



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université d'El-Oued

Faculté des sciences et technologie

Département des sciences et technologie

Filière d'hydraulique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme licence en Hydraulique

Option: Gestion des ressources en eau

THEME :

SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL

Réalisé par :

-Dou Otba

Mereddef Khaled

Encadré par :

Meguellati Soumia

Promotion: Juin 2014

SOMMAIRE	
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE:	
CONNAISSANCE DU SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL	
I- DEFINITION DU SYSTEME AQUIFERE du SAHARA SEPTENTRIONAL	2
I. 1- Faciès géologiques du Sahara Septentrional	2
I. 1. 1- Les faciès du Continental Intercalaire	3
I. 1. 2- Le Complexe Terminal	6
I. 2- Corrélations litho stratigraphique	8
I. 3 – Le Schéma du multicouche saharien	11
II- CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU SAHARA SEPTENTRIONAL	12
II. 1- Les Précipitations sur le Domaine du SASS	12
II. 2- Ruissellement sur les Bassins Versants du SASS	13
II. 3- Aires de Recharge et Alimentation des Nappes	15
II. 3. 1- L’infiltration directe aux affleurements	15
II. 3. 2- L’Infiltration des Crues d’Oueds	16
III- BASE DE DONNEES ET SYSTEME D’INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES	18
IV- CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DU SASS	22
IV. 1- Tracé de la Carte Piézométrique du CI	22
IV. 2- Carte Piézométrique du CT	23
IV. 3- Répartition spatiale des Transmissivités	25
IV. 4- Les Coefficients d’Emmagasinement	25
V- EVOLUTION DES PRELEVEMENTS et des NIVEAUX du SASS	26
V. 1- Historiques des prélèvements	26
V. 1. 1. Diversité des Méthodologies et des Sources d’information	26
V. 1. 2 Mise en forme des données et Résultats	28
VI- CARACTERISTIQUES HYDROGEOCHIMIQUES DU SASS	28
VI. 1- Qualité chimique des eaux	28
VI. 1. 1- Evolution des salinités du CT	28

MAITRISE DES RISQUES ET GESTION COMMUNE DU SASS	29
I- ENJEUX ET RISQUES LIES A L'EXPLOITATION DU SASS	30
I.1- Les Chotts	31
I.2- Autres sources de contamination par le sel	33
II UN MECANISME DE CONCERTATION PERMANENT	34
II. 1- Les contours possibles d'une concertation	34
II. 2- De l'étude du SASS au projet de Mécanisme	36
II. 3- Ateliers Nationaux et Atelier Régional	38
II. 4- Caractéristiques du Mécanisme de concertation	39
CONCLUSIONS	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	Titre de la figure	Pages
Fig.1-1:	carte géologique du Sahara Septentrional	2
Fig. 1-2. a :	Coupe W-E à travers le SASS, du Bassin Occidental au Graben de Hu	10
Fig. 1-2. b :	Corrélation ouest- EST du Bassin Occidental à Tawergha	11
Fig. 1-3 :	Carte de isohyètes du SASS en mm/an	13
Fig. 1-4:	Bassins-versants sud de l'Atlas Saharien	14
Fig. 1-5. a :	Affleurements perméables utiles du	17
Fig. 1-5. b :	Affleurements perméables utiles du CT	17
Fig. 1-6 :	les éléments de « sagesse »	21
Fig. 1-7. a :	carte piézométrique de référence du CI	24
Fig. 1-7. b :	Sites de Pompages potentiels au CT	25
Fig. 2-1 :	Distribution des salinités, en g/l, des eaux pompées dans le CT et le CI	32
Fig. 2-2 :	Evolution du niveau piézométrique du CT par rapport aux chott	33
Fig. 2-3 :	Extensions des zones à eaux salées du Turonien (salinités en g/l)	35
Fig. 3-4 :	Schéma du Mécanisme de concertation dans sa première phase	40

INTRODUCTION GENERALE

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional, partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est formé de dépôts continentaux renfermant deux grandes nappes souterraines : le Continental Intercalaire [CI] et le Complexe Terminal [CT]. La configuration structurale et le climat de la région font que les réserves de ces deux nappes se renouvellent très peu : ce sont des réserves géologiques dont les exutoires naturels (sources et foggaras) ont permis le développement d'oasis où les modes de vie séculaires sont restés longtemps en parfaite symbiose avec l'écosystème saharien. En termes d'éléments de connaissance du système aquifère, l'explosion d'informations et de spéculations accumulées au cours des trente dernières années, aussi intense et importante que celle réalisée au cours des trente années qui précèdent, et qui avait trouvé sa justification dans la profusion des reconnaissances ayant accompagné la découverte du pétrole saharien.

L'exigence du projet SASS, en termes de recherche et d'analyse de l'information acquise, de mise en forme de cette information, de synthèses géologiques et hydrogéologiques complémentaires, d'imagination et de mise en place d'une modélisation conceptuelle des systèmes aquifères fidèle et moderne, permet de mesurer l'ampleur du challenge que représente ce nouveau projet.

Deux principaux sous-systèmes composent le Système Aquifère du Sahara Septentrional : la nappe du Continental Intercalaire (CI) et la nappe du Complexe Terminal (CT). Sur chacune de ces deux nappes s'exercent des contraintes qui limitent la faculté d'exploiter leur potentiel.

Le problème se complique par l'existence de trois pays partageant la même ressource, mais pas forcément la même vision à priori quant à l'avenir des nappes sahariennes.

Ceci n'est pas moins vrai lorsque plusieurs utilisateurs partagent une nappe très sollicitée : dans la mesure où l'ignorance des

effets libère les comportements et que l'information mutuelle renforce la solidarité,

on peut concevoir le Modèle comme un puissant outil éducatif et un instrument de dialogue et de médiation objectif, autour duquel peut s'organiser la concertation



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université d'El-Oued

Faculté des sciences et technologie

Département des sciences et technologie

Filière d'hydraulique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme licence en Hydraulique

Option: Gestion des ressources en eau

THEME :

SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL

Réalisé par :

-Dou Otba

Mereddef Khaled

Encadré par :

Meguellati Soumia

Promotion: Juin 2014

SOMMAIRE	
INTRODUCTION	1
PREMIERE PARTIE:	
CONNAISSANCE DU SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL	
I- DEFINITION DU SYSTEME AQUIFERE du SAHARA SEPTENTRIONAL	2
I. 1- Faciès géologiques du Sahara Septentrional	2
I. 1. 1- Les faciès du Continental Intercalaire	3
I. 1. 2- Le Complexe Terminal	6
I. 2- Corrélations litho stratigraphique	8
I. 3 – Le Schéma du multicouche saharien	11
II- CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU SAHARA SEPTENTRIONAL	12
II. 1- Les Précipitations sur le Domaine du SASS	12
II. 2- Ruissellement sur les Bassins Versants du SASS	13
II. 3- Aires de Recharge et Alimentation des Nappes	15
II. 3. 1- L'infiltration directe aux affleurements	15
II. 3. 2- L'Infiltration des Crues d'Oueds	16
III- BASE DE DONNEES ET SYSTEME D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES	18
IV- CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DU SASS	22
IV. 1- Tracé de la Carte Piézométrique du CI	22
IV. 2- Carte Piézométrique du CT	23
IV. 3- Répartition spatiale des Transmissivités	25
IV. 4- Les Coefficients d'Emmagasinement	25
V- EVOLUTION DES PRELEVEMENTS et des NIVEAUX du SASS	26
V. 1- Historiques des prélèvements	26
V. 1. 1. Diversité des Méthodologies et des Sources d'information	26
V. 1. 2 Mise en forme des données et Résultats	28
VI- CARACTERISTIQUES HYDROGEOCHIMIQUES DU SASS	28
VI. 1- Qualité chimique des eaux	28
VI. 1. 1- Evolution des salinités du CT	28

MAITRISE DES RISQUES ET GESTION COMMUNE DU SASS	29
I- ENJEUX ET RISQUES LIES A L'EXPLOITATION DU SASS	30
I.1- Les Chotts	31
I.2- Autres sources de contamination par le sel	33
II UN MECANISME DE CONCERTATION PERMANENT	34
II. 1- Les contours possibles d'une concertation	34
II. 2- De l'étude du SASS au projet de Mécanisme	36
II. 3- Ateliers Nationaux et Atelier Régional	38
II. 4- Caractéristiques du Mécanisme de concertation	39
CONCLUSIONS	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	

LISTE DES FIGURES

N° de la figure	Titre de la figure	Pages
Fig.1-1:	carte géologique du Sahara Septentrional	2
Fig. 1-2. a :	Coupe W-E à travers le SASS, du Bassin Occidental au Graben de Hu	10
Fig. 1-2. b :	Corrélation ouest- EST du Bassin Occidental à Tawergha	11
Fig. 1-3 :	Carte de isohyètes du SASS en mm/an	13
Fig. 1-4:	Bassins-versants sud de l'Atlas Saharien	14
Fig. 1-5. a :	Affleurements perméables utiles du	17
Fig. 1-5. b :	Affleurements perméables utiles du CT	17
Fig. 1-6 :	les éléments de « sagesse »	21
Fig. 1-7. a :	carte piézométrique de référence du CI	24
Fig. 1-7. b :	Sites de Pompages potentiels au CT	25
Fig. 2-1 :	Distribution des salinités, en g/l, des eaux pompées dans le CT et le CI	32
Fig. 2-2 :	Evolution du niveau piézométrique du CT par rapport aux chott	33
Fig. 2-3 :	Extensions des zones à eaux salées du Turonien (salinités en g/l)	35
Fig. 3-4 :	Schéma du Mécanisme de concertation dans sa première phase	40

INTRODUCTION GENERALE

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional, partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est formé de dépôts continentaux renfermant deux grandes nappes souterraines : le Continental Intercalaire [CI] et le Complexe Terminal [CT]. La configuration structurale et le climat de la région font que les réserves de ces deux nappes se renouvellent très peu : ce sont des réserves géologiques dont les exutoires naturels (sources et foggaras) ont permis le développement d'oasis où les modes de vie séculaires sont restés longtemps en parfaite symbiose avec l'écosystème saharien. En termes d'éléments de connaissance du système aquifère, l'explosion d'informations et de spéculations accumulées au cours des trente dernières années, aussi intense et importante que celle réalisée au cours des trente années qui précédèrent, et qui avait trouvé sa justification dans la profusion des reconnaissances ayant accompagné la découverte du pétrole saharien.

L'exigence du projet SASS, en termes de recherche et d'analyse de l'information acquise, de mise en forme de cette information, de synthèses géologiques et hydrogéologiques complémentaires, d'imagination et de mise en place d'une modélisation conceptuelle des systèmes aquifères fidèle et moderne, permet de mesurer l'ampleur du challenge que représente ce nouveau projet.

Deux principaux sous-systèmes composent le Système Aquifère du Sahara Septentrional : la nappe du Continental Intercalaire (CI) et la nappe du Complexe Terminal (CT). Sur chacune de ces deux nappes s'exercent des contraintes qui limitent la faculté d'exploiter leur potentiel.

Le problème se complique par l'existence de trois pays partageant la même ressource, mais pas forcément la même vision à priori quant à l'avenir des nappes sahariennes.

Ceci n'est pas moins vrai lorsque plusieurs utilisateurs partagent une nappe très sollicitée : dans la mesure où l'ignorance des

effets libère les comportements et que l'information mutuelle renforce la solidarité,

on peut concevoir le Modèle comme un puissant outil éducatif et un instrument de dialogue et de médiation objectif, autour duquel peut s'organiser la concertation

INTRODUCTION :

La connaissance du Système Aquifère du Sahara Septentrional, est basée sur une synthèse des connaissances géologiques et hydrogéologiques, ce qui présente la base de données du système d'informations de SASS.

I-DEFINITION DU SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes: la formation du Continental Intercalaire (CI), et celle du Complexe Terminal (CT). Ce Système recouvre une étendue de plus de un Million de km².¹

I. 1- Faciès géologiques du Sahara Septentrional :

Le terme Continental intercalaire désigne l'épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins : à la base, le cycle Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne, au sommet, le cycle du Crétacé supérieur.

Le Complexe Terminal est un ensemble peu homogène comprenant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, notamment du Miocène. La carte géologique de la plate-forme nord saharienne (Fig. 1-1) indique d'importants affleurements du Crétacé supérieur, qui débute avec la transgression cénomaniennne.

Resuime de carte géologique du sahara septentrional

Le terme Continental intercalaire désigne l'épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins : à la base, le cycle Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne, au sommet, le cycle du Crétacé supérieur. Le Complexe Terminal est un ensemble peu homogène comprenant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire, notamment du Miocène. La carte géologique de la plate-forme nord saharienne (fig.1-1) indique d'importants affleurements du Crétacé supérieur, qui débute avec la transgression cénomaniennne.

¹ Cour hydraulique

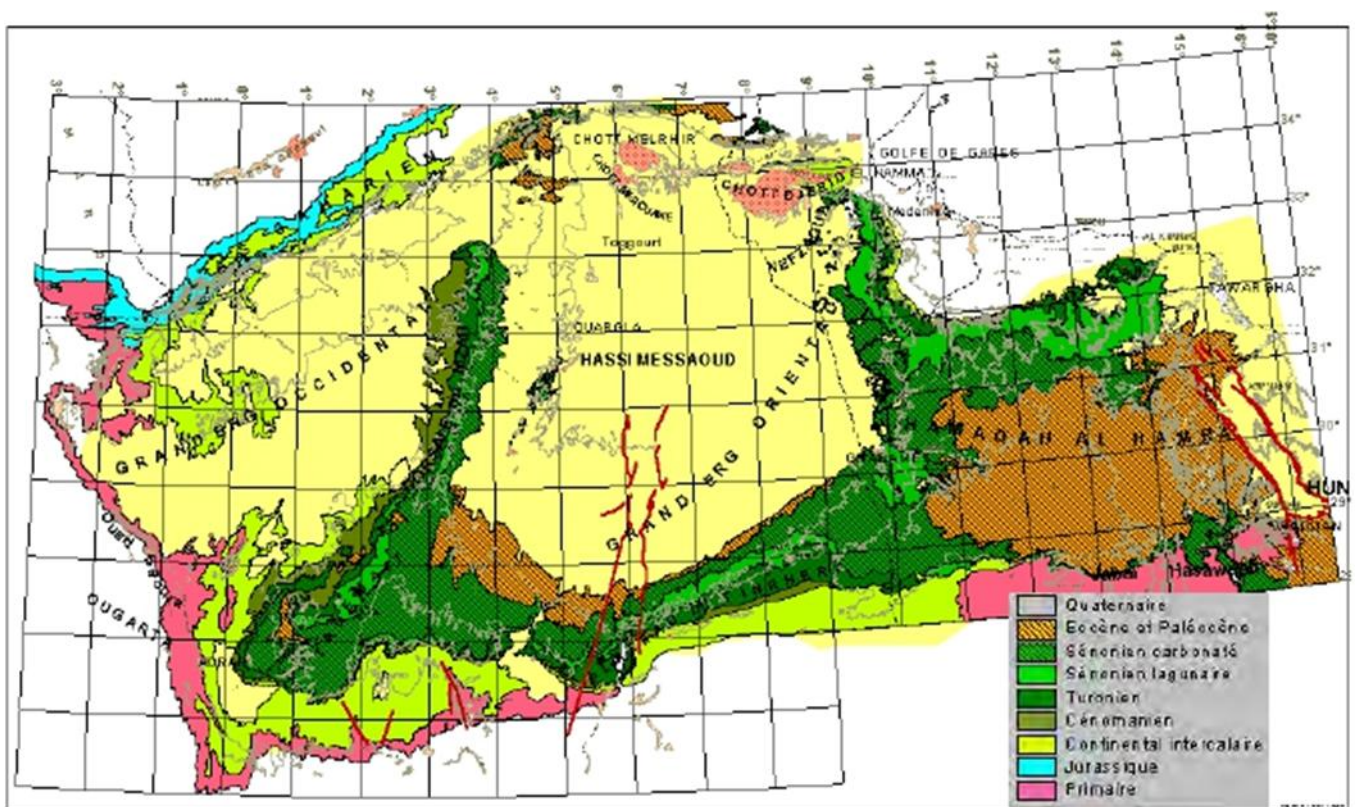


Fig. 1-1 : carte géologique du Sahara Septentrional

I.1. 1- Les faciès du Continental Intercalaire

Directement surmontées par les argiles du Cénomaniens, les formations du Continental Intercalaire [CI] s'étendent jusqu'en bordure de la plate-forme, en une auréole continue d'El Goléa jusqu'à la limite sud de la Hamada El Hamra. Au Nord-Ouest du bassin, le CI affleure tout au long de l'Atlas Saharien et au N-E sur le Dahar et le Djebel Neffusa. Plus au Sud, le CI repose directement sur les formations marines du Paléozoïque, lequel forme en affleurement une ceinture continue allant de la frontière marocaine, à la limite N-W du bassin, jusqu'à la ville de Hun à l'extrême S-E de la région.

L'observation des affleurements permet donc de définir le Continental Intercalaire comme l'ensemble continental compris entre les plissements hercyniens, qui ont chassé la mer de la plate-forme saharienne, et l'invasion marine du Crétacé supérieur. Cet ensemble comprend majoritairement les formations continentales grés-argileuses du Crétacé inférieur, auxquelles l'étude des coupes de forages a permis d'associer des sédiments marins ou lagunaires, post-paléozoïques et anté-cénomaniens intercalés au sein du CI.

Cette définition du Continental Intercalaire, qui constitue la formation aquifère la plus étendue de la région, détermine les limites attribuées à la zone d'étude du Système Aquifère

du Sahara Septentrional. Ces limites, fondées à la fois sur l'étude des affleurements géologiques et sur l'étude des sondages, sont :

- ✓ **Au Nord-Ouest** le versant Sud de l'Atlas Saharien, marqué en affleurement par le Contact Albien-Cénomaniens.
- ✓ **A l'Ouest Sud-Ouest**, la limite des affleurements paléozoïques de l'Ougarta, marquée par le cours de la Zousfana et de la Saoura.
- ✓ **Au Sud**, la limite d'affleurement du CI sur le paléozoïque, allant en continuité d'Adrarà Hun, décrivant les limites septentrionales des Tassilis et du Djebel Hassaouana.
- ✓ **Au Nord**, l'accident sud Atlasique au Nord des Chotts, relayé vers le golfe de Gabès par la faille d'El Hamma - Médenine.
- ✓ **Au Nord Est** les affleurements du Continental Intercalaire sur le Dahar et le Djebel Nefussa.
- ✓ **A l'Est**, les formations aquifères du Crétacé inférieur se prolongent bien au delà du graben de Hun. Mais à l'Est du Méridien 16° et en passant au bassin de Syrte, les eaux du CI deviennent saumâtres : c'est ce passage qui a été adopté comme limite de la zone d'étude de la nappe d'eau douce du CI.

Afin de pouvoir établir les coupes lithostratigraphiques formant le premier édifice architectural de toute modélisation hydrogéologique, il est nécessaire d'établir les échelles d'équivalences des faciès de cet ensemble à travers le bassin. Pour ce faire, une première série de simplifications permet de proposer, pour chacun des trois pays, une coupe-type des formations au sein du CI.

• En Algérie

Cette coupe décrit plus particulièrement les faciès du Bas Sahara (région de Hassi Messaoud, Ouargla et Toggourt), susceptibles d'être corrélés à la Tunisie et la Libye. Au dessus de la discordance hercynienne, on peut distinguer de bas en haut :

- ✓ **Le Trias** : Trias inférieur argilo-gréseux contenant de l'eau salée saturée ; Trias supérieur évaporitique formé de sel massif pouvant dépasser 1000m d'épaisseur, formant un toit étanche et isolant des nappes d'eau douce du CI.
- ✓ **Le Dogger** : le faciès carbonaté est prédominant.
- ✓ **Le Malm** : régime marin, dépôts calcaires et lagunaires alternants.
- ✓ **Le Néocomien** : argileux au Nord, gréseux au Sud-Est et envahi d'eau salée.

✓ **Le Barrémien** : argilo-gréseux au Nord, franchement gréseux au Sud, contient de l'eau douce. Le Barrémien gréseux marque le premier niveau aquifère « utile » d'importance de la grande nappe du Continental Intercalaire.

• **En Tunisie**

D'une manière très simplifiée, On distingue de bas en haut :

- ✓ **Le Trias** : Trias inférieur gréseux contenant de l'eau salée, passant à de l'eau douce au SE mais à grande profondeur ; Trias supérieur salifère, isolant des nappes d'eau douce du CI s.s.
- ✓ **Le Lias** : c'est le salifère supérieur, gypse, anhydrite, dolomies.
- ✓ **Le Jurassique inférieur** : Bathonien et Callovo-Oxfordien ; le faciès carbonaté est prédominant au Nord, gréseux au Sud ; renferme de l'eau salée (« nappe du Jurassique »).
- ✓ **Le Jurassique supérieur** : Kimméridgien, faciès argileux.
- ✓ **Le Néocomien-Barrémien** : c'est la série des sables purbecko wealdiens, grès et sables argileux de « Merbah el Asfer » au Sud, principale formation continentale à eau douce du CI. [ép.#300m], passant au Nord aux formations Kbar el Haj, Grès à bois et Bou Dinar.
- ✓ **L'Aptien** : barre dolomitique.
- ✓ **L'Albien** : sédimentation marine avec argiles et carbonates au NE. Vers le Sud (faciès Ain Gurttar) et le NW (faciès Sidi Aich), développement des faès détritiques continentaux et passage au faciès Albien du Bas Sahara algérien.
- ✓ **Le Cénomani** : invasion marine généralisée ; calcaires et dolomies, marnes et calcaires marneux.

• **En Libye**

- ✓ **Le Paléozoïque** : Grès et Quartzites du Cambro-Ordovicien ; renferme d'importantes réserves d'eau douce affleurant au Dj. Hassaouna, en relation directe avec les Formations aquifères du Crétacé inférieur. Plus au Nord, recouvert en profondeur par les formations étanches du Carbonifère.
- ✓ **Le Trias** : renferme de bas en haut :
 - les grès, et sables argileux de Ouled Chebbi et Ras Hamia,
- les calcaires, dolomies, gypse et argiles de Azizia et Bou Chiba. Au Sud et au Sud Ouest,

- le Trias passe à un faciès franchement gréseux à eau douce(Zarzaitine)
- ✓ **Le Lias** : puissante série évaporitique, gypse, anhydrite (Bir el Ghenem, les Abrhs), isolant le Trias du Crétacé inférieur. Cette série se poursuit dans le Bathonien (Giosc et Tokbal).
- ✓ **Le Malm** : Callovo-Oxfordien et Kimméridgien (Chameau Mort et Shakchouk); Grès, sables, argiles, calcaires et dolomies. Les sédiments continentaux prédominent : cette série est confondue avec le Crétacé inférieur pour former l'aquifère du CI *s.l.*.
- ✓ **Le Crétacé inférieur** : Nèocomien, Barrémien, Aptien et Albien ; Grès contin ntaux ; faciès constant sur l'ensemble du bassin libyen (formation Kiklah) renfermant de l'eau douce ; constitue le CI. *s.s.* ; la formation Kiklah passe vers le NE(Tawurgha) à un faciès dolomitique. A l'Est du méridien 16° l'aquifère Kiklah renferme de l'eau salée.
- ✓ **Le Céno manien** : retour de la sédimentation marine ; argiles, gypse, calc aires, dolomies, marnes, sel ; (formations Ain Tobi et Yefren) ; constitue le toit du CI.²

I. 1. 2- Le Complexe Terminal :

Classiquement, et selon la définition de K.Killian, le terme «Continental terminal» désignait Les formations continentales, sableuses et argileuses, du MioPliocène. Mais d'après Bel et Demargne (1966), « la nappe du Continental Terminal contenue dans les sables du MioPliocène est plus ou moins en relation avec les nappes de l'Eocène, du Sénonien et Du Turonien, de sorte qu'à l'échelle de l'ensemble du Sahara, on peut considérer que ces différents niveaux forment une seule et même nappe, la nappe du Continental Terminal, par opposition au Continental Intercalaire ».³

En procédant pays par pays ainsi qu'il a été réalisé pour le CI, une coupe-type simplifiée du Complexe Terminal [CT] est proposé ci-après :

⇒ **En Algérie :**

² BESBES M., ZAMMOURI M. ; 1988 : Extension en Libye du modèle du CI algéro-tunisien ; int. Conf. Comput. méthode and water ressources, Rabat.

³ BRL ingénierie ; 1999 : Etude du Plan directeur général de développement des régions sahariennes – Modélisation du Complexe Terminal.

La description du CT se limite ici au Bassin Central, limité à l'Ouest par la Dorsale du Mzab.

- ✓ Le Turonien : formation calcaire et dolomitique, aquifère et étendue sur tout le bassin sauf à l'extrême Nord où il devient marneux et peu perméable. La nappe turonienne, de bonne qualité chimique sur tout le pourtour du bassin, accuse de très fortes salinités dans le secteur de Hassi Messaoud.
- ✓ Le Sénonien inférieur ou Sénonien lagunaire : peu perméable, constitue sans doute l'écran le plus étendu et le plus efficace entre le CI et le CT.
- ✓ Le Sénonien supérieur ou Sénonien carbonaté : formation carbonatée perméable.
- ✓ L'Eocène inférieur ou Eocène carbonaté : formation carbonatée perméable, formant un seul et même ensemble lithostratigraphique avec le Sénonien carbonaté. L'Eocène moyen ou Eocène évaporitique : argiles gypseuses dont l'existence est limitée à la partie Nord du bassin central (région des Chotts).
- ✓ Le MioPliocène : sédimentation fluvio-continentale présentant une forte hétérogénéité et une structure lenticulaire, dans laquelle Bel et Demargne distinguent quatre niveaux, soit de bas en haut :
 - **Niveau 1** : argileux, peu épais, présent seulement au centre du bassin central.
 - **Niveau 2** : grés-sableux, c'est le niveau le plus épais (400m au Sud de Gassi Touil) et le plus constant. Il s'étend sur tout le bassin central et le bassin occidental. C'est le principal niveau aquifère du Mio-Pliocène.
 - **Niveau 3** : argiles sableuses quasi-imperméables, épaisses et constantes dans la région des Chotts.
 - **Niveau 4** : sableux, très épais dans la zone des Chotts. Affleure sur de grandes surfaces.

⇒ **En Tunisie :**

- ✓ **Le Turonien** : barre dolomitique perméable de 80 à 100m d'épaisseur ; présente intérêt aquifère dans la Nefzaoua mais susceptible de renfermer de l'eau salée dans l'extrême sud.
- ✓ **Le Sénonien inférieur ou Sénonien lagunaire** : forme un écran peu perméable
- ✓ **Le Sénonien supérieur ou Sénonien carbonaté** : formation aquifère, particulièrement perméable dans la Nefzaoua et le Djerid.
- ✓ **Le Paléocène** : série argilo marneuse, formation El Haria.
- ✓ **L'Eocène inférieur** : série de calcaires peu épais (formation Metlaoui :20m) non reconnus comme aquifères.

- ✓ **L'Eocène moyen** : c'est l'Eocène évaporitique.
- ✓ **Le Mio-Pliocène** : présente deux faciès principaux :
 - Le Pontien ou formation Beglia : sables épais avec passées argileuses.
 - La formation Segui : argiles sableuses de couverture.

⇒ **En Libye :**

- ✓ **Le Cénomanien inférieur (formation Ain Tobî) :**
calcaires dolomitiques au Nord, faciès détritique assimilé à Kiklah au Sud.
- ✓ **Le Cénomanien moyen (formation Yafrin) :**
série marneuse (ép.#150m) formant écran entre Kiklah et les aquifères du Crétacé sup. Dans le graben et à l'Est l'épaisseur des marnes se réduit considérablement.
- ✓ **Le Turonien [& Cénomanien sup] (formation Nalut) :** calcaires dolomitiques, bon aquifère sur la moitié Nord du Bassin, plus marneux au Sud
Le Sénonien inférieur (formation Tigrinna) : argiles, marnes et gypse. C'est le Sénonien lagunaire.
- ✓ **Le Sénonien moyen (Mizdah) :**
série calcaire formant un bon aquifère dans le bassin oriental.
- ✓ **Le Sénonien supérieur (Maestrichtien) et le Paléocène (formation Zmam) :** marnes et calcaires marneux, très développés sur le plateau de la Hamada el Hamra et le bassin de Syrte.
- ✓ **L'Eocène :** série calcaire développée uniquement dans le graben et à l'Est. Aquifère plutôt médiocre
- ✓ **L'Oligocène :** calcaire ; n'existe que dans le Sud du graben à Hun et Waddan.
- ✓ **Le Mio-Plio-Quaternaire :** développé le long de la côte Nord ; série transgressive sur le Crétacé sup. ; de bas en haut on rencontre :
 - les calcaires fissurés de l'Aquitaniens aquifère ;
 - les marnes du Miocène moyen ;
 - les calcaires, marnes et gypse du Miocène supérieur et du Plio-Quaternaire ⁴

I. 2- Corrélations lithostratigraphiques :

Pour entreprendre la mise en relation de la succession de formations géologiques identifiées

⁴ BISHOP WF. ; 1975 : Geology of Tunisia & adjacent parts of Algeria and Libya ; Bull Amer Assoc Petrol Geol, 59, 413-450.

Respectivement en Algérie, en Tunisie et en Libye, un grand nombre de coupes et de Corrélations lithostratigraphiques ont dû être établies à travers l'ensemble de la région. Ces corrélations sont alimentées par une base de données géologiques forte de 175 forages pétroliers et forages d'eau profonds.

Le modèle conceptuel du SASS constitue l'aboutissement d'une succession des implications ayant comme origine le découpage stratigraphique reconnu aux affleurements géologiques et recoupé en profondeur sur les logs de forages. Le résultat de ces investigations peut être succinctement résumé par la coupe géologique (fig.1-4.a.) Sur cette coupe, W-E à travers l'ensemble du Sahara Septentrional, on décèle clairement la structure générale du SASS en trois bassins :

- ✓ le bassin occidental, comprenant le secteur des foggaras au Sud, le Grand Erg Occidental et l'Atlas Saharien au Nord,
- ✓ le bassin central, le plus étendu en superficie et en profondeur, celui qui présente les plus grandes épaisseurs d'aquifères et dont les ressources sont partagées par les trois pays. Limité à l'Ouest par la dorsale du M'zab et à l'Est par le plateau de la Hamadah el Hamra, sa morphologie est dominée par le Grand Erg Oriental et par les Chotts.
- ✓ le bassin oriental caractérisé par l'effondrement du graben de Hun et l'accumulation des sédimentations tertiaires.

Cette coupe rend par ailleurs compte d'une continuité exceptionnelle au sein des séries sédimentaires de la plate-forme saharienne, et indique clairement la continuité et l'homogénéité des grandes formations aquifères ainsi que des séries semi-perméables. Grâce à l'échelle stratigraphique, qui assure la concordance des temps et les correspondances dans l'espace et grâce à l'ensemble des coupes lithostratigraphiques effectuées, il est à présent possible de conjuguer ensemble Algérie, Tunisie et Libye.

L'objectif étant d'aboutir à la construction d'un ensemble cohérent au plan hydrogéologique, il était nécessaire au préalable, de :

- ✓ pouvoir, d'abord dans la terminologie adoptée dans chacun des pays, rattacher les formations lithostratigraphiques reconnues à l'échelle stratigraphique universelle,
- ✓ traduire ces formations en termes purement lithologiques pour apprécier leurs degrés de perméabilité,
- ✓ traduire enfin les formations lithologiques obtenues en termes de formations aquifères ou d'aquitards et aquicludes

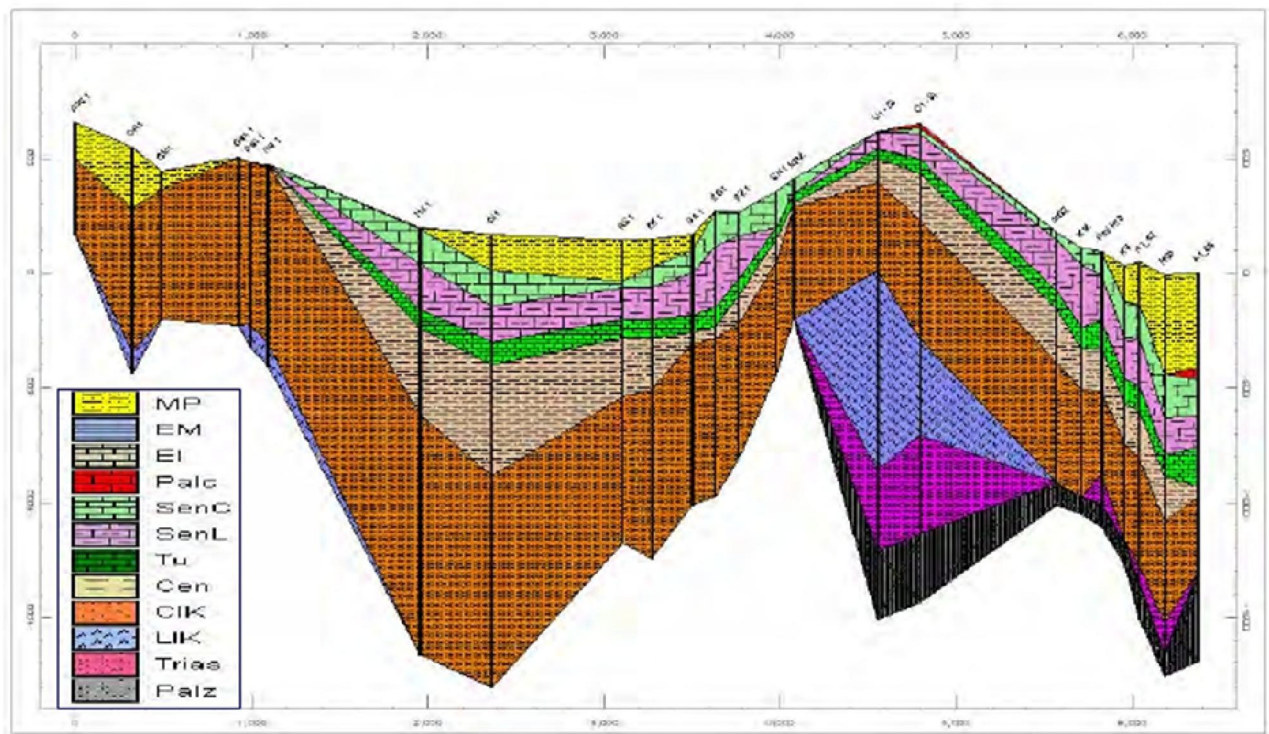


Fig. 1-2. a : Coupe W-E à travers le SASS, du Bassin Occidental au Graben de Hu

La base de données géologiques développée permet le dessin automatique et instantané des corrélations lithostratigraphiques, utilisant pour ce faire le code « Rockworks ». Un dessin semi automatique, utilisant les mêmes données, autorise toutefois une restitution plus fidèle, notamment des structures faillées comme le montre la fig.1-2.b

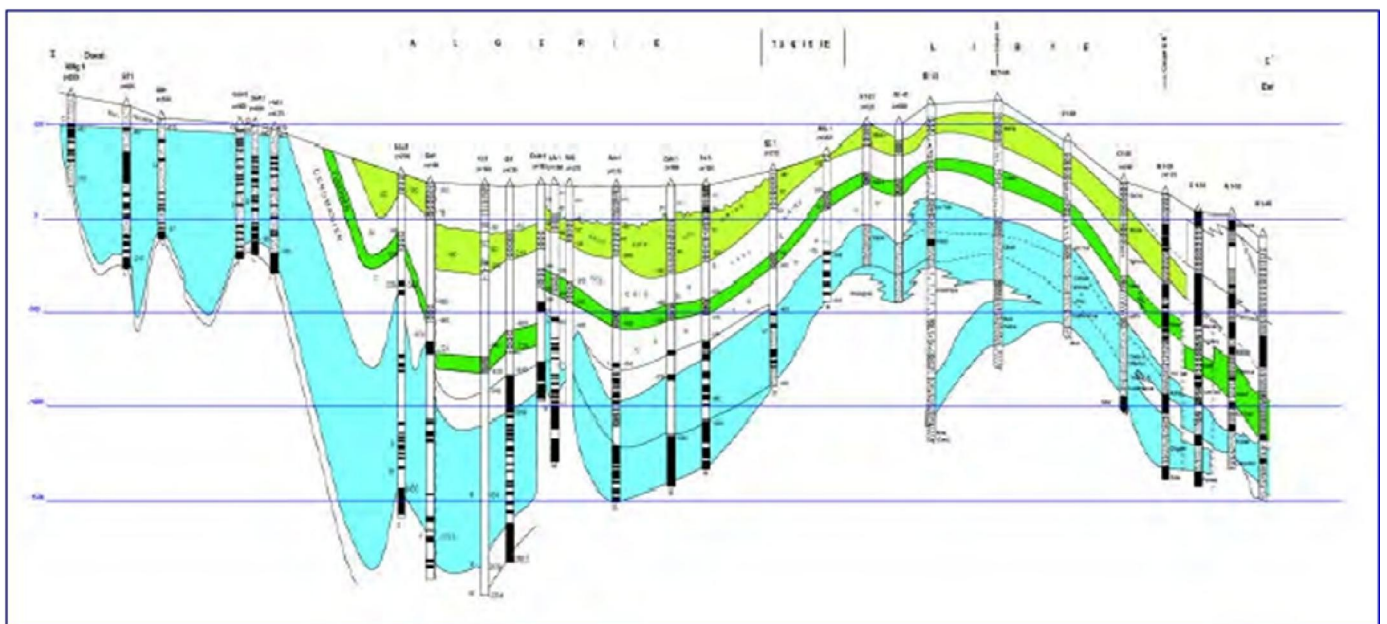


Fig. 1-2. b : Corrélation ouest- EST du Bassin Occidental à Tawargha UNESCO 1972, et Base de Données SASS

I.3- Le Schéma du multicouche saharien :

Le stade ultime de la simplification géologique du Sahara septentrional, à travers l'établissement des coupes-types séparément pour chacun des pays, puis l'établissement des corrélations lithostratigraphiques régionales, trouve sa matérialisation dans la confection du schéma. Précisément, la dernière étape de lecture des coupes-types par pays a consisté à traduire la succession des équivalents lithostratigraphiques en termes d'« aquifères ».

d'«**aquitards**». Mis en vis à vis et rattachés à l'échelle stratigraphique, ces séries fournissent, où sont représentées **en bleu les formations aquifères à eau douce** les plus significatives, en rose les aquifères à eau salée. Le reste des formations [formations semi-perméables, imperméables, aquifères de qualité médiocre] demeurant incolore.⁵ Si l'on exclut les aquifères à eau salée du Trias, du Jurassique et du Néocomien en Algérie, Trias gréseux Libyen (renfermant de l'eau douce, mais relativement bien isolée du reste des systèmes aquifères), on se trouve, sur la base de critères purement litho stratigraphiques, en présence de **quatre grands niveaux aquifères superposés**, certes d'inégale importance, et dont on perçoit clairement l'organisation verticale et les connexions régionales. On distingue de bas en haut :

- **La nappe du Continental Intercalaire en Algérie-Tunisie**, passant en Libye à la formation Kiklah-Aquifer qui inclut Jurassique et Crétacé inférieur.
- **La nappe du Turonien en Algérie-Tunisie**, passant en Libye à la formation Nalut-Aquifer.
- **La nappe des calcaires en Algérie** [Sénonien carbonaté+Eocène carbonaté], passant en Tunisie à la nappe des calcaires [inférieurs et supérieurs] de Nefzaoua, équivalent en Libye du Mizdah-Aquifer.
- **La nappe des sables du Mio-Pliocène en Algérie**, passant en Tunisie à la nappe des sables pontiens du Djerid, ayant pour équivalent en Libye les deux nappes respectivement de l'Aquitaniens et du Plio-Quaternaire.

Un degré de simplification supplémentaire permet de parvenir à l'élaboration du schéma de la fig.1-2, où les aquifères sont figurés en turquoise et les couches semi perméables en brun.

Si l'on exclut les nappes du paléozoïque et le Trias gréseux de Libye, et si l'on regroupe,

⁵ LEVASSOR A. ; 1978 : Simulation et gestion des systèmes aquifères. Application aux nappes du CT du Sahara algérien., thèse doct. Paris VI.

comme cela se fait classiquement, la nappe des calcaires du Crétacé supérieur, celle de l'Eocène carbonaté et la nappe des sables du Mio-Pliocène (resp. Mizdah et Plio-Quaternaire), le multicouche du SASS va se présenter sous la forme de trois niveaux aquifères superposés, séparés par (ou communiquant à travers) des formations semi perméables ; soit :

- la nappe du Continental Intercalaire – Kiklah,
- la nappe du Turonien – Nalut,
- la nappe du Complexe Terminal – Mizdah.⁶

II- CARACTERISATIQUES HYDROLOGIQUES DU SAHARA SEPTENTRIONAL :

II. 1- Les Précipitations sur le Domaine du SASS :

Par interpolation de la carte pluviométrique en courbes isohyètes établie par DUBIEF(1953) on peut disposer d'une grille représentant la lame d'eau moyenne (moyenne des 25 années 1926-1950) en tout point du domaine du SASS (Fig.1-3).

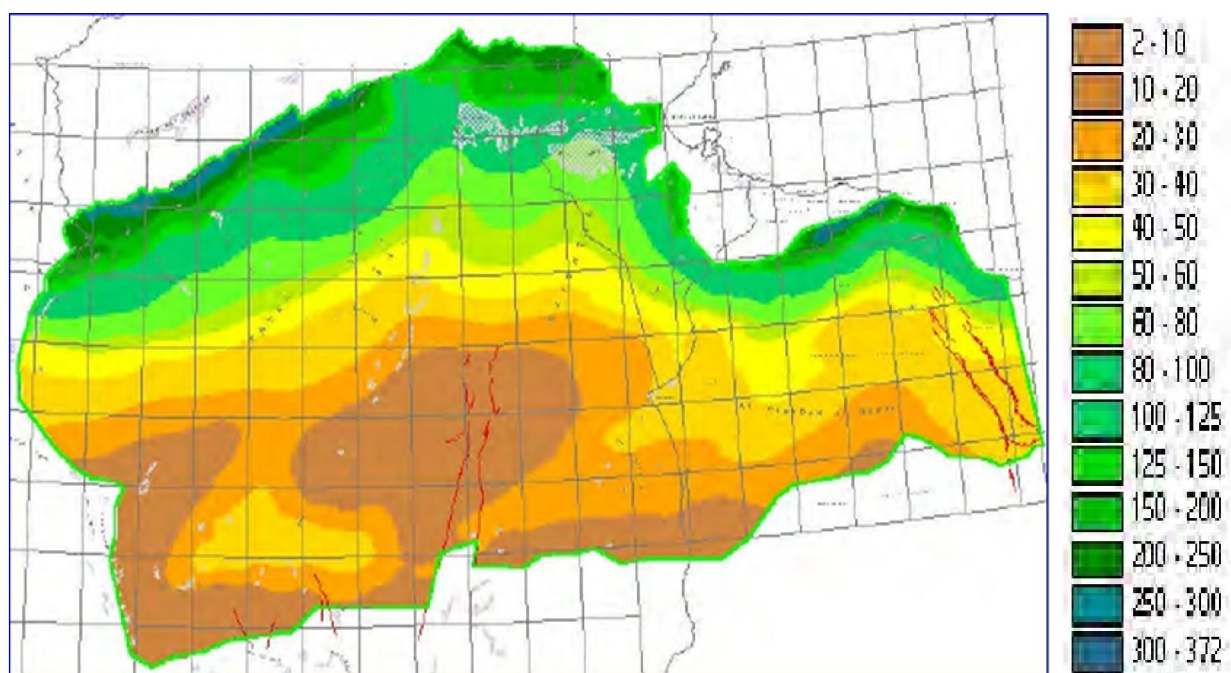


Fig. 1-3 : Carte de isohyètes du SASS en mm/an

Cette carte permet d'estimer la lame d'eau moyenne pondérée sur l'ensemble du bassin du SASS, laquelle s'établit à $P = 57 \text{ mm / an}$. Pour une surface totale de $1.095.000 \text{ Km}^2$, le volume des Ressources Pluviales « moyennes » du SASS s'établit à 62 Milliards de m^3/an .

⁶ UNESCO ; 1972 : Etude des Ressources en Eau du Sahara Sptentrional. Nappe du Continental Intercalaire. Proj. ERESS.

II. 2- Ruissellement sur les Bassins Versants du SASS :

Depuis les travaux de DUBIEF (1953). Il existe peu d'observations du ruissellement dans la Région et l'hydrologie saharienne d'une manière générale paraît avoir suscité bien peu d'intérêt. La contribution de M. FERSI (1979) à cet égard précieuse. Mettant à profit l'observation du ruissellement sur plusieurs bassins de Tunisie centrale et méridionale, Fersi a établi une formule empirique valable en climat aride, qui relie la lame ruisselée à la pluviométrie (moyenne annuelle) et aux caractéristiques physiographiques résumées par la pente moyenne. Ajustée sur les points expérimentaux, l'équation de Fersi s'écrit :

$$L_r = 0.017 \times P \cdot \sqrt{IG}$$

où L_r : lame ruisselée moyenne en mm / an ;

P : pluie moyenne en mm / an ;

IG : pente moyenne du bassin en m/Km ;

Cette formule a permis à Fersi (1979) de proposer des estimations du ruissellement moyen sur l'ensemble des bassins-versants du Sud Tunisien. Nous l'avons utilisée pour tenter d'évaluer le ruissellement sur l'ensemble des Bassins-Versants drainés par le SASS. Parmi ces bassins, les plus actifs sont sans conteste ceux de l'Atlas Saharien, dont on dénombre huit principaux. Parmi ces derniers, deux sont contrôlés par l'ANRH (fig.1-3) : les Oueds Namous et Seggeur. Les mesures effectuées ont permis de vérifier la validité de la formule

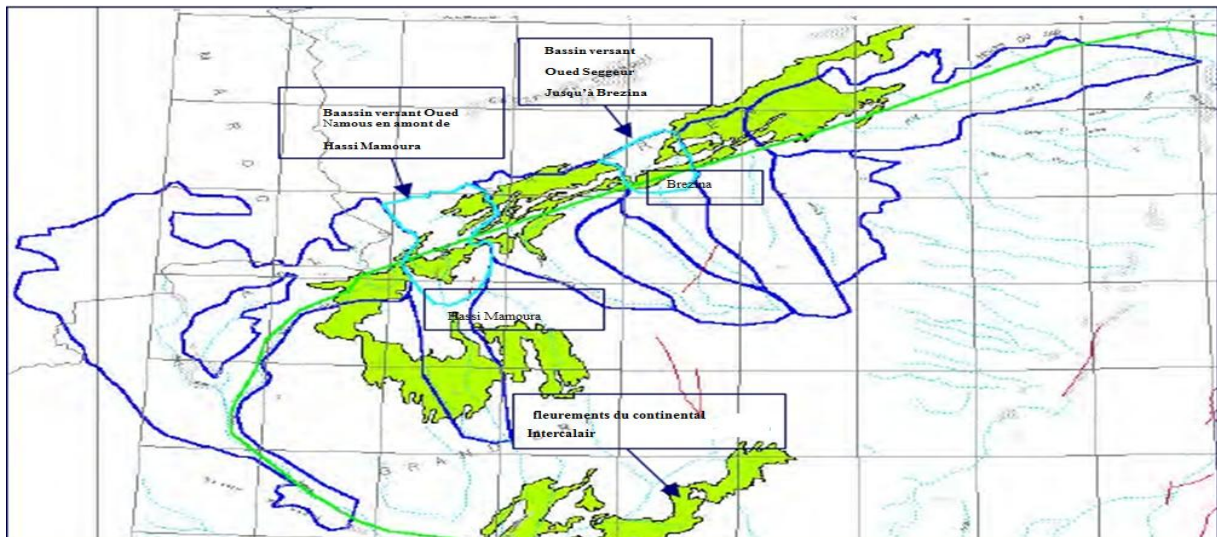


Fig. 1-3 : Bassins-versants sud de l'Atlas Saharien

de Fersi dans les conditions de l'Atlas saharien

Valable pour deux grands oueds de l'Atlas saharien, la formule de FERSI peut donc être

appliquée aux autres bassins versants du Système Aquifère du Sahara Septentrional. En première analyse, on peut en dénombrer une trentaine, à partir desquels on peut estimer que l'ensemble du ruissellement interannuel moyen sur le (SASS) serait de l'ordre de 1 Milliard m³/an, dont la moitié provient des bassins de l'Atlas Saharien .

II. 3 – Aires de Recharge et Alimentation des Nappes

Il existe peu d'indications précises et de travaux portant sur la quantification de la recharge des nappes sahariennes et cette question est toujours demeurée sans réponse véritable. Le développement des modèles, qui peuvent calculer la recharge par calage des transmissivités, accredité une telle situation. Si bien que , projet après projet, étude après étude, la connaissance de l'alimentation du CI et du CT n'a jamais pas bénéficier d'investigations spécifiques.

Les commentaires du projet ERESS sur cette question sont édifiants : « La recharge de la nappe du CI s'effectue par infiltration:

- a) des ruissellements à la périphérie du domaine ...notamment l'Atlas Saharien, le Dahar le Tademait, le Tinhert ;
- b) des pluies d'années exceptionnelles sur le Grand Erg Occidental. ...

Bien que les zones d'alimentation soient connues... il était impensable d'envisager une campagne de mesures qui aboutisse à une évaluation sérieuse Il a été plus sage de représenter ces zones par un potentiel imposé et de faire calculer par le modèle le débit d'entrée ... » « Il est très probable qu'une alimentation directe se produise sur les zones d'affleurement du CT et le Grand Erg Oriental à la faveur de pluies exceptionnelles... Etant donné l'impossibilité pratique d'évaluer l'importance de ce phénomène ...il a été supposé que toute l'alimentation provenait des limites du domaine... limites à potentiel imposé ... »

Il est vrai que trente années après l'ERESS, on en est toujours au même point sur cette question, et que le modèle du SASS est amené à représenter l'alimentation de la même manière que les modèles précédents. Cependant, il a été envisagé, en tout état de cause, de tenter d'approcher les ordres de grandeur du phénomène, de sorte que, avant (ou après) la construction du modèle, on puisse encadrer les données à introduire, ou critiquer les résultats obtenus. Pour ce faire, les trois éléments suivants sont disponibles :

- les précipitations moyennes en tout point,
- la cartographie des affleurements perméables,

- une première évaluation des quantités ruisselées sur les bassins-versants.⁷

II. 3. 1- L'infiltration directe aux affleurements :

Les cartes Fig.1-5.a et 1-5.b représentent l'extension de l'ensemble des affleurements « utiles » des formations perméables du SASS, ceux situés sur des régions où la nappe est libre et qui contribuent à l'alimentation des nappes, respectivement du CI et du CT par infiltration directe des précipitations.

La conjugaison de ces cartes avec celle des précipitations moyennes fournit les résultats suivants :

- Les affleurements perméables utiles recouvrent près de **60%** de la surface totale du domaine du SASS.
- La « ressource pluviale » de ces affleurements représente **30 Milliards de m³/an** en moyenne interannuelle.
- Lorsque l'on fait varier entre **1% et 10%** le coefficient d'Infiltration des précipitations, **les volumes infiltrés globalement dans le SASS varient entre 0,3 et 3 Milliards m³/an.**
- Enfin l'ensemble des estimations de recharge du SASS publiées à ce jour tournent autour de **1 Milliard m³/an [répartis à 2/3 pour le CT et 1/3 pour le CI]**, ce qui représente, dans la logique des calculs précédents un coefficient d'infiltration Directe des précipitations de l'ordre de **2%** si l'on tient compte des apports par infiltration des crues d'oueds.

II. 3. 2- L'Infiltration des Crues d'Oueds :

Le ruissellement interannuel moyen sur l'ensemble des Bassins-versants du SASS a été estimé à 1 Milliard de m³/an. Sur l'infiltration des crues dans les lits d'oueds en zones arides, il existe peu de travaux et de modèles validés sur des résultats d'expérimentations en vraie grandeur.

En s'inspirant de travaux sur l'infiltration des crues des Oueds Zeroud et Merguellil et par analogie, l'ensemble des infiltrations de crues sur le domaine du SASS pourrait se situer autour de 300 Millions de m³/an. Il serait fort imprudent de vouloir aller au delà de la recherche de tels ordres de grandeur en l'état actuel des connaissances

⁷ NAZOU MOU Y. ; 2002 : Impact des barrages sur l'alimentation des nappes souterraines de Kairouan, th. doc. ENIT, Tunis

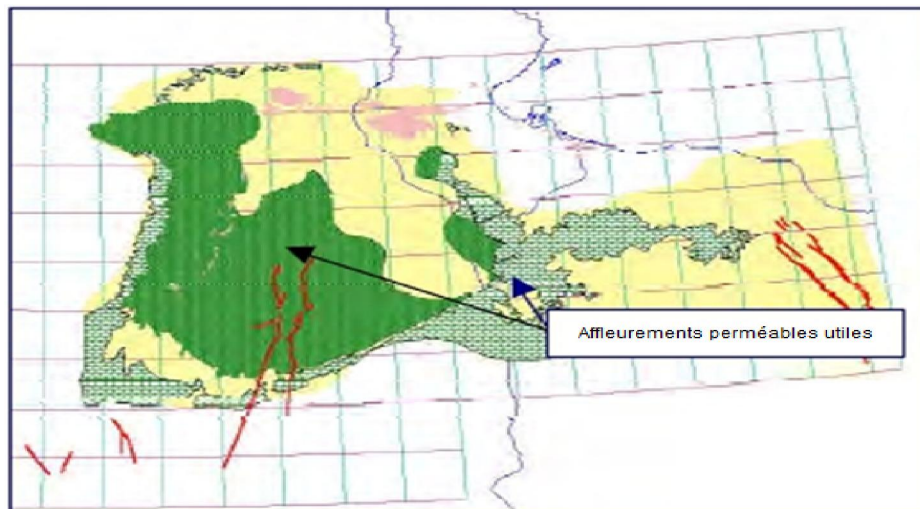


Fig. 1-5. a : Affleurements perméables utiles du CI

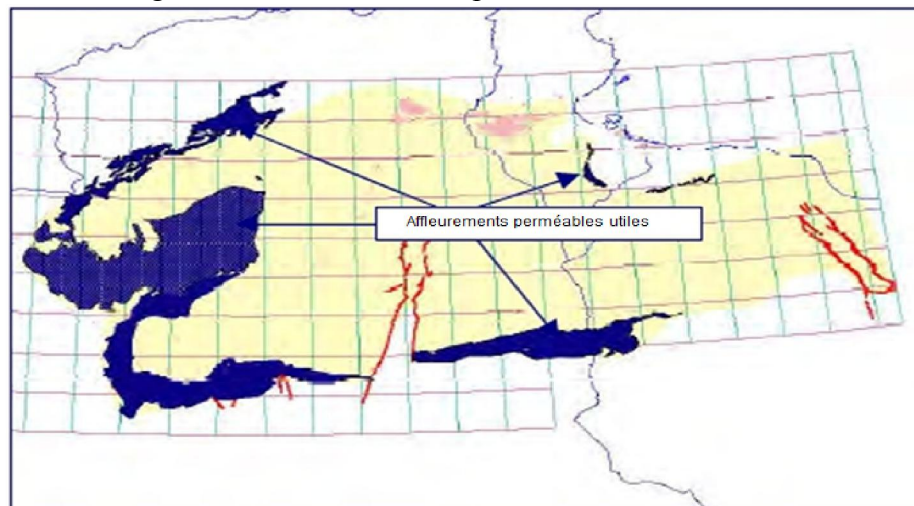


Fig. 1-5. b : Affleurements perméables utiles du CT

III- BASE DE DONNEES ET SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES :

Le projet SASS s'est fixé comme objectif d'élaborer une base de données commune qui permette l'intégration et la mise en cohérence de toutes les informations recensées, mais également le recueil, l'intégration et la mise à jour de données nouvelles. Ceci nécessitait que les bases de données nationales soient adaptées et homogénéisées, ce qui impliquait :

- a) des structures de données et une codification homogènes ;
- b) l'Interfaçage avec un système d'information géographique ;
- c) l'Elaboration d'un module de liaison avec le modèle numérique.

La base de données rassemble toutes les informations existant sur la zone du SASS dans une structure relationnelle facile d'accès et autorisant les traitements envisagés par l'étude.

Un premier diagnostic a permis de constater que les pays avaient lancé chacun pour sa part des chantiers d'amélioration ou de refonte de leur système d'information pour regrouper les données disparates et mettre en place des outils de traitement automatique des données. Il y avait donc bien un besoin de structuration des données dont le projet SASS devait tenir compte. Il fallait, à partir de l'existant, confectionner une architecture qui couvre les besoins du SASS et qui soit en conformité avec les objectifs de chacun des trois pays dans ce domaine.

La structure de la base envisagée pour le SASS va représenter un noyau commun issu des trois BD.

Sur le plan des contenus, la situation était plus complexe : les fichiers inventoriés présentaient de nombreuses hétérogénéités du fait de la diversité des outils et des procédures de collecte.

La raison principale est que les données recueillies pour les traitements de modélisation étaient généralement considérées comme dissociées de la base de données : les études de modélisation ne puisaient pas l'information dans des structures relationnelles. En ce sens, on peut considérer que le SASS a été un projet innovant.

Sur le plan organisationnel, un mécanisme de mise à jour des données aux différents échelons d'intervention (services régionaux, sièges des administrations, bureau du SASS) était à mettre en place. Ce dispositif, basé sur des procédures formalisées et une répartition des tâches entre l'équipe du SASS et celles des pays, constituait une étape importante pour la mise en œuvre future d'une cellule de gestion concertée à l'échelle du bassin.

Trois niveaux de traitement ont été définis

- a) **les services décentralisés**, chargés de contrôler les données existantes, de procéder à la collecte de données complémentaires, de recueillir et saisir des informations nouvelles
- b) **Les services nationaux** : qui administrent la base de données de la zone du SASS et veillent à la cohérence d'ensemble des informations
- c) **L'équipe du SASS** : qui assure la mise en cohésion des données issues des trois pays et les traitements sur l'ensemble du bassin, et garantit in fine la mise en place d'une base de données commune au niveau du SASS (qui pourra devenir la future BD de la structure de gestion concertée)

Sur le plan technique, les outils hardware et software ont été définis en fonction de plusieurs critères:

a) objectifs et exigences du projet SASS

b) tendances technologiques du moment,

c) maîtrise des experts nationaux

d) compatibilité avec les équipements et logiciels existants au sein des pays. Une solution simple a été adoptée pour permettre une maîtrise parfaite de la part des experts nationaux et par l'équipe permanente du SASS. La seule exigence était que cette solution fût apte à prendre en charge les besoins du projet et évoluer en cas de nécessité. Cette solution comporte :

- le SGBD « ACCESS » déjà largement répandu au sein des trois administrations,
- le SIG « ARCVIEW » également très utilisé dans le domaine des ressources naturelles et bien interfacé avec ACCESS.

☒ Modèle numérique

Les liens BD – SIG se traduisent par :

a) l'intégration des données descriptives des couches géographiques dans la BD afin de pouvoir les utiliser dans les requêtes même en dehors du SIG. Les redondances sont évitées, l'information n'étant stockée qu'à un seul endroit. ;

b) la création de couches SIG pour l'ensemble des données susceptibles d'être cartographiées ou de faire l'objet de requêtes spatiales : au moment de la conception de la BD, un inventaire de ces entités a été dressé (zone de prélèvement, aquifère, unités administratives, ...)

De ce fait, toute requête réalisée sur la BD peut, sans difficulté, faire l'objet d'une cartographie thématique.

La réalisation du système comporte donc les trois volets qui sont :

a) une base de données commune intégrant également les données descriptives des entités spatiale

b) un SIG constitué de toutes les couches cartographiques nécessaires au projet dans un même système de projection ;

c) un ensemble de modules spécifiques permettant de réaliser les traitements prévus par le projet (préparation des données pour le modèle numérique, outils de visualisation et d'analyse de données, dispositifs de saisie et de contrôle).

L'unité de base étant le point d'eau, les informations gérées par la BD se regroupent en cinq catégories :

- Identification – localisation des points d'eau

- Unités spatiales (administratives et physiques)
- Historiques (exploitation, piézométrie, qualité), paramètres hydrauliques.
- Données géologiques et lithologiques
- Liaison avec le modèle numérique.

Il est possible d'incorporer d'autres informations. Il suffit pour cela de respecter les règles élémentaires des bases relationnelles et d'être familiarisé avec ACCESS 2000 pour réaliser les extensions nécessaires .

Quant aux couches du SIG élaboré dans le cadre du projet, elles sont dans le système de projection Lambert Sud aux caractéristiques suivantes :

- Ellipsoïde : Clarke 1880
- méridien central. : 2.7
- parallèle de réf. : 33.3
- latitude sud : 31.733928
- Latitude Nord : 36.866072
- False easting : 500135
- False northing : 300090

Il s'agit des principales couches suivantes :

- a) Le fond topographique [courbes de niveau équidistance 100 mètres, réseau hydrographique principal, agglomérations et localités importantes, voies de communication, limites administratives, limites de la zone d'étude et extension des aquifères]
- b) Les couches thématiques [couvertures géologiques : affleurements des principales formations, failles, coupes litho-stratigraphiques ; paramètres

hydrauliques : transmissivités, coefficients d'emmagasinement ; maillages du modèle].

Les points d'eau constituent une couche dynamique qui provient directement de la base de données. Cette organisation de l'information géographique combinée aux modules de traitements spatiaux permet de multiplier les possibilités de production de cartes thématiques : requêtes au sein de la base de données ou valeurs calculées par le modèle numérique (prélèvements par entité spatiale, piézométrie, rabattements, qualité de l'eau...) Les outils développés dans l'environnement ACCESS ont été regroupés au sein d'un package unique baptisé « SAGESSE » (Système d'Aide à la Gestion des Eaux du Sahara Septentrional).

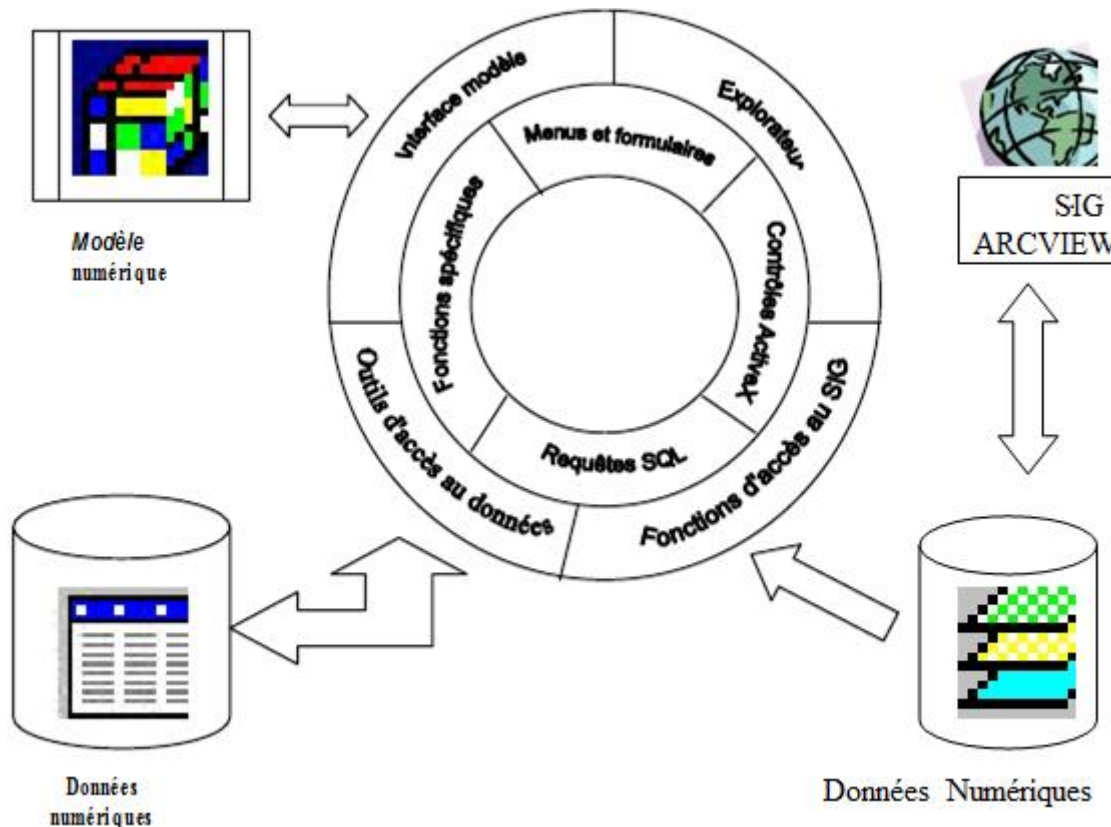


Fig. 1-6 : les éléments de « sagesse »

L'idée d'élaborer un tel package répond au souhait de mettre en place un dispositif Permanent de recueil et de gestion des informations relatives au bassin du SASS : SAGESSE comporte tous les éléments de base pour constituer un véritable tableau de bord pour le suivi de l'exploitation des eaux du bassin. SAGESSE est conçu comme un explorateur qui affiche les informations recueillies durant le projet sous forme tabulaire ou géographique. Le basculement entre ces deux modes ainsi que le contrôle des couches SIG se fait sur simple click, sans quitter l'environnement ACCESS.

Autour des noyaux constitués par le SGBD, un certain nombre de développements ont été réalisés qui permettent : d'accéder aux fonctionnalités du SIG pour effectuer la plupart des opérations de visualisation cartographiques, D'explorer le contenu de la BD avec des clés d'entrée diverses (par aquifère, entité administrative, ...), de préparer les données nécessaires au modèle PM5, de réaliser les contrôles sur les données introduites et d'aider à leur analyse par le biais de requêtes statistiques et de synthèse.

Le projet SASS a réuni une masse considérable d'informations issues de diverses sources. Mais la diversité de ces sources entraîne fatalement des risques d'anomalies qu'il a fallu repérer. Une bonne partie des données et plus particulièrement les historiques de prélèvement et de piézométrie ont fait l'objet d'une analyse et d'un contrôle de validité.

Les Traitements préliminaires sur les données brutes ont notamment porté sur :

- a) le traitement des coordonnées ;
- b) l'identification unique des points d'eau ;
- c) les procédures d'analyse statistique....

A l'avenir, il y a lieu de consolider les acquis du projet et la dynamique qu'il a engendrée par les actions suivantes :

- a) poursuivre les adaptations entamées sur les BD nationales et développer les outils de gestion au niveau local ;
- b) mettre en place un dispositif de transmission des données pour réaliser les actualisations et la mise à jour de la base de données commune ;
- c) constituer une cellule de gestion et d'administration de la base de données et du SIG ;
- d) mettre au point des procédures et des guides standardisés pour la collecte, le contrôle et la validation

IV- CARACTERISATION HYDRODYNAMIQUE DU SASS :

IV. 1- Tracé de la Carte Piézométrique du CI :

Le tracé de la carte piézométrique d'un système aussi vaste que le CI comporte toujours un Certain degré de parti-pris : la représentation des écoulements constitue le premier niveau de la modélisation hydrodynamique, qui implique qu'aient été arrêtées les idées concernant les origines, les directions et les devenir de ces écoulements ; or ceci n'est pas chose aisée même si l'on dispose de mesures. Une telle carte n'avait pas encore été dressée sur tout le territoire du SASS9. Des représentations portant sur des parties du territoire existaient bien pourtant, chacune apportant sa part au progrès des connaissances sur le système.

La première contribution d'envergure à la connaissance des écoulements du CI est sans doute celle apportée par A. CORNET (1964) qui identifie deux directions principales de circulation : l'une allant de l'Atlas vers l'axe de drainage du Gourara, du Touat et du Tidikelt, la seconde zone de drainage principale étant constituée par « les chotts du Bas-Sahara dans le Sud Constantinois et le Sud Tunisien ». Quelques années plus tard, l'étude commandée par l'Organisme Technique de Mise en Valeur des Richesses du Sous-sol Saharien, réalisée par SCG- BURGEAP(1963), concluait ainsi : «... L'hypothèse de la remontée des eaux du Continental Intercalaire vers les Chotts du Sud Tunisien (Fedjej-Djerid) où elles

s'évaporerait, doit être rejetée. L'exutoire principal de la nappe du CI paraît constitué pour l'essentiel par les nappes Crétacées et Miocènes de la région de Gabès qu'elle alimente à travers la grande faille d'El Hamma ». Cette vision sera adoptée par le projet qui fera de l'«Exutoire Tunisien» l'unique sortie de la nappe dans le bassin central du SASS.

Les écoulements de la formation Kiklah vers le golfe de Syrte ont été décrits par GEFLI (1978)¹⁰, puis par P. PALLAS (1978)¹¹ qui confirme l'exutoire libyen, ainsi que les apports en provenance respectivement des affleurements de l'Adrar ben Drich au Sud et du Djebel Nefussa au Nord. Plus tard, GEOMATH (1994)¹² va adopter une vision sensiblement différente : les nappes de Kiklah et du Trias gréseux sont confondues, l'aquifère est limité vers l'Est à la première faille du graben. Enfin vers le Nord les écoulements du Trias l'emportent sur le Kiklah, lequel ne reçoit pas d'apport du Djebel Nefussa, et l'exutoire principal est attribué à la nappe de la Djeffara, aussi bien en Libye qu'en Tunisie⁸.

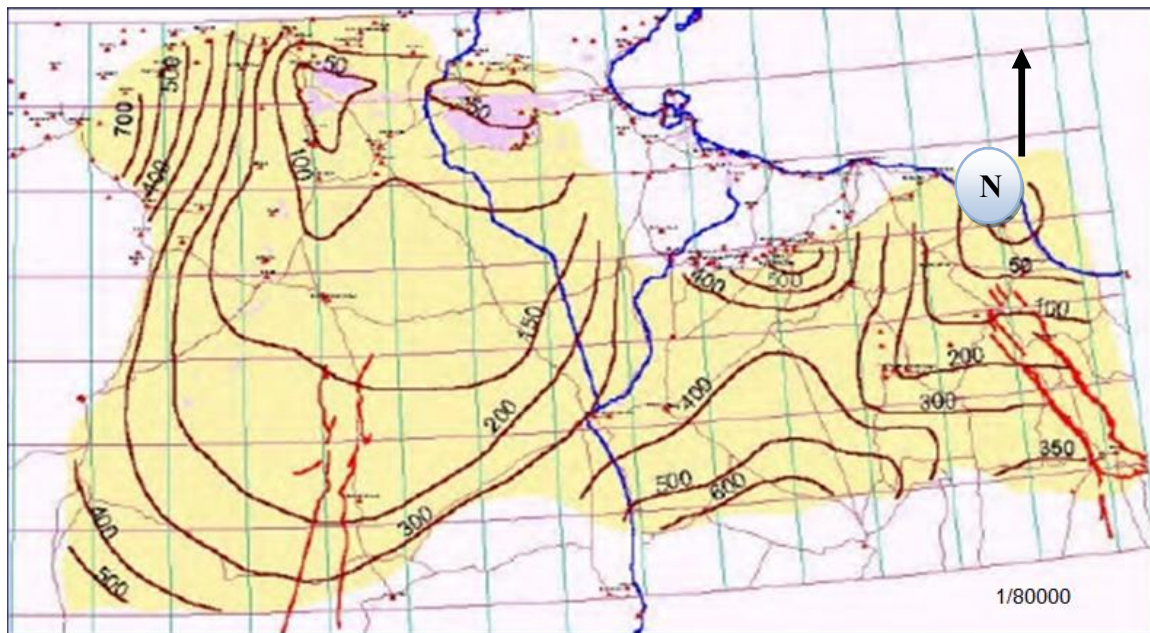
Dans le cadre du projet SASS, il a été nécessaire de construire une carte piézométrique d'ensemble, qui présente un schéma d'écoulements cohérent sur l'ensemble du bassin. Le résultat, (fig.1-7), est une synthèse de toutes les précédentes contributions. Cette carte définit les écoulements de la nappe du Continental Intercalaire à l'état « naturel », peu ou pas influencé par les pompages. Cette représentation spatiale de la surface piézométrique est soutenue par un certain nombre de mesures, non forcément toutes synchrones mais datées de périodes antérieures aux pompages les plus significatifs.

IV. 2- Carte Piézométrique du CT :

Comme pour le CI, la cartographie générale des écoulements à l'échelle de tout le Complexe Terminal résulte de l'accumulation des contributions successives élaborées depuis quarante ans, depuis la publication par A. Cornet (1964) de la première carte piézométrique couvrant tout le « Continental Terminal » du Sahara. Parmi les contributions les plus significatives, on peut citer notamment Bel et Cuhe (1969)¹³, le Projet ERESS (1972), A. Levassor (1975), A. Mamou (1976 et 1990), Armines-Enit (1984), Srivastava (1983), Idrotecneco (1981), Gefli (1978), P. Pallas (1978), Geomath (1994). L'ensemble de ces travaux a permis de dresser une carte piézométrique « initiale » ou encore peu influencée, à l'échelle de toute la région du SASS (**fig.1-7. b**), qui pourra servir de référence pour décrire le système en régime

⁸

SALEM O., EL BARUNI. SS ; 1990 : Hydrogeology of the Kiklah Aquifer in NW Libya. Int. Conf on Groundwater in Large Sedimentary Basins ; Perth-Australia



permane⁹

Fig. 1-7. a : carte piézométrique de référence du CI

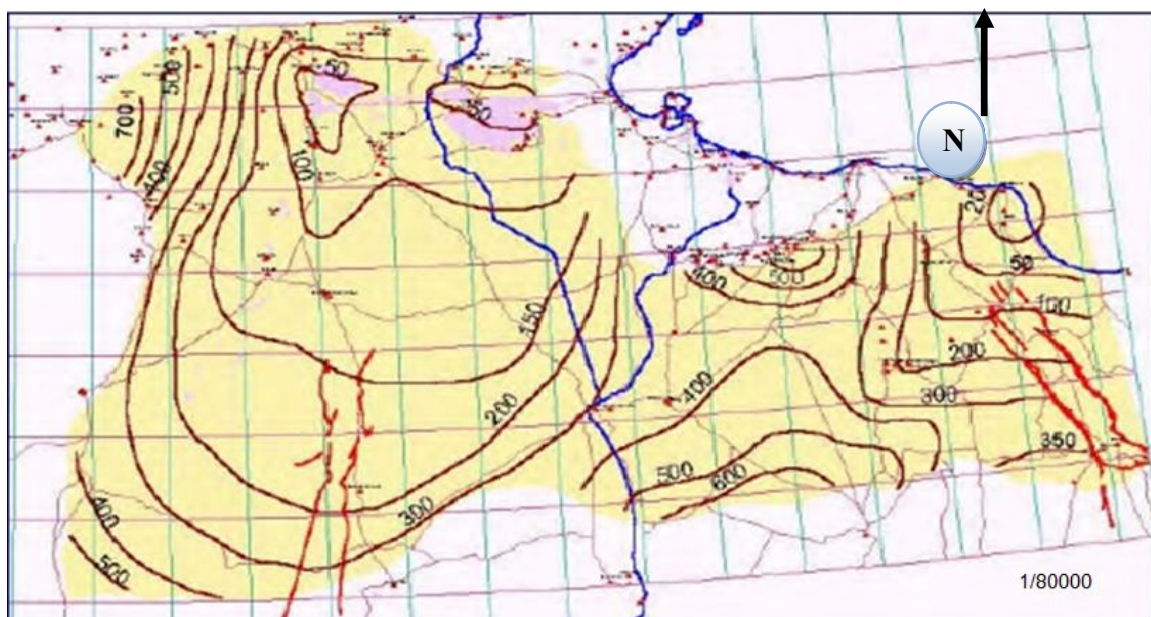


Fig 1-7. b : Sites de Pompages potentiels au CT

⁹ BEL et DEMARGNE ; 1966 : Etude géologique du Continental Intercalaire ; DEC, Alger.

IV. 3- Répartition spatiale des Transmissivités :

Sur l'ensemble du Continental Intercalaire, les valeurs de Transmissivités recueillies par le Projet sont au nombre de 140. Elles sont de 302 pour le Complexe Terminal. Ces informations se présentaient sur divers supports : Bases de Données nationales, archives, Rapports publiés et inédits. La série des Transmissivités du CI admet pour Moyenne la valeur $20.E-03 \text{ m}^2/\text{s}$ et pour Médiane $10.E-3 \text{ m}^2/\text{s}$. Quant à la série du CT, elle a une moyenne de $16.E-03 \text{ m}^2/\text{s}$ et une Médiane de $9.E-03 \text{ m}^2/\text{s}$. La répartition spatiale des Transmissivités respectivement dans le CI et le CT peut servir de repère pour le calage du Modèle en régime permanent.¹⁰

IV. 4- Les Coefficients d'Emmagasinement :

L'ensemble des informations disponibles sur les coefficients d'emmagasinement du CI et du CT figure dans le volume « Hydrogéologie » du rapport final du projet. Il a été jugé utile, pour aider à la conception du Modèle, de construire la carte d'extension de la zone à surface libre, obtenue en tout point par différence entre la cote du toit de la formation et la cote du Niveau Piézométrique de référence (carte piézométrique « initiale »), respectivement pour le CI et le CT. Ces délimitations forment un premier indicateur pour l'affectation des coefficients d'emmagasinement de nappe libre lors du calage du modèle en régime transitoire.¹¹

V- EVOLUTION des PRELEVEMENTS et des NIVEAUX du SASS :

V. 1- Historiques des prélèvements:

V. 1. 1. Diversité des Méthodologies et des Sources d'information :

Dans la reconstitution de l'historique des prélèvements du SASS, trois périodes consécutives sont à distinguer, au cours de chacune desquelles les équipes ayant eu en charge l'acquisition et la mise en forme des données de prélèvements ont procédé d'une certaine méthode. Ces étapes sont les suivantes :

- la période du projet ERESS : **1950 - 1970**
- la période du projet RAB : **1971 - 1981**
- la période couvrant la Base de Données du projet SASS : **1982 - 2000**

Quelques ordres de grandeur permettront de mesurer l'ampleur de la tâche :

¹⁰ BRL ingénierie ; 1999 : Etude du Plan directeur général de développement des régions sahariennes – Modélisation du Continental Intercalaire.

¹¹ BRL ingénierie ; 1999 : Etude du Plan directeur général de développement des régions sahariennes – Modélisation du Complexe Terminal.

- On estime à **1200**, le nombre de Forages au Continental Intercalaire ayant été, d'une manière permanente ou temporaire, en pompage au cours de la période 1950-2000
- Ce nombre passe à **2000** Forages au Complexe Terminal pour la même période
- Il faut à cela ajouter les Sources de Tunisie, de Libye et les Foggaras d'Adrar, le tout représentant environ un millier de points d'eau.

Lorsqu'on connaît la grande difficulté qu'il y a à évaluer avec précision les débits de prélèvements sur une nappe comportant plusieurs milliers de puits, et la démultiplication de ces difficultés lorsqu'il s'agit de reconstituer l'évolution de ces débits au cours du temps, on doit s'attendre à rencontrer un certain nombre de difficultés à raccorder entre elles ces trois périodes, y compris en Tunisie où, depuis trente ans, des traditions de publication d'Annuaire d'exploitation des nappes profondes sont pourtant fortement établies.

La plus grande des difficultés rencontrée concerne le mode de comptage et de contrôle des débits qui diffère d'une période à l'autre. En effet :

Au cours du projet ERESS, les débits étaient comptés par palmeraies ou Groupes de forages. Par ailleurs, les Sources étaient assimilées à des pompages au cours du projet RAB, les débits sont comptés par secteur géographique et par maille du modèle (15 km x 15 Km au CT et 25 km x 25 Km au CI) : le débit d'une maille pouvant inclure sans distinction aussi bien le débit des forages que celui des sources contenues dans la maille.

Quant au projet SASS, il repose sur la mise au point d'une base de données, où chaque forage et chaque source sont individuellement identifiés, et doivent donc posséder une histoire particulière.

Par ailleurs, les méthodes d'estimation varient d'un pays à l'autre :

⇒ **En Algérie :**

On dispose des Inventaires réalisés par l'ANRH dans les années 90 pour Chacune des wilayas concernées : EL Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Illizi, Biskra...,

Certaines ayant fait l'objet de deux inventaires (El Oued). Nous disposons alors d'une estimation instantanée du débit d'exploitation. La difficulté consiste à reconstituer son évolution au cours du temps, que ce soit en rétrospective ou en prospective.

⇒ **En Tunisie :**

La DGRE dispose des Annuaire d'exploitation, édités depuis 1973, ce qui a Certaine-

ment facilité la reconstitution historique. La difficulté rencontrée ici concerne les puits forés, dénommés « sondes à main », lesquels les informations sont beaucoup moins précises et pour lesquels les prélèvements sont affectés non pas individuellement mais par Groupes de forages, notamment dans le CT à Kébili

⇒ **En Libye :**

On ne dispose pas d'un historique individuel par puits : toute l'information concernant les prélèvements est rapportée à des groupes de pompages ; nous dispos d'une cinquantaine de Groupes pour l'ensemble de la Libye, ce qui est à priori insuffisant et induit une concentration artificielle des pompages, certainement préjudiciable à la représentativité des modèles à construire.¹²

V. 1. 2 Mise en forme des données et Résultat :

Les Historiques de Prélèvements mis en forme, affectés individuellement à chacun des points d'eau exploités, sont consignés dans la Base de Données du SASS. L'évolution des versements par forages, consignée par Aquifère et par pays.

VI- CARACTERISTIQUES HYDROGEOCHIMIQUES DU SASS :

VI. 1- Qualité chimique des eaux :

Les données sur la salinité et la composition chimique de l'eau sont inégalement réparties : dans le temps, entre aquifères, entre pays. Celles relatives à la salinité sont de loin plus nombreuses. Elles résultent d'opérations d'échantillonnage effectuées à la création de l'ouvrage ou à l'occasion d'inventaires ou de mesures périodiques. Celles relatives à la composition chimique sont bien moins nombreuses.¹³

VI. 1. 1- Evolution de salinité du CT :

Une certaine différenciation dans l'évolution de la minéralisation totale des eaux est possible entre la nappe des sables mio-pliocènes et celle des calcaires sénoniens.

➤ **Nappes des sables mio-pliocènes :**

Les points de mesures se cantonnent souvent dans les zones d'exploitation. Des phénomènes particuliers, comme l'effet de l'exploitation intensive concentrée et le retour des eaux d'irrigation, peuvent être à l'origine d'anomalies localisées.

¹² BRL ingénierie ; 1999 : Etude du Plan directeur général de développement des régions sahariennes – Connaissances d'Ensemble

¹³ PNUD ; 1983 : Actualisation de l'Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional ; proj. RAB 80/011

Entre Ouargla et l'Oued Rhir, on peut observer :

- a) une zone à moins de 2 g/l sur la moitié sud du Grand Erg oriental, correspondant probablement à l'aire d'alimentation actuelle à partir des eaux de pluie exceptionnelles s'infiltrant sur l'Erg,
- b) une autre zone à moins de 2 g/l sur les pentes du Mzab et la limite ouest de la nappe, au Nord de Ouargla,
- c) une zone à moins de 2.5 g/l sur le Draa Djérid correspondant à l'affleurement des sables aquifères. En dehors de ces zones, la minéralisation est généralement forte. C'est particulièrement le cas à :
 - a) dans la cuvette de Ouargla,
 - b) Le long d'un axe Hassi Messaoud - Nord du Chott Melrhir. Cette dernière anomalie semble traduire l'effet d'une forte exploitation et d'un retour des eaux d'irrigation

➤ **Nappe des calcaires :**

En Algérie, la nappe des calcaires sénoniens et éocènes est exploitée dans une zone qui s'étend de Biskra au Nord à Ouargla au Sud. En Tunisie, elle se cantonne à la Nefzaoua.

En Libye, elle est présente dans la majeure partie d'El Hamada El Hamra, le long de Jabal Nafusa et dans la zone côtière. Bien que les données sur la minéralisation de cette nappe soient plus fragmentaires, on peut observer :

- a) une zone faiblement minéralisée sur toute la bordure ouest algérienne du bassin, correspondant aux zones d'alimentation de la dorsale du Mzab,
- b) une zone à eau douce, sur le flanc occidental du Dahar,
- c) une zone assez douce sur le flanc sud du Jabal Nafusah correspondant à une zone de recharge de la nappe,
- d) une zone à forte minéralisation sur la partie nord de Oued Rhir (Meghair-Djamaa),
- e) une zone à eau salée entre Ouargla et Touggourt, secteur d'El Hadjira.

L'eau du Complexe Terminal accuse, en Tunisie, dans la zone située à proximité des chotts, une légère augmentation de sa minéralisation, notamment dans les deux régions d'El Ouediane (Djérid) et de la Presqu'île de Kébili. Ceci peut résulter du fait que l'épaisseur du toit de la nappe sous le chott est ici réduite, réduisant par là même son étanchéité.¹⁴

¹⁴ FABREF J. ; 1976 : Introduction à la géologie du Sahara algérien ; SNED, Alger.

CONCLUSION :

Le Système Aquifère Saharien désigne la superposition de deux principales couches aquifères profondes : la formation du Continental Intercalaire, CI, la plus profonde, et celle du Complexe Terminal, CT, notamment très sollicitée dans l'Oued Rhir, le Souf, le Djérid, la Nefzaoua et le golfe de Syrte. Ce Système recouvre une étendue de plus de un Million de km² dont 700.000 km² se trouvent en Algérie, 80.000km² en Tunisie, et 250.000km² en Libye.

INTRODUCTION :

La maîtrise des risques et la gestion commune du système aquifère, qui traite les risques et les incertitudes, de la mise en place d'une démarche d'observation permanente, et du mécanisme de concertation. Les question qui se pose

- Comment exploiter les nappes sahariennes, au-delà de leur taux de réalimentation, par puisage dans les réserves accumulées, dans l'optique d'un développement durable?
- Comment assurer un maximum de prélèvements d'eau pour le meilleur développement de la région sans risquer pour autant de dégrader irrémédiablement l'état de la ressource ?

I- ENJEUX ET RISQUES LIES A L'EXPLOITATION DU SASS :

L'intense évolution de l'exploitation des aquifères du SASS a profondément modifié la vision que l'on peut désormais se faire de cette exploitation, laquelle se trouve confrontée à un certain nombre de risques majeurs du simple fait de son développement.

Dans l'exploitation du SASS, il existe trois types de risques majeurs:

- ⇒ La salinisation des nappes par inversion des écoulements entre les nappes et les chotts (en Algérie et Tunisie) ou entre les nappes et la mer (en Libye);
- ⇒ La chute du niveau des nappes dans les forages, entraînant des coûts de pompages excessifs;
- ⇒ Le tarissement d'exutoires naturels, comme le débit des foggaras en Algérie, l'artésianisme dans la région des chotts ou le débit de l'exutoire Tunisien, qui alimente des nappes côtières dans la Djeffara, ou le débit d'Ain Tawergha en Libye.

Ces risques ne sont évidemment pas de la même importance, le premier étant le risque majeur, du fait de ses conséquences sur la dégradation de la qualité des nappes. Un décideur peut accepter des augmentations de coûts de pompage, mais refuser le risque de salinisation, en raison de son caractère irréversible, ou encore le tarissement d'une ressource exploitée, s'il n'existe pas de ressource alternative.

La salinité des eaux du SASS étant données les conditions climatiques et de gisement géologique des formations aquifères, la qualité des eaux du SASS constitue intrinsèquement une source de préoccupation : le sel dans la région constitue un risque majeur qu'il faut gérer en connaissance de cause. (Voir le tableau N°1)

Tableau N°1 : La qualité des eaux prélevées en 2000 par tranche de salinité.

Salinité des Prélèvements 2000 du SASS **			
Classe de Salinité g /L	Pompages CI %	Pompages CT %	
0 -1	11	0	
1 -2	35	14	
2 -3	39	20	
3 -4	8	29	
4 -5	2	11	
5 -6	2	11	
6 -7	2	7	
7 -8	0	7	
8 -9	1	2	

** porte sur 23% des prélèvements 2000

Les graphiques qui suivent illustrent le tableau N°1¹⁵.

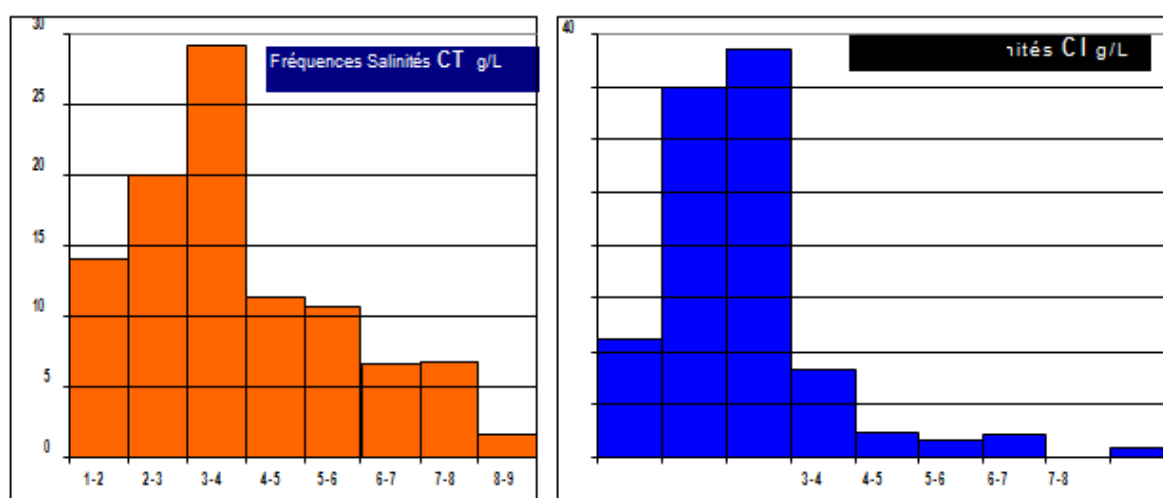


Fig. 2-1 : Distribution des salinités (en g/l) des eaux pompées dans le CT et le CI

I-1 LES CHOTTS :

C'est sans aucun doute la région où la nappe est la plus vulnérable. C'est là où se trouvent les plus fortes densités de population, et c'est là où la pression sur la ressource sera la plus forte. Les calculs effectués sur un Modèle ont montré que la simple poursuite des taux de prélèvements actuels entraînerait, à l'horizon 2050, des rabattements supplémentaires de l'ordre de 30 à 50 mètres sur chacune des deux nappes, et ce sur l'ensemble des quatre secteurs solidaires que sont l'Oued Rhir, le Souf, le Djérid et la Nefzaoua.

Une telle situation serait inacceptable pour le Complexe Terminal : le risque de percolation du chott vers la nappe serait fatal pour cette dernière en terme de salinité.

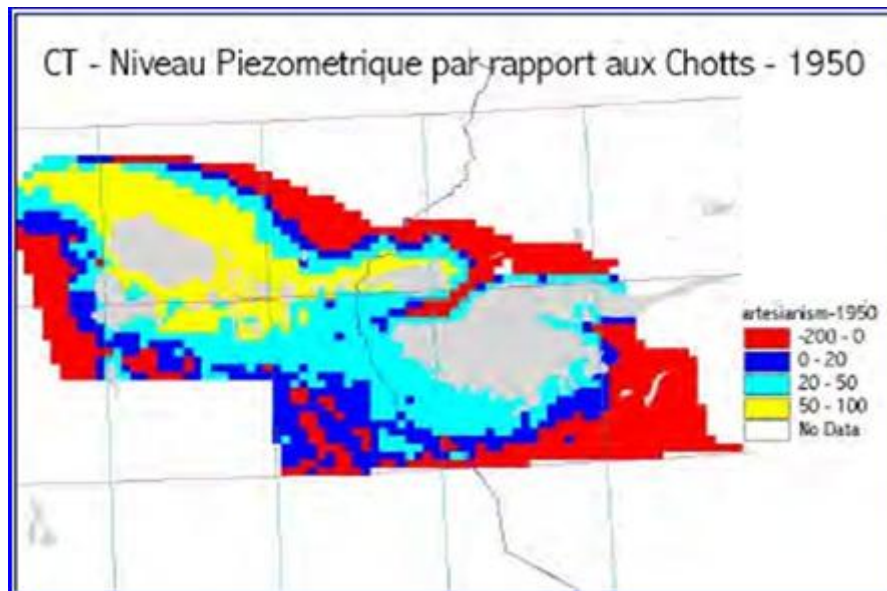
La simple poursuite de l'existant, du moins dans le CT, serait donc inacceptable pour la région des Chotts.

¹⁵ ANRH, DRSO-Adrar ; 1998 : Inventaire des foggaras du Touat et Tidikelt

Un intérêt particulier doit être accordé à l'examen de la carte piézométrique calculée du Complexe Terminal dans le secteur des Chotts. Etant donné qu'un rabattement excessif dans ce secteur (qui correspondrait à une piézométrie du CT plus basse que la cote des chotts), peut engendrer une éventuelle inversion des écoulements, la piézométrie calculée en 2000 est comparée à la cote des chotts (Fig.2-2).

Une évolution très nette entre 1950 et 2000 : en Tunisie, toute la Nefzaoua et le Djerid, où la nappe était franchement artésienne en 1950 (Fig2-2), présentent aujourd'hui, sous l'effet de rabattements généralisés de l'ordre de 25 m, des niveaux piézométriques tout juste en équilibre avec le niveau du Chott Djerid. A l'avenir, cette situation ne peut qu'empirer, sauf à diminuer le rythme des prélèvements.

En Algérie, la situation est encore plus préoccupante au Chott Merouane où la piézométrie du CT se trouve d'ores et déjà sous la côte du chott.¹⁶



¹⁶ BEL et CUCHE ; 1969 : Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal ; ERESS ; Ouargla

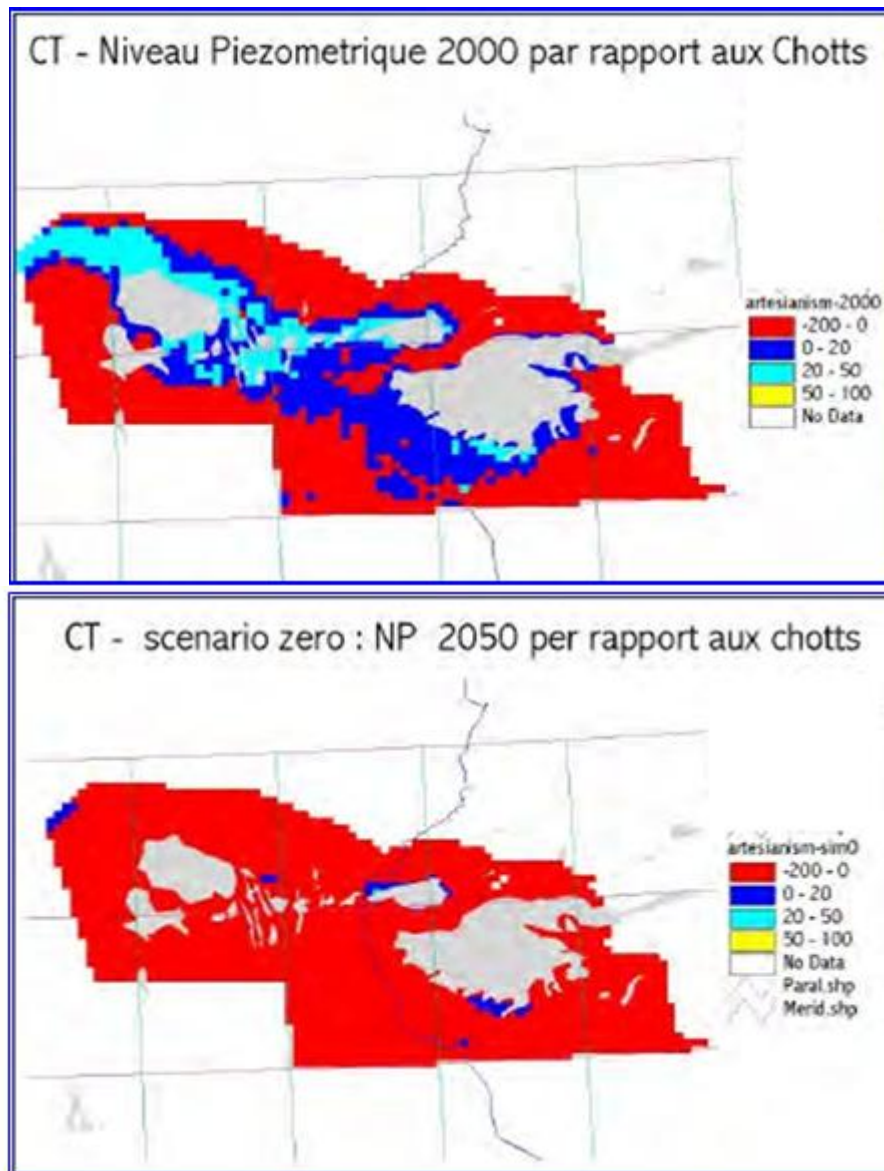


Fig. 2-2 : Evolution du niveau piézométrique du CT par rapport aux chotts

I -2- AUTRES SOURCES DE CONTAMINATION PAR LE SEL :

L'analyse des quelques historiques de salinité disponibles sembleraient indiquer que les augmentations de salinité observées à ce jour, notamment dans le CT de Nefzaoua, ne proviennent pas du Chott. D'autres sources potentielles de contamination par le sel existent donc, dans la région des Chotts et ailleurs. Parmi ces sources, on peut citer particulièrement :

- Le Turonien de la Presqu'île de Kébili ;
- Le Turonien du Sahara Central ;
- La nappe phréatique salée ;
- Le réseau de drainage des palmeraies ;
- Ainsi bien entendu que le risque d'invasion par l'eau de mer dans le Golfe de Syrte.

Concernant le Turonien, la Fig.2-3 indique son extension sur le bassin, ainsi que les salinités des eaux de cette formation, aux valeurs extrêmement élevées dans la zone centrale du Sahara algérien. L'extension des secteurs sur salés du Turonien est directement liée à l'existence d'une importante couche de sel reconnue en forage à la base du Sénonien lagunaire, centrée sur la région de Hassi Messaoud (Fig.2-3). Des valeurs élevées se retrouvent en Tunisie, dans la Nefzaoua, où il a été déjà établi que le Turonien constituait bien, notamment dans la presqu'île de Kébili, une menace potentielle pour la salinité à venir des eaux du Complexe Terminal. Avec l'accélération des pompages et la croissance des rabattements dans le CT, l'appel d'eaux profondes salées du Turonien paraît inéluctable : certaines augmentations de salinités observées d'ores et déjà peuvent être expliquées de la sorte.¹⁷

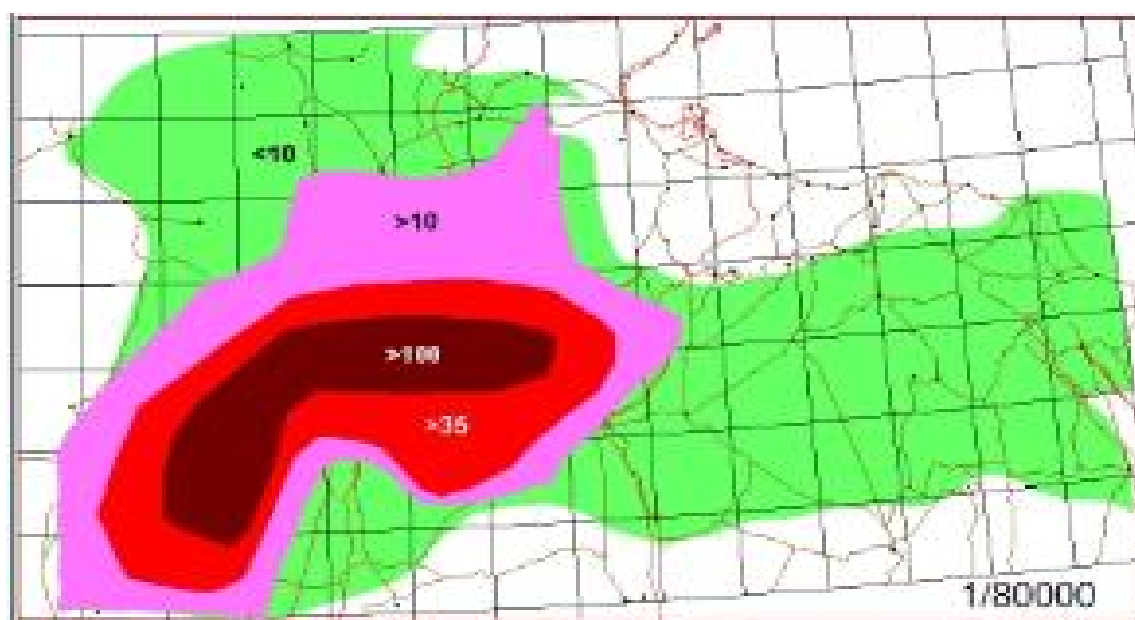


Fig. 2-3 : Extensions des zones à eaux salées du Turonien (salinités en g/l).

- Pour ce qui concerne la nappe phréatique : par suite d'importants rabattements, le niveau piézométrique de la nappe du Complexe Terminal va baisser (c'est déjà le cas en plusieurs endroits) au-dessous du niveau de la nappe phréatique laquelle est généralement très salée en raison d'une alimentation continue par des eaux d'irrigation elles-mêmes génératrices d'une concentration de sel dans le sol que lessive la nappe phréatique.

Tous les périmètres irrigués sont pourvus de réseaux de drainage destinés à abaisser le niveau de la nappe et à favoriser le drainage des sols.

¹⁷ FRANLAB ; 1972 : Etude et gestion des ressources en eau du Sahara septentrional. proj. ERESS

Ces réseaux de drainage et notamment leurs collecteurs principaux, concentrent les eaux salées, et pour peu que le cône de rabattement d'un forage se trouve à proximité immédiate et en position d'«appel» [niveau piézométrique plus], et que l'épaisseur de la couverture soit réduite, les eaux du drain peuvent en partie contribuer à alimenter les pompages dans le CT.

II - UN MECANISME DE CONCERTATION PERMANENT POUR LA GESTION COMMUNE DU SASS :

II. 1 - LES CONTOURS POSSIBLES D'UNE CONCERTATION :

Les simulations réalisées sur le Modèle ont mis en évidence trois zones où les ressources partagées paraissent les plus vulnérables:

- a) le Bassin de Ghadamès dans le CI;
 - b) le Bassin d'Artésianisme et de l'Exutoire Tunisien dans le CI;
 - c) le Bassin des Chotts pour le CT.
- Au CI, le bassin de Ghadamès présente des risques de rabattements excessifs, mais ce risque se joue sur le moyen terme, et le contrôle en est relativement facile : champs de pompages exclusivement publics, concentrés dans l'espace et objets d'une gestion centralisée.
- Sur le second bassin : le Bassin d'Artésianisme et de l'Exutoire Tunisien, le risque se joue certes sur le court terme mais le contrôle y est également facile : les forages, tous profonds, ne sont pas très nombreux. L'accès à l'information y est donc techniquement aisé. Le secteur le plus exposé et le plus fragile est celui des chotts algéro-tunisiens au CT.

Parmi les raisons objectives qui poussent à la concertation, la gestion des crises et notamment le risque de dégradation de la ressource par suite d'une surexploitation constitue une raison majeure. Les problèmes techniques rencontrés par les différents pays du SASS les conduisent naturellement à s'organiser ensemble : la pratique du partenariat au cours du projet SASS a progressivement forgé la confiance mutuelle entre équipes techniques, la conscience que les problèmes rencontrés par certains dépendent en partie des actions menées par d'autres, la conviction que l'action commune augmente l'efficacité des solutions, et la certitude que l'échange d'informations, qui fonde toute solidarité, est devenu avec la fin du projet SASS une activité non seulement possible mais nécessaire.

Le procédé qui garantit le contrôle en présentant le minimum de contraintes, c'est bien l'échange d'informations. A ce titre l'OSS, à travers le projet SASS, a d'ores et déjà permis

des avancées qui sont de l'ordre du miracle : la Base de Données élaborée renfermant l'ensemble des informations actuelles et passées sur tous les points d'eau, leurs niveaux, leurs débits, est opérationnelle et accessible aux trois pays. A cet égard, la bonne volonté des trois autorités de l'eau pour la communication des informations a été exemplaire. Par ailleurs, le Modèle du SASS est d'ores et déjà disponible et opérationnel dans chacun des trois pays. Une forme de concertation efficace peut d'abord consister à assurer l'entretien, le développement et l'actualisation permanente de ces deux outils : Base de Données et Modèle de Simulation. Cette mission doit être confiée à un organe permanent présentant les qualités indispensables à la pérennisation de l'opération¹⁸.

II. 2- DE L'ETUDE DU SASS AU PROJET DE MECANISME :

L'importance accordée par l'Algérie, la Libye et la Tunisie à la concertation en matière de ressources en eau partagées a donné lieu à trois mécanismes institutionnels bilatéraux:

- ✓ La commission technique mixte algéro-tunisienne de l'hydraulique et de l'environnement, établie au sein d'une 'grande commission', qui traite les questions relatives à l'évaluation des ressources en eau partagées, à la lutte contre la pollution, à l'échange d'informations sur les programmes d'aménagement hydraulique, au suivi des études concernant le SASS, et à la consolidation de la coopération bilatérale en matière de gestion des eaux.
- ✓ Les groupes de travail au sein de la 'grande commission' algéro-libyenne, pour ce qui concerne les eaux partagées par l'Algérie et la Libye; Les deux pays ont décidé de créer un 'comité technique mixte dans le domaine des ressources en eau.'
- ✓ La commission sectorielle tuniso-libyenne de l'agriculture, créée dans le cadre de la 'grande commission mixte tuniso-libyenne', vouée à l'échange d'expériences, la protection des nappes, les techniques de CES, l'identification d'études sur les eaux souterraines partagées, le suivi des études du SASS.

Participent aux travaux des commissions et groupes de travail ci-dessus les hauts fonctionnaires des ministères chargés de l'hydraulique. Les décisions sont consignées dans des procès-verbaux. Bien que les mécanismes institutionnels mentionnés ci-dessus se soient

¹⁸ FERSI M. ; 1979 : Estimation du ruissellement moyen annuel sur les BV du SE, du SW et Sahel sud ; DGRE, Tunis

avérés efficaces, dans la mesure où ils ont favorisé la discussion de thèmes importants dans le domaine de la gestion des eaux partagées, ils sont, et restent, bipartites.

De plus, ils ne sont pas suffisamment autonomes, dès lors qu'ils s'intègrent dans des mécanismes institutionnels ayant des objectifs plus larges.

Parmi les attributions envisageables du mécanisme tripartite, les propositions suivantes ont été formulées:

- 1- Recueillir, rassembler et évaluer les données hydrogéologiques relatives au SASS afin d'identifier les problèmes et les solutions en vue d'agir au moment opportun;
- 2- dresser l'inventaire des prélèvements, et des structures et installations hydrauliques y afférentes;
- 3- Contribuer à définir les objectifs, les politiques et les stratégies de gestion des ressources en eau du SASS;
- 4- Elaborer des programmes communs ou harmonisés de surveillance des ressources en eau et de traitement et d'évaluation des données;
- 5- Servir de cadre pour l'échange d'informations sur les prélèvements et les utilisations de l'eau, et sur les installations connexes existantes et prévues qui risquent d'avoir un impact transfrontières, et, en général, servir de cadre pour l'échange d'informations sur tous les aspects se rapportant aux ressources en eau du SASS ;
- 6- Etablir des procédures d'alerte et d'alarme;
- 7- Promouvoir la coopération et encourager la coopération dans le cadre de programmes de recherche scientifique;
- 8- Favoriser l'harmonisation des mécanismes institutionnels relatifs aux ressources en eau souterraines des trois pays;
- 9- Favoriser la coordination des activités des équipes nationales afin de renforcer la prévention, la maîtrise et la réduction de l'impact transfrontière de la gestion des ressources souterraines;
- 10- Organiser des consultations entre les responsables des trois pays;

On peut considérer que les trois pays du SASS sont favorables à la création d'un mécanisme tripartite permanent de concertation au niveau du SASS. Le point de départ est la nécessité de maintenir et de développer la base de données commune du SASS, ainsi que tout autre système pour l'échange régulier des données et des informations. L'échange de données doit par la suite servir de base à la formulation de politiques et de stratégies de l'eau. C'est ainsi

que la mise en place d'un mécanisme institutionnel élaboré et durable s'avère nécessaire, sa mise en œuvre devant se faire d'une manière progressive.¹⁹

II. 3- Ateliers Nationaux et Atelier Régional

La méthode de travail choisie par le projet RAB-0065 pour la préparation du mécanisme a consisté à élaborer toute la réflexion, les idées et les propositions au terme d'expertises réalisées par des consultants nationaux de chacun des trois pays. Toutes les propositions qui précèdent ont ensuite été discutées au cours des trois ateliers nationaux réalisés respectivement à Tripoli, Tunis et Alger en Novembre 2002. De ces trois ateliers ressortent nettement un certain nombre de points de convergence et de consensus portant sur :

- ✓ La nécessité d'assurer une continuité des travaux portant sur l'amélioration de la connaissance du système et de son exploitation (évaluation des risques, gestion de la Base de Données commune, réactualisation du Modèle, mise en place d'un réseau commun d'observation, formation, appréhension des aspects socio-économiques, développement de la recherche, etc...)
- ✓ La nécessité de renforcer les outils techniques, la définition d'un programme de travail, notamment le réseau d'observation commun, et d'un protocole d'échange de l'information
- ✓ La mise en place progressive de ce mécanisme, partant d'une structure efficace et légère, vers un mécanisme autonome plus élaboré et doté d'attributions plus importantes à terme.

L'Atelier Régional de synthèse s'est tenu à Rome les 19-20 Décembre 2002. Au terme des discussions et des débats qui se sont déroulés au cours des deux journées, les participants ont approuvé la forme présentée ci-après concernant la mise en place du Mécanisme de Concertation du SASS.²⁰

¹⁹ BRL ingénierie ; 1997 : Ghadames Project water resources ; Final report – vol. 1 : geology, hydrogeology, water cost.

²⁰ LEVASSOR A. ; 1978 : Simulation et gestion des systèmes aquifères. Application aux nappes du CT du Sahara algérien., thèse doct. Paris VI.

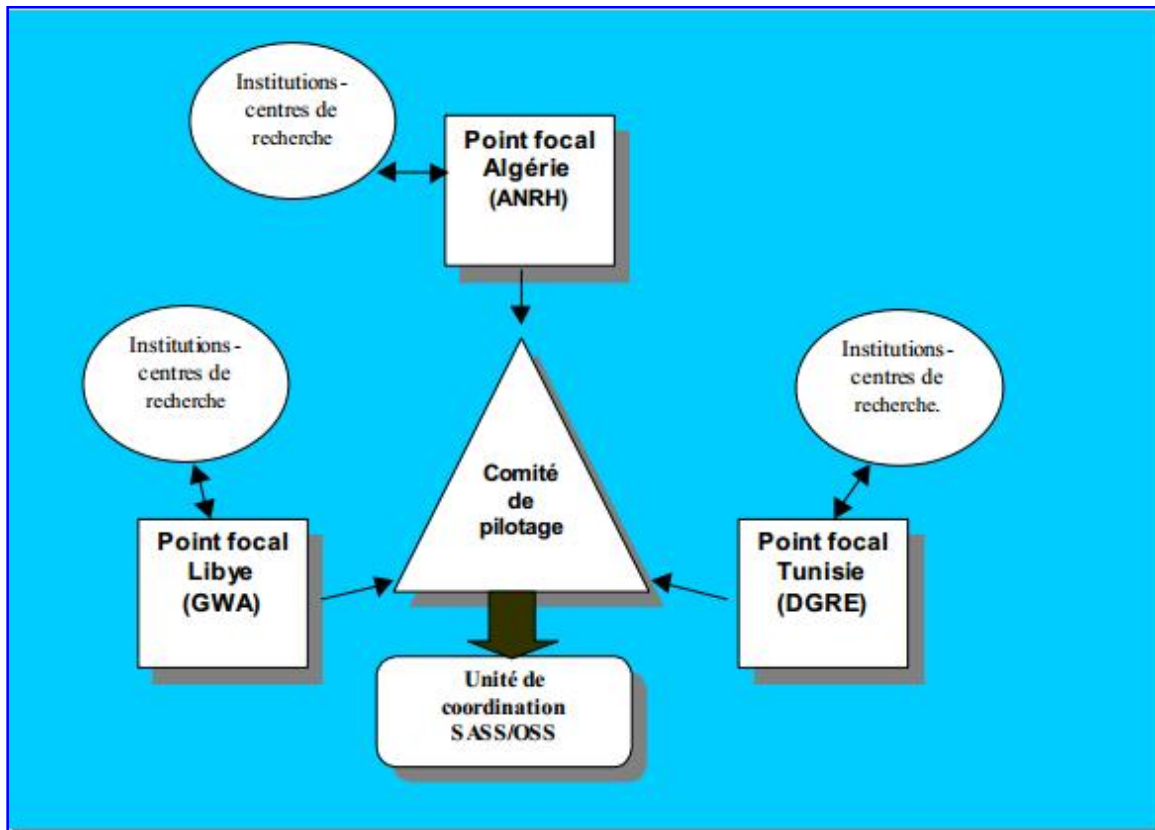


Fig. 3-4 : Schéma du Mécanisme de concertation dans sa première phase

II. 4- CARACTERISTIQUES DU MECANISME DE CONCERTATION :

Les principales caractéristiques, convenues lors de l'Atelier de Rome, sont les suivantes:
L'Objectif est de coordonner, promouvoir et favoriser la gestion rationnelle et concertée des ressources en eau du SASS.

- ❖ **La Structure est composée de :** Un comité de pilotage composé par les structures nationales en charge des ressources en eau, agissant en tant que points focaux nationaux. Le comité se réunit en session ordinaire une fois par an, et en session extraordinaire à la demande de l'un des trois pays ; la réunion dudit comité se tient alternativement dans chacun des pays ; la présidence du comité est assurée par le pays hôte une unité de coordination animée par un coordinateur désigné par l'OSS en concertation avec le comité de pilotage; un comité scientifique ad hoc pour l'évaluation et l'orientation scientifique, à mobiliser en tant que de besoin.
- ❖ **Statut juridique:** L'unité de coordination est gérée et abritée par l'OSS.

Attributions :

- ⇒ Gestion des outils développés par le projet 'SASS' (base de données et modèle de gestion) .
- ⇒ Mise en place et suivi d'un réseau d'observation de référence .
- ⇒ Traitement, analyse et validation des données sur la connaissance de la ressource .
- ⇒ Production et publication des indicateurs sur la ressource et les usages dans les trois pays .
- ⇒ Elaboration et mise en œuvre de programmes de formation et de perfectionnement .
- ⇒ Actualisation du modèle du SASS, d'une façon régulière .
- ⇒ Réflexion et formulation de propositions sur l'évolution et le fonctionnement du mécanisme de concertation, et sur sa mise en œuvre dans la deuxième phase.

CONCLUSION

L'exploitation du SASS présente trois principaux types de risques :

- la salinisation des nappes par inversion des écoulements .
- la chute du niveau dans les forages .
- le tarissement d'exutoires naturels .

Ces risques ne sont évidemment pas de la même gravité, le premier étant le risque majeur. Un décideur peut accepter des augmentations de coûts de pompage, mais doit refuser tout risque de salinisation, en raison de son caractère irréversible.

Les trois pays concernés par le devenir du système sont condamnés à rechercher ensemble une forme de gestion commune pour minimiser les risques liés à l'exploitation du bassin .

Conclusion general

L'un des objectifs de l'Etude du Système Aquifère du Sahara Septentrional était de construire, pour chacune des deux principales nappes : celle du Complexe Terminal et celle du Continental Intercalaire, un modèle numérique de simulation, l'objet des modèles étant de réaliser une synthèse cohérente des données et des connaissances acquises sur ces aquifères, établir le bilan des ressources en eau, déterminer les ressources exploitables et élaborer des modalités de gestion de ces ressources sur la base de scénarios de développement. Au terme de cette étude, qu'en est-il de la réalisation de ces objectifs?

- **Modèle du CI vs Modèle du CT**

Au démarrage du projet SASS, on était en présence de deux traditions, deux visions, deux conceptions parallèles de l'hydrogéologie saharienne :

-du coté Algéro-Tunisien, l'épaisseur des formations semi perméables de séparation, la très forte différence de charge entre les deux principales nappes, avaient conforté une tradition ancrée de traitement séparé du CI et du C T et les modèles depuis 1963 ont été conçus comme des monocouches indépendants ;

-du coté libyen, les couches de séparation entre formations aquifères sont moins épaisses et depuis le premier modèle régional en 1981, il a été opté pour une structure multicouche .

Pour assurer une harmonieuse conjugaison des visions hydrogéologiques dans les trois pays, la conception générale du modèle SASS a dû abandonner la dualité CI vs CT au profit d'une représentation Multicouche capable de fédérer les hydrogéologies de l'Algérie-Tunisie avec celle de la Libye. La représentation du « Multicouche Saharien» permet de préserver les meilleures conditions de simulation sur le long terme, intégrant le Turonien le Paléozoïque et prenant en compte les écoulements de drainance entre CI et CT.

- **Base de Données et Système d'Informations**

Cette phase du projet a comporté le diagnostic de l'existant, l'élaboration du modèle conceptuel, la réalisation et la mise en œuvre d'une BD commune. L'ampleur de la tâche se mesure à la diversité et à la multiplicité des opérations réalisées sur les 8800 points d'eau inventoriés : collecte, homogénéisation des systèmes de classement et d'identification, critique, détection des données aberrantes, correction, validation ...,

Le système d'informations obtenu, dénommé « Sagesse », autorise la mise à jour et l'ajout de nouvelles données, les requêtes statistiques, les graphiques, les connections BD-SIG-Modèle.

Conclusion general

- **Maîtrise des Risques et Indicateurs de suivi de la ressource**

Comment exploiter les nappes sahariennes dans l'optique d'un développement durable ?

Les trois pays concernés par le devenir du système sont condamnés à rechercher ensemble une forme de gestion commune pour minimiser les risques liés à l'exploitation du bassin. L'un des facteurs de risque concerne l'ignorance des effets et les dangers qui résultent d'une mauvaise connaissance de la nappe. La levée de ces incertitudes contribuera à améliorer davantage la représentativité du modèle et augmenter encore la fiabilité des résultats des simulations effectuées.

Les investigations et les recherches à venir doivent porter sur les questions relatives à:

- l'Exutoire Tunisien et le champ des Transmissivités connexes ;
- l'Emmagasinement en nappe libre ; le poids du Cambro-Ordovicien ;
- la nature de la limite orientale; la représentation du Golfe de Syrte ;
- les Foggaras ;
- les Chotts ;
- la Recharge des Aquifères ;
- l'exploitation des Réserves du Bassin Occidental ;
- la sensibilité du Modèle à ses Paramètres.

Il est par ailleurs primordial qu'un Réseau de Référence permanent soit mis en place pour assurer la production d'Indicateurs fiables et permettre le suivi et l'évaluation de la ressource : niveaux de prélèvements, réseau piézométrique, réseau qualité, réseau hydro-pluviométrique

ملخص

نظام المياه الجوفية في الصحراء يعني تراكب طبقتين الرئيسيتين من طبقات المياه الجوفية العميقة: (أ تشكيل كونتيننتال مقحم، CI، أعماق، ب مجمع المحطة، CT)، خصوصا رواجا واد غاية ريغ للصوف، والجريد، .هذا النظام يغطي مساحة أكثر من مليون كم² التي 700.000 كم² في الجزائر، 80.000 في تونس و250.000 في ليبيا. نظرا لظروف المناخ الصحراوي، ويتم تغذية هذه التراكبات بشكل سيئة: حوالي 1 مليار م³/ سنة في المجموع، تسربت أساسا سفوح الأطلس الصحراوي في الجزائر، فضلا عن الدهار وادي جي. نفوسة في تونس وليبيا. ومع ذلك، توسيع النظام وسمك طبقات ويفضل تراكم الاحتياطيات كبيرة. فكيف استغلال المياه الجوفية وراء الصحراء الكبرى معدل لها شحن عن طريق إنقاذ على الاحتياطيات المتراكمة في سياق التنمية المستدامة؟ كيفية ضمان سحب المياه القصوى لأفضل للتنمية في المنطقة من دون المخاطرة كثيرا للضرر لا رجعة فيه حالة الموارد؟ كان في هذه الشروط أن اليوم هناك تعريف الموارد القابلة للاستغلال من الصحراء الشمالية نظام المياه الجوفية [ساس]

INTRODUCTION :

La maîtrise des risques et la gestion commune du système aquifère, qui traite les risques et les incertitudes, de la mise en place d'une démarche d'observation permanente, et du mécanisme de concertation. Les question qui se pose

- Comment exploiter les nappes sahariennes, au-delà de leur taux de réalimentation, par puisage dans les réserves accumulées, dans l'optique d'un développement durable?
- Comment assurer un maximum de prélèvements d'eau pour le meilleur développement de la région sans risquer pour autant de dégrader irrémédiablement l'état de la ressource ?

I- ENJEUX ET RISQUES LIES A L'EXPLOITATION DU SASS :

L'intense évolution de l'exploitation des aquifères du SASS a profondément modifié la vision que l'on peut désormais se faire de cette exploitation, laquelle se trouve confrontée à un certain nombre de risques majeurs du simple fait de son développement.

Dans l'exploitation du SASS, il existe trois types de risques majeurs:

- ⇒ La salinisation des nappes par inversion des écoulements entre les nappes et les chotts (en Algérie et Tunisie) ou entre les nappes et la mer (en Libye);
- ⇒ La chute du niveau des nappes dans les forages, entraînant des coûts de pompages excessifs;
- ⇒ Le tarissement d'exutoires naturels, comme le débit des foggaras en Algérie, l'artésianisme dans la région des chotts ou le débit de l'exutoire Tunisien, qui alimente des nappes côtières dans la Djeffara, ou le débit d'Ain Tawergha en Libye.

Ces risques ne sont évidemment pas de la même importance, le premier étant le risque majeur, du fait de ses conséquences sur la dégradation de la qualité des nappes. Un décideur peut accepter des augmentations de coûts de pompage, mais refuser le risque de salinisation, en raison de son caractère irréversible, ou encore le tarissement d'une ressource exploitée, s'il n'existe pas de ressource alternative.

La salinité des eaux du SASS étant données les conditions climatiques et de gisement géologique des formations aquifères, la qualité des eaux du SASS constitue intrinsèquement une source de préoccupation : le sel dans la région constitue un risque majeur qu'il faut gérer en connaissance de cause. (Voir le tableau N°1)

Tableau N°1 : La qualité des eaux prélevées en 2000 par tranche de salinité.

Salinité des Prélèvements 2000 du SASS **			
Classe de Salinité g /L	Pompages CI %	Pompages CT %	
0 -1	11	0	
1 -2	35	14	
2 -3	39	20	
3 -4	8	29	
4 -5	2	11	
5 -6	2	11	
6 -7	2	7	
7 -8	0	7	
8 -9	1	2	

** porte sur 23% des prélèvements 2000

Les graphiques qui suivent illustrent le tableau N°1¹⁵.

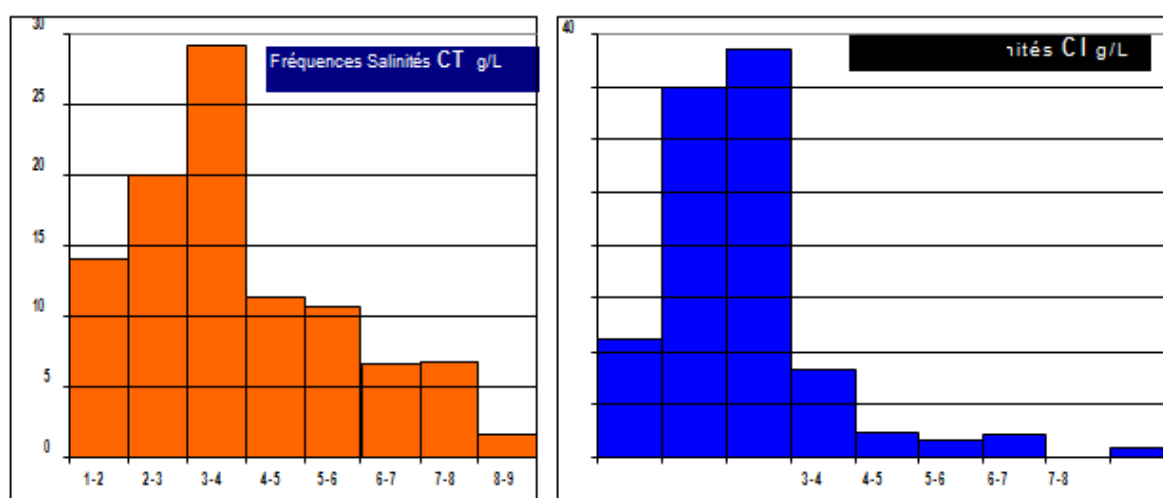


Fig. 2-1 : Distribution des salinités (en g/l) des eaux pompées dans le CT et le CI

I-1 LES CHOTTS :

C'est sans aucun doute la région où la nappe est la plus vulnérable. C'est là où se trouvent les plus fortes densités de population, et c'est là où la pression sur la ressource sera la plus forte. Les calculs effectués sur un Modèle ont montré que la simple poursuite des taux de prélèvements actuels entraînerait, à l'horizon 2050, des rabattements supplémentaires de l'ordre de 30 à 50 mètres sur chacune des deux nappes, et ce sur l'ensemble des quatre secteurs solidaires que sont l'Oued Rhir, le Souf, le Djérid et la Nefzaoua.

Une telle situation serait inacceptable pour le Complexe Terminal : le risque de percolation du chott vers la nappe serait fatal pour cette dernière en terme de salinité.

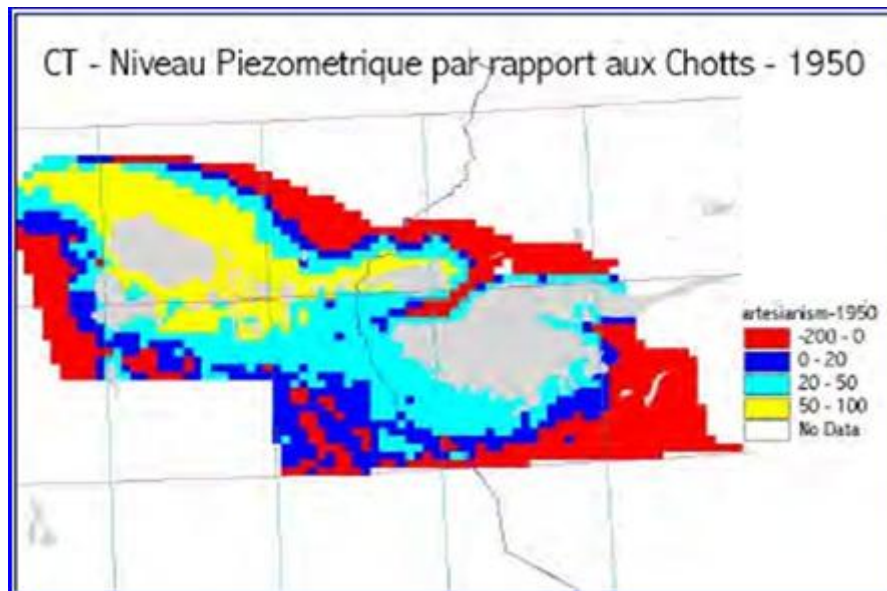
La simple poursuite de l'existant, du moins dans le CT, serait donc inacceptable pour la région des Chotts.

¹⁵ ANRH, DRSO-Adrar ; 1998 : Inventaire des foggaras du Touat et Tidikelt

Un intérêt particulier doit être accordé à l'examen de la carte piézométrique calculée du Complexe Terminal dans le secteur des Chotts. Etant donné qu'un rabattement excessif dans ce secteur (qui correspondrait à une piézométrie du CT plus basse que la cote des chotts), peut engendrer une éventuelle inversion des écoulements, la piézométrie calculée en 2000 est comparée à la cote des chotts (Fig.2-2).

Une évolution très nette entre 1950 et 2000 : en Tunisie, toute la Nefzaoua et le Djerid, où la nappe était franchement artésienne en 1950 (Fig2-2), présentent aujourd'hui, sous l'effet de rabattements généralisés de l'ordre de 25 m, des niveaux piézométriques tout juste en équilibre avec le niveau du Chott Djerid. A l'avenir, cette situation ne peut qu'empirer, sauf à diminuer le rythme des prélèvements.

En Algérie, la situation est encore plus préoccupante au Chott Merouane où la piézométrie du CT se trouve d'ores et déjà sous la côte du chott.¹⁶



¹⁶ BEL et CUCHE ; 1969 : Mise au point des connaissances sur la nappe du Complexe Terminal ; ERESS ; Ouargla

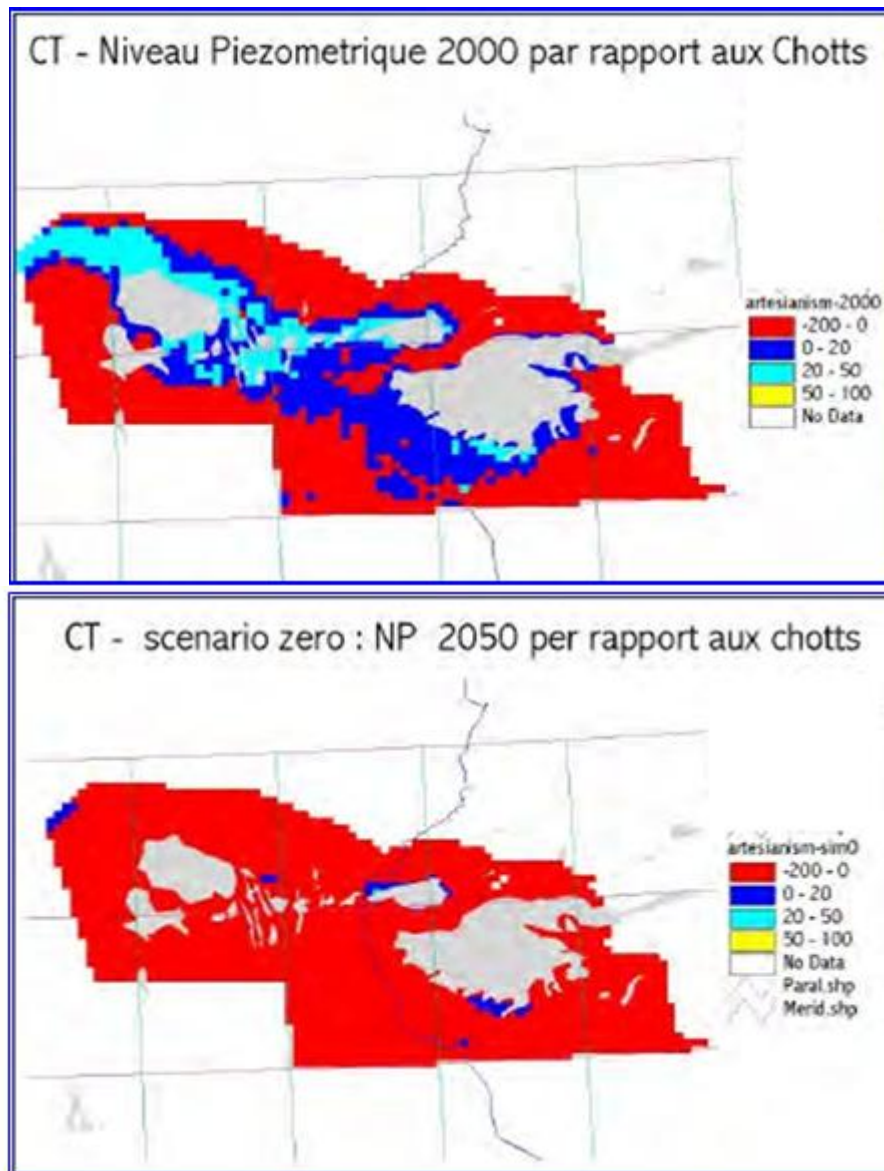


Fig. 2-2 : Evolution du niveau piézométrique du CT par rapport aux chotts

I -2- AUTRES SOURCES DE CONTAMINATION PAR LE SEL :

L'analyse des quelques historiques de salinité disponibles sembleraient indiquer que les augmentations de salinité observées à ce jour, notamment dans le CT de Nefzaoua, ne proviennent pas du Chott. D'autres sources potentielles de contamination par le sel existent donc, dans la région des Chotts et ailleurs. Parmi ces sources, on peut citer particulièrement :

- Le Turonien de la Presqu'île de Kébili ;
- Le Turonien du Sahara Central ;
- La nappe phréatique salée ;
- Le réseau de drainage des palmeraies ;
- Ainsi bien entendu que le risque d'invasion par l'eau de mer dans le Golfe de Syrte.

Concernant le Turonien, la Fig.2-3 indique son extension sur le bassin, ainsi que les salinités des eaux de cette formation, aux valeurs extrêmement élevées dans la zone centrale du Sahara algérien. L'extension des secteurs sur salés du Turonien est directement liée à l'existence d'une importante couche de sel reconnue en forage à la base du Sénonien lagunaire, centrée sur la région de Hassi Messaoud (Fig.2-3). Des valeurs élevées se retrouvent en Tunisie, dans la Nefzaoua, où il a été déjà établi que le Turonien constituait bien, notamment dans la presqu'île de Kébili, une menace potentielle pour la salinité à venir des eaux du Complexe Terminal. Avec l'accélération des pompages et la croissance des rabattements dans le CT, l'appel d'eaux profondes salées du Turonien paraît inéluctable : certaines augmentations de salinités observées d'ores et déjà peuvent être expliquées de la sorte.¹⁷

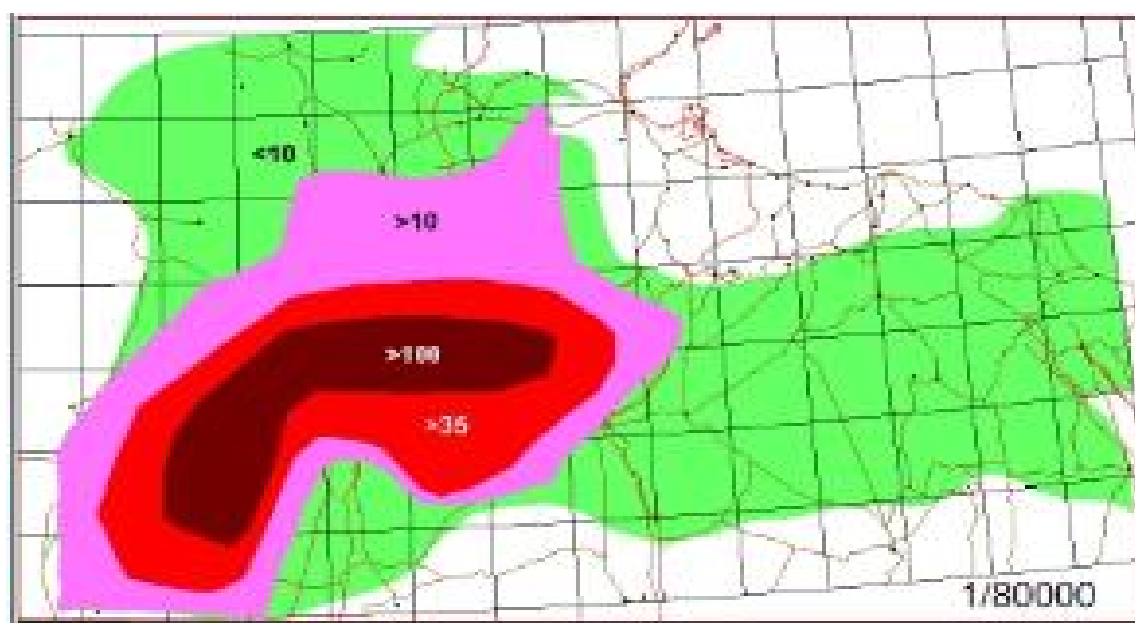


Fig. 2-3 : Extensions des zones à eaux salées du Turonien (salinités en g/l).

- Pour ce qui concerne la nappe phréatique : par suite d'importants rabattements, le niveau piézométrique de la nappe du Complexe Terminal va baisser (c'est déjà le cas en plusieurs endroits) au-dessous du niveau de la nappe phréatique laquelle est généralement très salée en raison d'une alimentation continue par des eaux d'irrigation elles-mêmes génératrices d'une concentration de sel dans le sol que lessive la nappe phréatique.

Tous les périmètres irrigués sont pourvus de réseaux de drainage destinés à abaisser le niveau de la nappe et à favoriser le drainage des sols.

¹⁷ FRANLAB ; 1972 : Etude et gestion des ressources en eau du Sahara septentrional. proj. ERESS

Ces réseaux de drainage et notamment leurs collecteurs principaux, concentrent les eaux salées, et pour peu que le cône de rabattement d'un forage se trouve à proximité immédiate et en position d'«appel» [niveau piézométrique plus], et que l'épaisseur de la couverture soit réduite, les eaux du drain peuvent en partie contribuer à alimenter les pompages dans le CT.

II - UN MECANISME DE CONCERTATION PERMANENT POUR LA GESTION COMMUNE DU SASS :

II. 1 - LES CONTOURS POSSIBLES D'UNE CONCERTATION :

Les simulations réalisées sur le Modèle ont mis en évidence trois zones où les ressources partagées paraissent les plus vulnérables:

- a) le Bassin de Ghadamès dans le CI;
 - b) le Bassin d'Artésianisme et de l'Exutoire Tunisien dans le CI;
 - c) le Bassin des Chotts pour le CT.
- Au CI, le bassin de Ghadamès présente des risques de rabattements excessifs, mais ce risque se joue sur le moyen terme, et le contrôle en est relativement facile : champs de pompages exclusivement publics, concentrés dans l'espace et objets d'une gestion centralisée.
- Sur le second bassin : le Bassin d'Artésianisme et de l'Exutoire Tunisien, le risque se joue certes sur le court terme mais le contrôle y est également facile : les forages, tous profonds, ne sont pas très nombreux. L'accès à l'information y est donc techniquement aisé. Le secteur le plus exposé et le plus fragile est celui des chotts algéro-tunisiens au CT.

Parmi les raisons objectives qui poussent à la concertation, la gestion des crises et notamment le risque de dégradation de la ressource par suite d'une surexploitation constitue une raison majeure. Les problèmes techniques rencontrés par les différents pays du SASS les conduisent naturellement à s'organiser ensemble : la pratique du partenariat au cours du projet SASS a progressivement forgé la confiance mutuelle entre équipes techniques, la conscience que les problèmes rencontrés par certains dépendent en partie des actions menées par d'autres, la conviction que l'action commune augmente l'efficacité des solutions, et la certitude que l'échange d'informations, qui fonde toute solidarité, est devenu avec la fin du projet SASS une activité non seulement possible mais nécessaire.

Le procédé qui garantit le contrôle en présentant le minimum de contraintes, c'est bien l'échange d'informations. A ce titre l'OSS, à travers le projet SASS, a d'ores et déjà permis

des avancées qui sont de l'ordre du miracle : la Base de Données élaborée renfermant l'ensemble des informations actuelles et passées sur tous les points d'eau, leurs niveaux, leurs débits, est opérationnelle et accessible aux trois pays. A cet égard, la bonne volonté des trois autorités de l'eau pour la communication des informations a été exemplaire. Par ailleurs, le Modèle du SASS est d'ores et déjà disponible et opérationnel dans chacun des trois pays. Une forme de concertation efficace peut d'abord consister à assurer l'entretien, le développement et l'actualisation permanente de ces deux outils : Base de Données et Modèle de Simulation. Cette mission doit être confiée à un organe permanent présentant les qualités indispensables à la pérennisation de l'opération¹⁸.

II. 2- DE L'ETUDE DU SASS AU PROJET DE MECANISME :

L'importance accordée par l'Algérie, la Libye et la Tunisie à la concertation en matière de ressources en eau partagées a donné lieu à trois mécanismes institutionnels bilatéraux:

- ✓ La commission technique mixte algéro-tunisienne de l'hydraulique et de l'environnement, établie au sein d'une 'grande commission', qui traite les questions relatives à l'évaluation des ressources en eau partagées, à la lutte contre la pollution, à l'échange d'informations sur les programmes d'aménagement hydraulique, au suivi des études concernant le SASS, et à la consolidation de la coopération bilatérale en matière de gestion des eaux.
- ✓ Les groupes de travail au sein de la 'grande commission' algéro-libyenne, pour ce qui concerne les eaux partagées par l'Algérie et la Libye; Les deux pays ont décidé de créer un 'comité technique mixte dans le domaine des ressources en eau.'
- ✓ La commission sectorielle tuniso-libyenne de l'agriculture, créée dans le cadre de la 'grande commission mixte tuniso-libyenne', vouée à l'échange d'expériences, la protection des nappes, les techniques de CES, l'identification d'études sur les eaux souterraines partagées, le suivi des études du SASS.

Participent aux travaux des commissions et groupes de travail ci-dessus les hauts fonctionnaires des ministères chargés de l'hydraulique. Les décisions sont consignées dans des procès-verbaux. Bien que les mécanismes institutionnels mentionnés ci-dessus se soient

¹⁸ FERSI M. ; 1979 : Estimation du ruissellement moyen annuel sur les BV du SE, du SW et Sahel sud ; DGRE, Tunis

avérés efficaces, dans la mesure où ils ont favorisé la discussion de thèmes importants dans le domaine de la gestion des eaux partagées, ils sont, et restent, bipartites.

De plus, ils ne sont pas suffisamment autonomes, dès lors qu'ils s'intègrent dans des mécanismes institutionnels ayant des objectifs plus larges.

Parmi les attributions envisageables du mécanisme tripartite, les propositions suivantes ont été formulées:

- 1- Recueillir, rassembler et évaluer les données hydrogéologiques relatives au SASS afin d'identifier les problèmes et les solutions en vue d'agir au moment opportun;
- 2- dresser l'inventaire des prélèvements, et des structures et installations hydrauliques y afférentes;
- 3- Contribuer à définir les objectifs, les politiques et les stratégies de gestion des ressources en eau du SASS;
- 4- Elaborer des programmes communs ou harmonisés de surveillance des ressources en eau et de traitement et d'évaluation des données;
- 5-Servir de cadre pour l'échange d'informations sur les prélèvements et les utilisations de l'eau, et sur les installations connexes existantes et prévues qui risquent d'avoir un impact transfrontières, et, en général, servir de cadre pour l'échange d'informations sur tous les aspects se rapportant aux ressources en eau du SASS ;
- 6- Etablir des procédures d'alerte et d'alarme;
- 7- Promouvoir la coopération et encourager la coopération dans le cadre de programmes de recherche scientifique;
- 8- Favoriser l'harmonisation des mécanismes institutionnels relatifs aux ressources en eau souterraines des trois pays;
- 9- Favoriser la coordination des activités des équipes nationales afin de renforcer la prévention, la maîtrise et la réduction de l'impact transfrontière de la gestion des ressources souterraines;
- 10- Organiser des consultations entre les responsables des trois pays;

On peut considérer que les trois pays du SASS sont favorables à la création d'un mécanisme tripartite permanent de concertation au niveau du SASS. Le point de départ est la nécessité de maintenir et de développer la base de données commune du SASS, ainsi que tout autre système pour l'échange régulier des données et des informations. L'échange de données doit par la suite servir de base à la formulation de politiques et de stratégies de l'eau. C'est ainsi

que la mise en place d'un mécanisme institutionnel élaboré et durable s'avère nécessaire, sa mise en œuvre devant se faire d'une manière progressive.¹⁹

II. 3- Ateliers Nationaux et Atelier Régional

La méthode de travail choisie par le projet RAB-0065 pour la préparation du mécanisme a consisté à élaborer toute la réflexion, les idées et les propositions au terme d'expertises réalisées par des consultants nationaux de chacun des trois pays. Toutes les propositions qui précèdent ont ensuite été discutées au cours des trois ateliers nationaux réalisés respectivement à Tripoli, Tunis et Alger en Novembre 2002. De ces trois ateliers ressortent nettement un certain nombre de points de convergence et de consensus portant sur :

- ✓ La nécessité d'assurer une continuité des travaux portant sur l'amélioration de la connaissance du système et de son exploitation (évaluation des risques, gestion de la Base de Données commune, réactualisation du Modèle, mise en place d'un réseau commun d'observation, formation, appréhension des aspects socio-économiques, développement de la recherche, etc...)
- ✓ La nécessité de renforcer les outils techniques, la définition d'un programme de travail, notamment le réseau d'observation commun, et d'un protocole d'échange de l'information
- ✓ La mise en place progressive de ce mécanisme, partant d'une structure efficace et légère, vers un mécanisme autonome plus élaboré et doté d'attributions plus importantes à terme.

L'Atelier Régional de synthèse s'est tenu à Rome les 19-20 Décembre 2002. Au terme des discussions et des débats qui se sont déroulés au cours des deux journées, les participants ont approuvé la forme présentée ci-après concernant la mise en place du Mécanisme de Concertation du SASS.²⁰

¹⁹ BRL ingénierie ; 1997 : Ghadames Project water resources ; Final report – vol. 1 : geology, hydrogeology, water cost.

²⁰ LEVASSOR A. ; 1978 : Simulation et gestion des systèmes aquifères. Application aux nappes du CT du Sahara algérien., thèse doct. Paris VI.

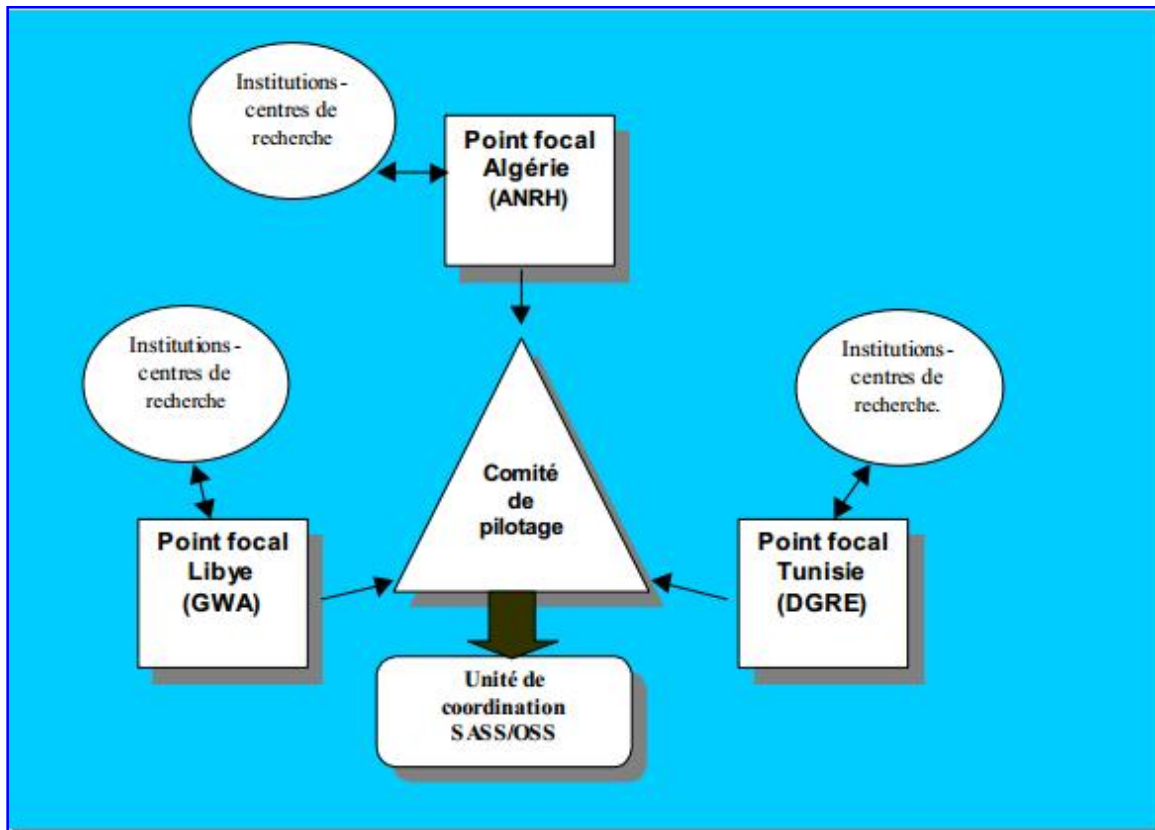


Fig. 3-4 : Schéma du Mécanisme de concertation dans sa première phase

II. 4- CARACTERISTIQUES DU MECANISME DE CONCERTATION :

Les principales caractéristiques, convenues lors de l'Atelier de Rome, sont les suivantes:
L'Objectif est de coordonner, promouvoir et favoriser la gestion rationnelle et concertée des ressources en eau du SASS.

- ❖ **La Structure est composée de :** Un comité de pilotage composé par les structures nationales en charge des ressources en eau, agissant en tant que points focaux nationaux. Le comité se réunit en session ordinaire une fois par an, et en session extraordinaire à la demande de l'un des trois pays ; la réunion dudit comité se tient alternativement dans chacun des pays ; la présidence du comité est assurée par le pays hôte une unité de coordination animée par un coordinateur désigné par l'OSS en concertation avec le comité de pilotage; un comité scientifique ad hoc pour l'évaluation et l'orientation scientifique, à mobiliser en tant que de besoin.
- ❖ **Statut juridique:** L'unité de coordination est gérée et abritée par l'OSS.

Attributions :

- ⇒ Gestion des outils développés par le projet 'SASS' (base de données et modèle de gestion) .
- ⇒ Mise en place et suivi d'un réseau d'observation de référence .
- ⇒ Traitement, analyse et validation des données sur la connaissance de la ressource .
- ⇒ Production et publication des indicateurs sur la ressource et les usages dans les trois pays .
- ⇒ Elaboration et mise en œuvre de programmes de formation et de perfectionnement .
- ⇒ Actualisation du modèle du SASS, d'une façon régulière .
- ⇒ Réflexion et formulation de propositions sur l'évolution et le fonctionnement du mécanisme de concertation, et sur sa mise en œuvre dans la deuxième phase.

CONCLUSION

L'exploitation du SASS présente trois principaux types de risques :

- la salinisation des nappes par inversion des écoulements .
- la chute du niveau dans les forages .
- le tarissement d'exutoires naturels .

Ces risques ne sont évidemment pas de la même gravité, le premier étant le risque majeur. Un décideur peut accepter des augmentations de coûts de pompage, mais doit refuser tout risque de salinisation, en raison de son caractère irréversible.

Les trois pays concernés par le devenir du système sont condamnés à rechercher ensemble une forme de gestion commune pour minimiser les risques liés à l'exploitation du bassin .

Conclusion general

L'un des objectifs de l'Etude du Système Aquifère du Sahara Septentrional était de construire, pour chacune des deux principales nappes : celle du Complexe Terminal et celle du Continental Intercalaire, un modèle numérique de simulation, l'objet des modèles étant de réaliser une synthèse cohérente des données et des connaissances acquises sur ces aquifères, établir le bilan des ressources en eau, déterminer les ressources exploitables et élaborer des modalités de gestion de ces ressources sur la base de scénarios de développement. Au terme de cette étude, qu'en est-il de la réalisation de ces objectifs?

- **Modèle du CI vs Modèle du CT**

Au démarrage du projet SASS, on était en présence de deux traditions, deux visions, deux conceptions parallèles de l'hydrogéologie saharienne :

-du coté Algéro-Tunisien, l'épaisseur des formations semi perméables de séparation, la très forte différence de charge entre les deux principales nappes, avaient conforté une tradition ancrée de traitement séparé du CI et du C T et les modèles depuis 1963 ont été conçus comme des monocouches indépendants ;

-du coté libyen, les couches de séparation entre formations aquifères sont moins épaisses et depuis le premier modèle régional en 1981, il a été opté pour une structure multicouche .

Pour assurer une harmonieuse conjugaison des visions hydrogéologiques dans les trois pays, la conception générale du modèle SASS a dû abandonner la dualité CI vs CT au profit d'une représentation Multicouche capable de fédérer les hydrogéologies de l'Algérie-Tunisie avec celle de la Libye. La représentation du « Multicouche Saharien» permet de préserver les meilleures conditions de simulation sur le long terme, intégrant le Turonien le Paléozoïque et prenant en compte les écoulements de drainance entre CI et CT.

- **Base de Données et Système d'Informations**

Cette phase du projet a comporté le diagnostic de l'existant, l'élaboration du modèle conceptuel, la réalisation et la mise en œuvre d'une BD commune. L'ampleur de la tâche se mesure à la diversité et à la multiplicité des opérations réalisées sur les 8800 points d'eau inventoriés : collecte, homogénéisation des systèmes de classement et d'identification, critique, détection des données aberrantes, correction, validation ...,

Le système d'informations obtenu, dénommé « Sagesse », autorise la mise à jour et l'ajout de nouvelles données, les requêtes statistiques, les graphiques, les connections BD-SIG-Modèle.

Conclusion general

- **Maîtrise des Risques et Indicateurs de suivi de la ressource**

Comment exploiter les nappes sahariennes dans l'optique d'un développement durable ?

Les trois pays concernés par le devenir du système sont condamnés à rechercher ensemble une forme de gestion commune pour minimiser les risques liés à l'exploitation du bassin. L'un des facteurs de risque concerne l'ignorance des effets et les dangers qui résultent d'une mauvaise connaissance de la nappe. La levée de ces incertitudes contribuera à améliorer davantage la représentativité du modèle et augmenter encore la fiabilité des résultats des simulations effectuées.

Les investigations et les recherches à venir doivent porter sur les questions relatives à:

- l'Exutoire Tunisien et le champ des Transmissivités connexes ;
- l'Emmagasinement en nappe libre ; le poids du Cambro-Ordovicien ;
- la nature de la limite orientale; la représentation du Golfe de Syrte ;
- les Foggaras ;
- les Chotts ;
- la Recharge des Aquifères ;
- l'exploitation des Réserves du Bassin Occidental ;
- la sensibilité du Modèle à ses Paramètres.

Il est par ailleurs primordial qu'un Réseau de Référence permanent soit mis en place pour assurer la production d'Indicateurs fiables et permettre le suivi et l'évaluation de la ressource : niveaux de prélèvements, réseau piézométrique, réseau qualité, réseau hydro-pluviométrique

ملخص

نظام المياه الجوفية في الصحراء يعني تراكب طبقتين الرئيسيتين من طبقات المياه الجوفية العميقة: (أ تشكيل كونتيننتال مقحم، CI، أعماق، ب مجمع المحطة، CT)، خصوصا رواجا واد غاية ريغ للصوف، والجريد، .هذا النظام يغطي مساحة أكثر من مليون كم² التي 700.000 كم² في الجزائر، 80.000 في تونس و250.000 في ليبيا. نظرا لظروف المناخ الصحراوي، ويتم تغذية هذه التراكبات بشكل سيئة: حوالي 1 مليار م³/ سنة في المجموع، تسربت أساسا سفوح الأطلس الصحراوي في الجزائر، فضلا عن الدهار وادي جي. نفوسة في تونس وليبيا. ومع ذلك، توسيع النظام وسمك طبقات ويفضل تراكم الاحتياطيات كبيرة. فكيف استغلال المياه الجوفية وراء الصحراء الكبرى معدل لها شحن عن طريق إنقاذ على الاحتياطيات المتراكمة في سياق التنمية المستدامة؟ كيفية ضمان سحب المياه القصوى لأفضل للتنمية في المنطقة من دون المخاطرة كثيرا للضرر لا رجعة فيه حالة الموارد؟ كان في هذه الشروط أن اليوم هناك تعريف الموارد القابلة للاستغلال من الصحراء الشمالية نظام المياه الجوفية [ساس]