



## **EVALUATION DU RISQUE DE CONFLIT AUTOUR DES EAUX TRANSFRONTALIÈRES DU SYSTÈME AQUIFÈRE DU SAHARA SEPTENTRIONAL (SASS)**

***MENANI M.R.***

Laboratoire MGRE, Université de Batna

menani-redha@lycos.com

### **RESUME**

Le SASS couvre une superficie d'environ 1 000 000 km<sup>2</sup>, il est partagé par l'Algérie, la Libye et la Tunisie. Il est situé dans une zone hyper aride avec une recharge actuelle minimale mais un grand volume stocké, évalué entre 20 000 et 31 000 km<sup>3</sup>.

Depuis 1970 à nos jours, l'exploitation du SASS est passée de 0,6 à plus de 2,5 milliards m<sup>3</sup>/an., d'où des risques majeurs de salinisation des eaux, de réduction de l'artésianisme, de tarissement des exutoires naturels, de baisse de la piézométrie, d'augmentation des rabattements ou d'interférences des périmètres de captage entre pays...Ce qui menace à terme la durabilité du développement socio-économique engagé dans l'ensemble de la zone.

Pour parer au mieux à ces risques et surtout pour mieux s'en prémunir, un processus de coopération a été initié depuis 1998 sous l'égide de l'observatoire du Sahara septentrional (OSS) en partenariat avec les institutions en charge des ressources en eau dans les 3 pays.

L'importance de cet immense réservoir pour le développement de la zone SASS et la nécessité de sa gestion durable et concertée a amené à une entente pour son étude en plusieurs phases : la caractérisation hydrogéologique du système aquifère et sa modélisation, l'identification des risques environnementaux et l'inclusion de l'aspect socio-économique dans des scénarios de développement.

Les ressources en eau du SASS sont très faiblement renouvelables, environ 1 milliard de m<sup>3</sup>/an, vis-à-vis des prélèvements actuels estimés à 2,5 milliards de m<sup>3</sup>/an. La prise en compte de cette donnée a été déterminante pour pousser les scientifiques à établir la meilleure modélisation conceptuelle possible du système qui soit à même de permettre d'envisager différents scénarios d'exploitation de la ressource tout en tenant compte des perspectives de

développement socio-économique de chacun des 3 pays.

Les données actuelles, quoique rassurantes, ne signifient pas l'inexistence, à court ou moyen terme, d'un risque de conflit autour de ces eaux transfrontalières. En effet, le problème mérite d'être analysé à travers plusieurs indicateurs qui ont un impact sur ce risque.

L'objectif de cette note est d'évaluer le risque de conflit autour des eaux du SASS à travers un indice global exprimé numériquement sur la base de la combinaison de poids et de cotes de plusieurs indicateurs qui ont, directement ou indirectement, un impact sur le risque de conflit.

L'indice global de risque de conflit obtenu pour le cas du SASS semble refléter correctement la situation qui y prévaut actuellement. La comparaison de ce résultat avec ceux obtenus pour les eaux transfrontalières du bassin du Jourdain (risque élevé) et ceux du système aquifère du Guarani (risque faible), conforte l'échelle des valeurs adoptée dans cette méthode d'indexation numérique.

**Mots Clés:** Eaux transfrontalières, conflits, risque, SASS.

### **APERÇU SUR LA METHODE GIR (INDICE GLOBAL DE RISQUE AUTOUR DES EAUX TRANSFRONTALIERES)**

Cette méthode (Menani, 2009) propose une indexation numérique du risque de conflit autour des eaux transfrontalières par la prise en considération des indicateurs les plus significatifs en leur affectant, dans un premier temps, des poids proportionnels à leur relative importance.

Chaque indicateur varie cependant selon les conditions locales et acquiert ainsi différentes côtes selon ces conditions. L'indice partiel pour un indicateur donné est obtenu par la combinaison (produit) du poids fixe de cet indicateur et de la cote (variable) obtenue selon les conditions locales. La somme des indices partiels procure l'indice global de risque de conflit.

Les indicateurs de risques pris en considération dans cette approche et leurs poids respectifs sont reportés dans le tableau 1.

Les intervalles de variation que peut connaître un indicateur donné selon les conditions locales sont mentionnés à titre indicatif dans le tableau 2 pour le cas du premier indicateur (degré de dépendance).

**Tableau 1 :** Indicateurs de risque et leurs poids respectifs

Indicateurs	Poids
Degré de dépendance aux eaux transfrontalières	5
Degré de satisfaction des besoins en eau	4
Contexte géopolitique de la région	3
Position géographique par rapport aux ressources en eaux partagées	2
Gouvernance de l'eau et réalisations dans le secteur des ressources en eau	2

**Tableau 2:** Intervalles de cotation du degré de dépendance aux eaux transfrontalières (Poids: 5)

Intervalles de Variation	Cote
Dépendance Totale	10
Dépendance partielle avec des difficultés de satisfaction des besoins par d'autres sources d'approvisionnement (difficultés naturelles ou techniques)	8
Dépendance partielle avec possibilité d'approvisionnement par d'autres sources mais avec un coût élevé	6
Dépendance partielle avec possibilité d'approvisionnement par d'autres sources avec coût admissible ou avantageux	4
Dépendance partielle à faible avec un approvisionnement effectif par d'autres sources d'approvisionnement	2

Les intervalles de cotation proposés dans la méthode sont basés sur des critères et des normes internationales qui concernent aussi bien les aspects quantitatifs et qualitatifs des ressources en eau que les aspects socio-économiques et géopolitiques.

Selon les conditions locales, les cotes des indicateurs varient entre 1 et 10 ; les plus fortes valeurs correspondant à un risque élevé et inversement.

Les indices partiels et globaux sont calculés pour chaque pays concerné par les eaux partagées.

L'intérêt de cette méthode est sa flexibilité dans le sens où elle prend en compte les variations qui affectent les indicateurs et elle permet également d'insérer des cotes intermédiaires non prévues ici et de leur affecter des valeurs proportionnelles à leur importance relative par comparaison aux cotes proposées.

En résumé : L'expression de l'indice partiel de risque pour un indicateur donné est :

$$IPR = Iiw \cdot Iic$$

avec: IPR: Indice partiel de risque, Iiw: Poids fixe de l'indicateur et Iic: cote atteinte par l'indicateur selon les conditions locales. L'indice global de risque de conflit est la somme des indices partiels et a pour expression :

$$GIR = \sum IPR = \sum Iiw \times Iic$$

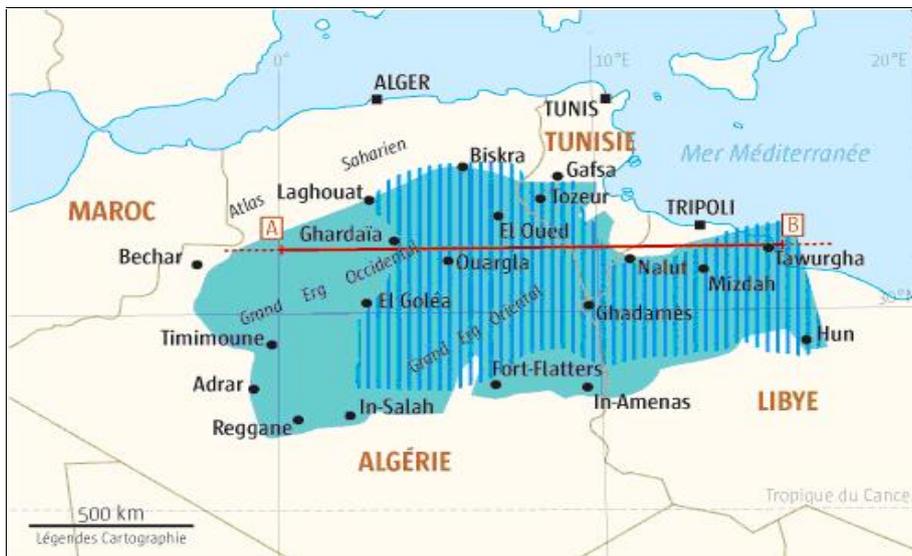
On note généralement que les pays concernés par des eaux transfrontalières ne présentent pas le même indice de risque car les conditions prévalant dans chacun de ces pays est différente. Selon cette approche, l'indice de risque varie entre un minimum de 25 et un maximum de 158. Les détails de la méthode sont développés dans Menani (2009).

## CAS DU SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL (SASS)

### Situation géographique et géologique

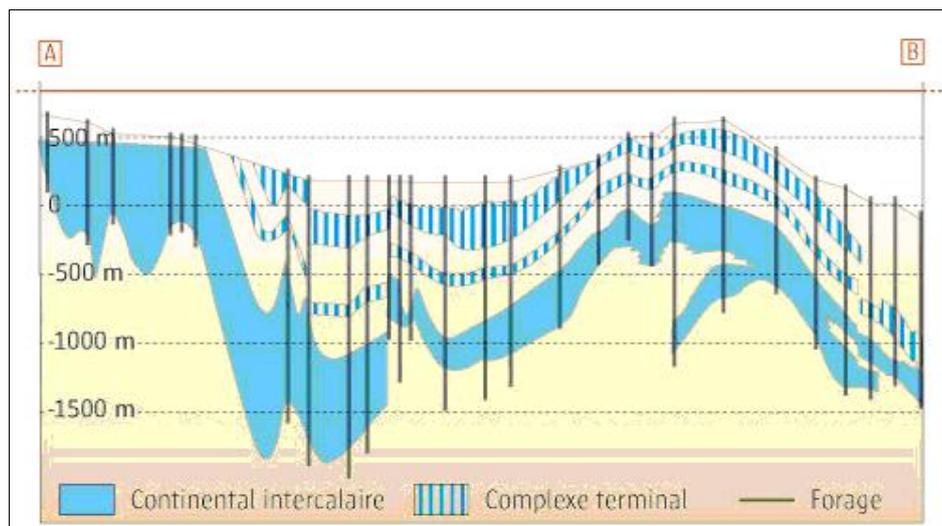
Le SASS s'étend sur une surface totale de près de 1 million de km<sup>2</sup> dont 700.000 se trouvent en Algérie, 80.000 en Tunisie, et 250.000 en Libye (Figure 1). Ce système aquifère d'importance stratégique s'étend sur une région saharienne aride qui abritera à l'horizon 2030 près de 8 millions d'habitants (OSS, 2008).

La coupe géologique sommaire établie selon un tracé AB (voir tracé sur Figure 1) donne la configuration géologique reportée sur la figure 2.



■ Aquifère profond CI    ■ Aquifère sommital CT

**Figure 1 :** Position géographique du SASS (OSS, 2008)



**Figure 2:** Coupe géologique du SASS (OSS, 2008)

En fait, le SASS a une structure plutôt complexe décrite par Bied-Charrenton (2002) où on retrouve essentiellement de bas en haut, la séquence suivante : Le substratum imperméable général du système est argilo-marneux (Trias ou Jurassique).

Le réservoir aquifère du CI (continental intercalaire), qui est l'une des 2 principales réserves, s'étend entre 50 et 2300 mètres sous la surface selon les endroits et sur 600000 kilomètres carrés dans des grès et des argiles (Jurassique supérieur – Crétacé inférieur) et a une capacité de l'ordre de 20000 milliards de m<sup>3</sup>. Ses eaux chaudes dépassent 60°C par endroits.

L'imperméable surmontant la nappe du CI est constitué d'une série argilo-marneuse attribuée au Mésozoïque inférieur.

Le complexe terminal, ensemble peu homogène en Algérie et en Tunisie, constitué par les séries carbonatées du Sénonien et des sables, qui renfermerait 11000 milliards de m<sup>3</sup> ;

La nappe des calcaires sénoniens et paléocènes, d'épaisseur et de qualité variables.

Une nappe de sables tertiaires importante dans le bas Sahara algéro-tunisien

Un toit imperméable constitué de séries argileuses;

Quelques autres aquifères dans le bassin libyen, d'importance locale.

### Estimation des réserves

De nombreuses estimations des réserves ont été faites (Cornet, 1961 ; 1964) (Unesco, 1972), Margat (1992) et (Baba Sy, 2005). Elles les situent entre 30000

et 60 000 km<sup>3</sup>. L'approche la plus serrée de Baba Sy (2005) est basée sur une estimation statistique des épaisseurs, 358 m en moyenne pour le CI et 342 m pour le CT (sur la base de coupes de forages pétroliers notamment) et sur l'estimation d'un coefficient d'emmagasinement moyen de 5% pour les 2 aquifères (1 à 2% pour le CT et entre 5 à 10 % pour le CI, d'après la carte des coefficients d'emmagasinement du modèle du projet SASS (OSS, 2003b)). Il faut noter également que la superficie globale du SASS a été revue à la hausse, à environ 1100 000 km<sup>2</sup>. L'approche de Baba Sy (2005) estime les réserves à un total de 31 000 km<sup>3</sup> entre environ 20 000 pour le CI et 11000 pour le CT.

### **Recharge du système aquifère**

On a longtemps cru que l'aquifère du Sahara septentrional ne se rechargeait pas, mais les analyses géochimiques faites depuis une quinzaine d'années et récemment compilées par Mohamedou Ould Baba Sy, de l'École nationale d'ingénieurs de Tunis (Baba Sy, 2006), montrent le contraire. En s'appuyant sur la mesure des teneurs en différents éléments chimiques – le tritium, le carbone-14 et le chlore-36 – dans les forages et les puits, Baba Ouled Sy (2005) conclue que des eaux de pluies et de ruissellement s'infiltrent directement dans le continental intercalaire, essentiellement au niveau de l'Atlas saharien, là où l'aquifère affleure presque et lors des épisodes pluvieux, par infiltration directe dans les sables des dunes des grands ergs. Cette recharge annuelle est estimée à environ 1 milliard de m<sup>3</sup>/an essentiellement aux piémonts de l'Atlas saharien en Algérie, sur le Dakar en Tunisie et sur le Dj Nefoussa en Libye. L'extension du système et son épaisseur ont cependant favorisé l'accumulation de réserves considérables au cours des siècles et millénaires passés.

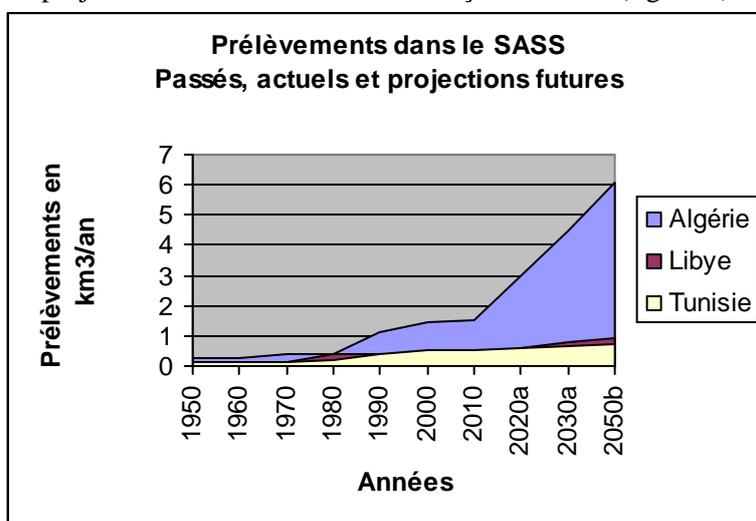
### **Evolution de l'exploitation du SASS**

L'exploitation des nappes du Sahara septentrional est restée relativement faible jusqu'au début des années 50. Depuis, elle s'est accentuée pour répondre au développement urbain et agricole de la région, en particulier des villes de l'Atlas saharien. Mais aujourd'hui, c'est ce développement qui menace la survie de l'aquifère car les puits et forages profonds (certains descendent à plus de 1000 mètres) se sont multipliés au cours des trente dernières années pour alimenter les villes et villages en eau potable et, surtout, les périmètres irrigués. D'après OSS (2008), le SASS est exploité actuellement par plus de 8800 points d'eau (forages et sources : 3500 captant le CI et 5300 le CT dont 6500 en Algérie, 1200 en Tunisie et 1100 en Libye). L'évolution croissante du nombre de forages et de leur régime d'exploitation indique des croissances extrêmement fortes au cours des 20 dernières années. Cette exploitation atteint aujourd'hui 2.5 milliards de m<sup>3</sup>/an (1,5 en Algérie, 0,55 en Tunisie et 0,45 en Libye) contre

0,6 milliards en 1970.

Si ce rythme d'exploitation perdurait, de sérieux risques menaceraient l'avenir des régions sahariennes où les premiers signes d'une détérioration de l'état de la ressource sont déjà perceptibles. Entre 1950 et 2000, les niveaux moyens du continental intercalaire et du complexe terminal, mesurés dans les puits et les forages, se sont abaissés de 25 à 50 mètres selon les endroits. Comme conséquence directe, de nombreuses sources naturelles, autour desquelles se sont développées les oasis traditionnelles, se tarissent. La qualité des eaux et des sols se dégrade également.

A l'horizon 2030, les statistiques tablent sur une population de 8 millions d'habitants dans la zone SASS, pour laquelle il s'agit dès maintenant de prévoir la satisfaction de l'ensemble des besoins dans un contexte de développement durable. Selon le modèle ERESS (1985), les potentialités d'exploitation de ces aquifères sont de l'ordre de 156 m<sup>3</sup>/s. La progression des prélèvements passée, actuelle et projection future évoluerait de la façon suivante (figure 3).



**Figure 3 :** Rythme des prélèvements dans le SASS.  
2020a, 2030a : estimation – 2050b : simulation.

Les résultats des simulations à base de modèles mathématiques ont montré que la seule poursuite du rythme actuel d'exploitation aux points de captage actuels engendrerait des rabattements considérables dans le SASS ainsi qu'une salinisation des eaux du CT et un risque de disparition des exutoires (OSS, 2008).

Des simulations qui prennent compte, en plus des propriétés hydrodynamiques des aquifères, des perspectives de développement des zones du SASS, « ont montré qu'il était possible de porter l'exploitation du SASS à un niveau de 7 km<sup>3</sup>/an, à condition d'opérer une rupture quasi-complète avec les zones d'exploitation intensive et d'orienter 80% des prélèvements additionnels vers

des régions nouvelles et éloignées ». Ces mêmes simulations auraient montré également que les régions les plus aptes à fournir ces prélèvements additionnels étaient situées notamment en Algérie, où  $3.5 \text{ Km}^3/\text{an}$  pouvaient être puisés dans le bassin occidental du CI et  $0.6 \text{ km}^3/\text{an}$  dans la partie Sud du CT, les niveaux concernés dans les 2 cas seraient les niveaux libres des aquifères.

Le régime d'exploitation du SASS passerait ainsi à 8 fois ses ressources renouvelables. Il faut noter tout de même, que de l'avis de spécialistes, cette option mériterait d'être confirmée par de plus amples investigations.

## **INDEXATION NUMERIQUE DU RISQUE DE CONFLIT SUR LES EAUX DU SASS**

### **Degré de dépendance aux eaux du SASS**

L'Algérie, la Libye et la Tunisie étant situées dans une zone à très faibles apports pluviométriques annuels, il est utile de se pencher sur les disponibilités des ressources en eau dans la région en distinguant par pays :

les potentialités en ressources en eau renouvelable ;

les captages actuels en eau fossile ou très faiblement renouvelable, en distinguant celles provenant du SASS ;

les capacités actuelles en ressources en eau non conventionnelle ;

les sources d'approvisionnement actuelles destinées à combler les différents besoins ;

les prélèvements actuels à partir du SASS.

Les données de base utilisées sont celles du Ministère des Ressources en Eau pour l'Algérie, du Ministère de l'Agriculture et de l'Hydraulique pour la Tunisie et enfin celles de la General Water Authority pour la Libye. D'autres données, notamment celles de la FAO (Aquastat), ainsi que des documents afférents à des études scientifiques ou de rapports de services, ont permis de compléter les informations relatives aux ressources mobilisées. Il faut signaler que les nombreux documents consultés présentent parfois des confusions entre le potentiel en ressources renouvelables découlant du bilan hydrique, de la capacité de mobilisation (capacité de stockage ou de traitement) et les volumes réellement exploités.

A l'évidence, l'approche du degré de dépendance de chacun des pays à l'égard des ressources en eau du SASS doit être insérée dans une vision plus globale qui va plus loin que la zone d'extension du SASS lui-même, car les transferts hydrauliques en dehors de cette zone sont devenus une réalité, comme c'est le cas du transfert hydraulique entre Ain Salah et Tamanrasset sur une distance de 750 km pour délivrer actuellement  $50.000 \text{ m}^3/\text{j}$  et à moyen terme (2030)  $100.000 \text{ m}^3/\text{j}$ .

En terme de transferts, le SASS ne fait pas exception puisque la Libye pour la

satisfaction de ses besoins en eau a recourt en plus au NSAS (nubian sandstone aquifer system) partagé avec l’Egypte, le Tchad et le Soudan qui a une étendue d’environ 2,2 million km<sup>2</sup> et une capacité en eau fossile estimée à environ 150103 km<sup>3</sup>. La rivière artificielle (the Great Man-Made River) délivre à partir du NSAS et du SASS, à travers un réseau de conduite de 4 m de diamètre, environ 0.5 millions de m<sup>3</sup>/j aux villes côtières, où vit la majeure partie de la population libyenne. Le recours aux eaux des ces aquifères aux ressources non renouvelables va très probablement s’accroître à l’avenir, car les captages dans les nappes côtières commencent à montrer de sérieux problèmes d’intrusions marines.

Compte tenu de la longueur de l’article, il n’est pas possible de reprendre ici la procédure suivie pour les autres indicateurs. Nous nous contenterons de la synthèse des résultats.

### **L’indice global de risque (GIR)**

La synthèse des indices partiels de risque donne le résultat compilé dans le tableau 3.

**Tableau 3 : Indice global de Risque autour du SASS**

Indicators	PIR		
	Algérie	Libye	Tunisie
degré de dépendance aux ressources en eau transfrontalières	40	<b>50</b>	40
Degré de satisfaction des besoins	17,5	13,5	17,5
Contexte géopolitique	3	30	3
Position géographique en relation avec les ressources en eaux transfrontalières	6	6	6
Gouvernance de l’eau	6	12,5	4,5
Indice Global de Risque par pays	72,5	<b>112</b>	71

La même méthode, appliquée aux eaux transfrontalières du Jourdain (Menani, 2009) et du système aquifère du Guarani a donné les résultats suivants (Tableau 4).

**Tableau 4 : GIR pour le GAS et le bassin du Jourdain**

<b>Les eaux du Jourdain</b>	Liban	Israël	Syrie	Jordanie	Cisjordanie	Ghaza
<b>GIR</b>	80	101,5	105	128	<b>142,5</b>	<b>151</b>
<b>Le GAS</b>	Argentine	Bresil	Paraguay	Uruguay		
<b>GIR</b>	39	<b>58</b>	51	39		

## CONCLUSION

L'étude du risque de conflit autour des eaux transfrontalières du Système Aquifère du Sahara Septentrional s'est basée sur l'analyse de certains indicateurs jugés révélateurs afférents au degré de dépendance de chacun des pays riverains à ces ressources transfrontalières, le degré de satisfactions de leurs besoins en eau, le contexte géopolitique de la région, le contexte géographique et la gouvernance de l'eau dans chacun de ces pays.

Le mode d'indexation adopté permet de situer la Libye en situation de risque de conflit élevé par rapport aux pays voisins, l'Algérie et la Tunisie. Ce risque évalué à 112 points sur une échelle qui en compte 158, est dû à la conjonction de plusieurs facteurs, dont les plus importants sont une dépendance totale des ressources en eau du SASS, mais également du NSAS (Système Aquifère des Grès Nubiens) partagé avec l'Égypte, le Soudan et le Tchad, un contexte géopolitique très difficile actuellement, marqué sur le plan interne par de nombreux conflits entre fractions tribales et par de grandes difficultés pour le pouvoir actuel d'asseoir son autorité politique sur l'ensemble des régions où existent des risques de scission et enfin une faible gouvernance de l'eau comparativement aux pays voisins.

La situation en Algérie et en Tunisie est nettement meilleure malgré que le niveau d'exploitation des ressources en eau non renouvelable soit très élevé ; il est pratiquement atteint pour la Tunisie. La bonne gouvernance de l'eau en Tunisie, par une maîtrise globale de la gestion des ressources (recouvrement des créances, limitation des fuites, rationalisation pour les différents usages) risque cependant d'être confrontée à une baisse très significative des investissements dans le secteur des ressources en eau, comme conséquence d'une baisse globale des recettes du pays, à la suite de la chute de l'ancien système politique.

La situation en Algérie est par contre très différente actuellement. Elle est marquée par des investissements colossaux dans des projets névralgiques du secteur des ressources en eau, qui modifieront et amélioreront durablement non seulement la disponibilité de la ressource à l'échelle de tout le pays mais qui permettront également la mise en valeur agricole de centaines de milliers d'hectares notamment dans les hauts plateaux.

Les 3 pays sont en fait étroitement dépendants des eaux du SASS. Jusqu'à un passé récent, le mécanisme de concertation à travers OSS semble avoir correctement fonctionné, sans pour autant aboutir à un accord formel sur la gestion concertée de ce réservoir. Les études menées sur le SASS ont signalé les risques encourus actuellement par le système (rabattements considérables, salinisation...) du fait du rythme d'exploitation actuelle et la nécessité de rompre avec ce mode d'exploitation et de recourir à d'autres zones de captage plus aptes à répondre à la demande actuelle et future, sans perturber durablement l'état du système. Il est difficile de savoir pour le moment si les recompositions des champs politiques intervenus en Libye et en Tunisie depuis 2011 vont affecter, et dans quelle mesure, la concertation initiée jusque là par

OSS autour des ressources en eau du SASS.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AL ATIRI R. (2005). Evolution institutionnelle et réglementaire de la gestion de l'eau en Tunisie » éd. Direction générale du génie rural et de l'exploitation des eaux du ministère de l'Agriculture, des Ressources hydrauliques et de la Pêche, Tunis.
- AL-SAMARRAI K., AL-MEJRIBI A. (2007). Water Governance In Libya - Challenges and Responses. Global Water Partnership Mediterranean, Workshop on integrated water resources management, Tripoli, libya, 11-12 April.
- BABA OULED SY. (2005). Recharge et paleorecharge du système aquifère du Sahara septentrional, Thèse de Doctorat en Géologie, Université De Tunis El Manar, 261p.
- BENABDALLAH S. (2007). The Water Resources and Water Management Regimes in Tunisia, Proceedings of a Workshop in Tunisia (Series: Strengthening Science-Based Decision Making in Developing Countries), 81-87.
- BIED-CHARRENTON M. (2002). Le système aquifère du Sahara septentrional, une conscience de bassin, Synthèse de la première partie du projet (1999-2002), OSS/SASS, 17p
- MAMOU A., LATRECHE M. (2004). Aquifères transfrontaliers de la rive sud de la méditerranée, Com. Conf., The internationally shared aquifer resources management- Mediterranean (ISARM-MED) Key issues for sustainable management of Transboundary aquifers in the Mediterranean and South Eastern Europe. Thessaloniki, Greece, 21-23 October.
- MEHREZ K. (2008). Contribution of wastewater treatment to groundwater protection, Experiences in Tunisia, International Symposium, Coupling Sustainable Sanitation and Groundwater Protection, Hannover, 14-17 October.
- MENANI M.R. (2009). A Numerical Method to Index the Risk of Conflict around the Transboundary Water Resources, Validation by a Studied Case, Water Resources, Vol. 36, n°6, 731-742, Pleiades Publishing, Ltd., Springer.
- OSS (2008). Le Système aquifère du Sahara septentrional (Algérie, Tunisie, Libye), Gestion concertée d'un bassin transfrontalier, Collection synthèse, n° 1, Tunis, 56p.
- ROGERS P., HALL A.W. (2003). Effective Water Governance, Global Water Partnership, TEC Background, Paper n°7.