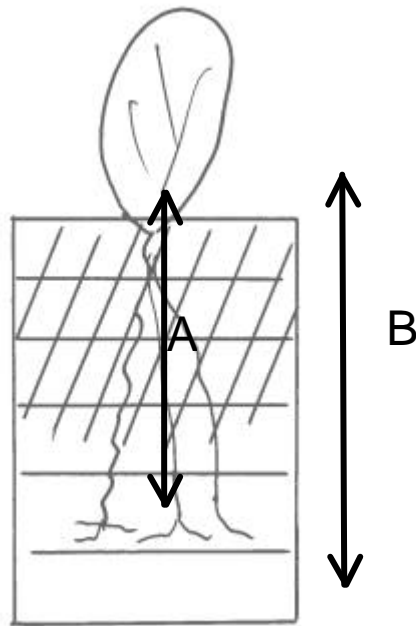
Sources : *l'Avenir de l'eau : un nouveau challenge pour la Tunisie.*
I.T.S. TUNISIE 2002.

**Effet de la salinité et des volumes d'eaux d'irrigation sur les rendements
d'une culture de tomate (source : CRUESI-TUNISIE)**

Salinité de l'eau g/l	0,2	1,5	2,4	3,5
Volume d'eau	Rendement t/ha			
675 mm	44,4	43,2	26,8	13,1
1070 mm	68	66,1	40,8	34,5

Relation entre les doses d'irrigation et la salinisation des sols

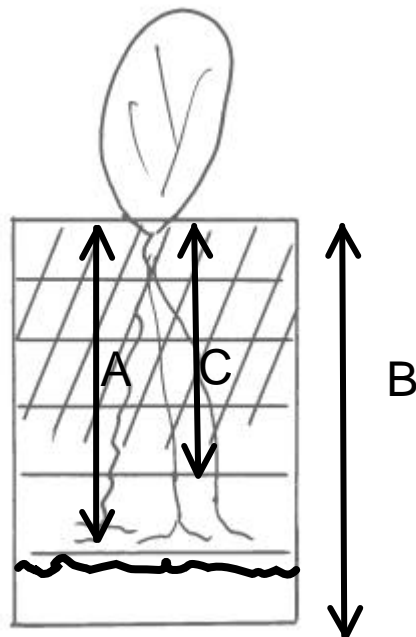
1. Profil d'un sol cultivé



A = Profondeur du système racinaire

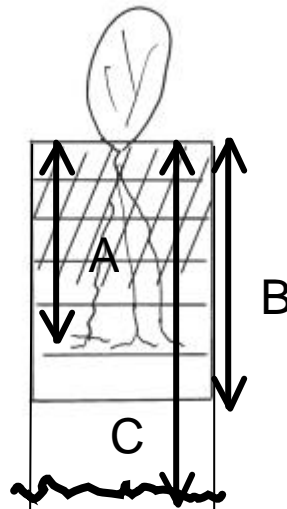
B = Profondeur totale du sol sain

2. Faible dose d'irrigation (couverture des besoins de l'évapotranspiration seulement)



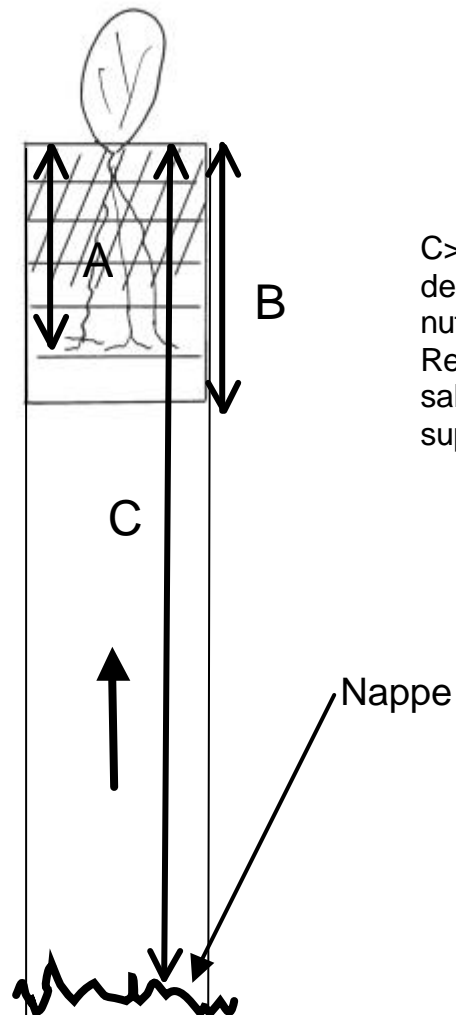
C = Profondeur du front d'humidification du sol par l'irrigation
C = A Accumulation des sels dans le profil et report des stocks d'une année à l'autre

3. Dose convenable
couverture des
besoins de l'ETP +
fraction lessivante
(10 à 30 % de
l'ETP)



$C > A \text{ et } B \Rightarrow$
Lessivage des sels
et drainage naturel
ou artificiel

4. Surdose =
couverture des
besoins de l'ETP +
fraction lessivante
> à la capacité du
drainage du sol



$C \gg B \Rightarrow$ Lessivage
des sels et des
nutriments,
Remontée et
salinisation de la nappe
superficielle