



SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL



UNE CONSCIENCE DE BASSIN

VOLUME 1

RAPPORT D'ACTIVITES

Octobre 2002

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
1^E PARTIE : GENESE DU PROJET	5
2^E PARTIE : MISE EN ŒUVRE VOLET ACTUALISATION DE L'EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU : Activités scientifique et technique	13
3^E PARTIE : MISE EN ŒUVRE DU PROJET	56
4^E PARTIE : MECANISME DE CONCERTATION	72
CONCLUSION	75
ANNEXES	76

INTRODUCTION

Le présent rapport de synthèse fait état des activités réalisées ainsi que des modalités de mise en œuvre et de gestion du projet. Ce rapport est structuré en trois parties:

Dans une **première partie**, intitulée « Genèse du projet », la problématique des Grands Bassins Aquifères à travers les pays de l'OSS est décrite de manière succincte. Cette description est suivie par un rappel sur l'historique des différentes phases de conception du projet SASS, ainsi que par une description de la démarche adoptée, de concert avec les pays et les partenaires de coopération, pour démarrage du projet en Juillet 1999.

La **deuxième partie** traite de la mise en œuvre des volets relatifs à l'actualisation des connaissances, à l'élaboration et la mise en forme des informations et au développements d'outils de connaissance et de gestion adaptés.

Dans cette partie, les résultats techniques et scientifiques du projet sont développés conformément aux activités définies dans le cahier des charges. A chaque activité prévue, les réalisations et résultats atteints sont décrits. Cette manière de procéder permet à chaque fois de disposer d'une information élaborée sur les activités du projet, de voir si celles-ci sont conformes aux activités définies et de juger en quoi le projet a fait preuve d'apports nouveaux et d'enrichissements ou au contraire d'insuffisance.

Les principales activités portent sur trois composantes:

- **La Composante Système d'Information:** ce sous-projet, qui à l'origine consistait à rassembler un jeu minimum de données, s'est transformé en un véritable système d'information. Le bilan de cette activité démontre comment les ingénieurs nationaux ont été associés à cette phase d'activités et met notamment en évidence la dynamique d'échange instaurée entre les trois pays ainsi que les outils d'analyse de données mis en place. Au départ embryonnaires, les bases de données dans les trois pays ont fait l'objet d'améliorations et d'adaptations ayant permis leur harmonisation et autorise désormais leur mise à jour dans le futur.
- **La Composante Modèles de gestion :** dans la composante Modèles, il est fait une brève présentation de :
 - la réalisation du Modèle Conceptuel ainsi que des différentes étapes du calage
 - des différentes versions élaborées compte tenu des recommandations du Comité d'Evaluation et des données parvenues à mi-parcours
 - de l'atelier relatif au choix du logiciel
- **La Composante Simulations exploratoires :** une description de la démarche est présentée, ayant conduit les trois pays à un consensus:
 - les demandes des pays ont fait l'objet de simulations et les impacts, notamment négatifs, de ces scénarios préliminaires ont été définis et communiqués aux trois pays
 - sur la base de ces résultats, les pays ont demandé au SASS une optimisation des prélèvements. Ceci a conduit le projet à élaborer un micro modèle (de simulation-optimisation) autour duquel ont travaillé de concert les pays et le projet pour parvenir à un consensus.

Quant à l'articulation des activités, il y a lieu de noter:

- la mise en œuvre d'un lien modèle - BD – SIG,
- l'implication d'ingénieurs provenant des trois pays au choix des logiciels et dans toutes les étapes d'activités,
- l'implication des décideurs dans l'élaboration des scénarios d'exploitation,
- l'importante dimension prise par le volet formation.

La **troisième partie** du rapport traite de la mise en œuvre des diverses activités du projet. Dans cette partie, les points essentiels suivants sont traités:

- **la comparaison budget alloué/dépenses réalisées.**

Le budget des partenaires comporte cinq rubriques. Pour chaque rubrique, il est procédé à une comparaison entre le budget alloué et les dépenses réalisées. Ceci permet de voir si les dépenses ont été conformes aux budgets et objectifs prévus. Les éventuels écarts y sont commentés.

- **L'Acquisition du matériel et des équipements**

Les principaux équipements acquis (véhicules et matériel informatique) sont reportés dans deux tableaux. En annexe on trouve la liste des équipements et leurs coûts par pays.

- **Le Recrutement des experts**

Les modalités de recrutement des experts y sont explicitées, aussi bien pour les expertises de longue que de courte durée.

- **La Formation**

Le chapitre formation a été explicité avec tableau récapitulatif des divers ateliers et formations organisés. Cet aspect du projet a concerné près de 100 ingénieurs et cadres spécialisés.

- **L'Apport des pays**

L'apport des pays a été explicité et les efforts de contribution par rapport aux objectifs initiaux ont été mis en exergue. La remarquable contribution des trois pays mérite d'être signalée.

La **Quatrième partie** du rapport traite du **Mécanisme de Concertation**. Ce volet du projet a démarré bien plus tard que la partie technique et son achèvement est prévu pour Décembre 2002. A ce jour, les activités relatives au Mécanisme ont porté sur l'élaboration de:

- une synthèse sur les enjeux et risques liés au SASS,
- rapports liés aux aspects institutionnels et juridiques en rapport avec le SASS dans chacun des trois pays,
- un rapport préliminaire portant sur les options définies par chacun des trois pays.

A la fin décembre 2002, il est prévu l'organisation:

- d'ateliers nationaux en vue de débattre les options retenues
- d'un atelier régional en vue de la validation de la première esquisse du Mécanisme de Concertation. Cette esquisse sera approfondie durant la deuxième phase quant à la mise en œuvre du Mécanisme qui se traduira par:
 - la définition d'indicateurs de suivi
 - les modalités de mise en place et de contrôle
 - les types d'accord à mettre en œuvre

1^E PARTIE

GENESE DU PROJET

LE SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL S A S S

GENESE DU PROJET

I - LE PROGRAMME AQUIFERES DES GRANDS BASSINS DE L'OSS

A travers toute la région Saharo-sahélienne, il existe de grands bassins sédimentaires transfrontières comportant des systèmes aquifères partagés.

L'ensemble de ces bassins couvre une superficie approximative de 4.000.000 km² soit le quart de la superficie de la région Saharo-sahélienne de l'OSS.

Les immenses réserves mises en place n'autorisent toutefois pas une exploitation intensive, les facteurs limitant et les contraintes sont multiples :

- Grands espaces inaccessibles,
- Formations salifères potentiellement contaminantes,
- Profondeur des captages et température des eaux,
- Qualité chimique parfois médiocre,
- Risque de dégradation des sols,
- Investissement coûteux.

A la complexité des grands systèmes aquifères et aux facteurs limitant leur exploitation à grande échelle, s'ajoute l'absence d'études approfondies englobant les limites naturelles de ces bassins.

Chacun des pays de l'OSS a marqué sa propre contribution à l'amélioration des connaissances des ressources en eau qui lui sont propres. Mais dans le cas précis des ressources transfrontières, ces investigations unilatérales demeurent handicapées par la non prise en compte explicite des parties transnationales des réservoirs et les plans de développement qui en découlent peuvent être lourdement hypothéqués par l'ignorance des effets mutuels d'une exploitation intensive des réservoirs.

Au terme d'un tel constat, l'OSS a entrepris de développer, dans le cadre de son programme intitulé "**aquifères des grands bassins**", la concertation technique et scientifique entre les pays concernés pour promouvoir une conscience de bassin, c'est à dire **le sentiment de partager une ressource commune et la nécessité d'agir ensemble pour son exploitation rationnelle**.

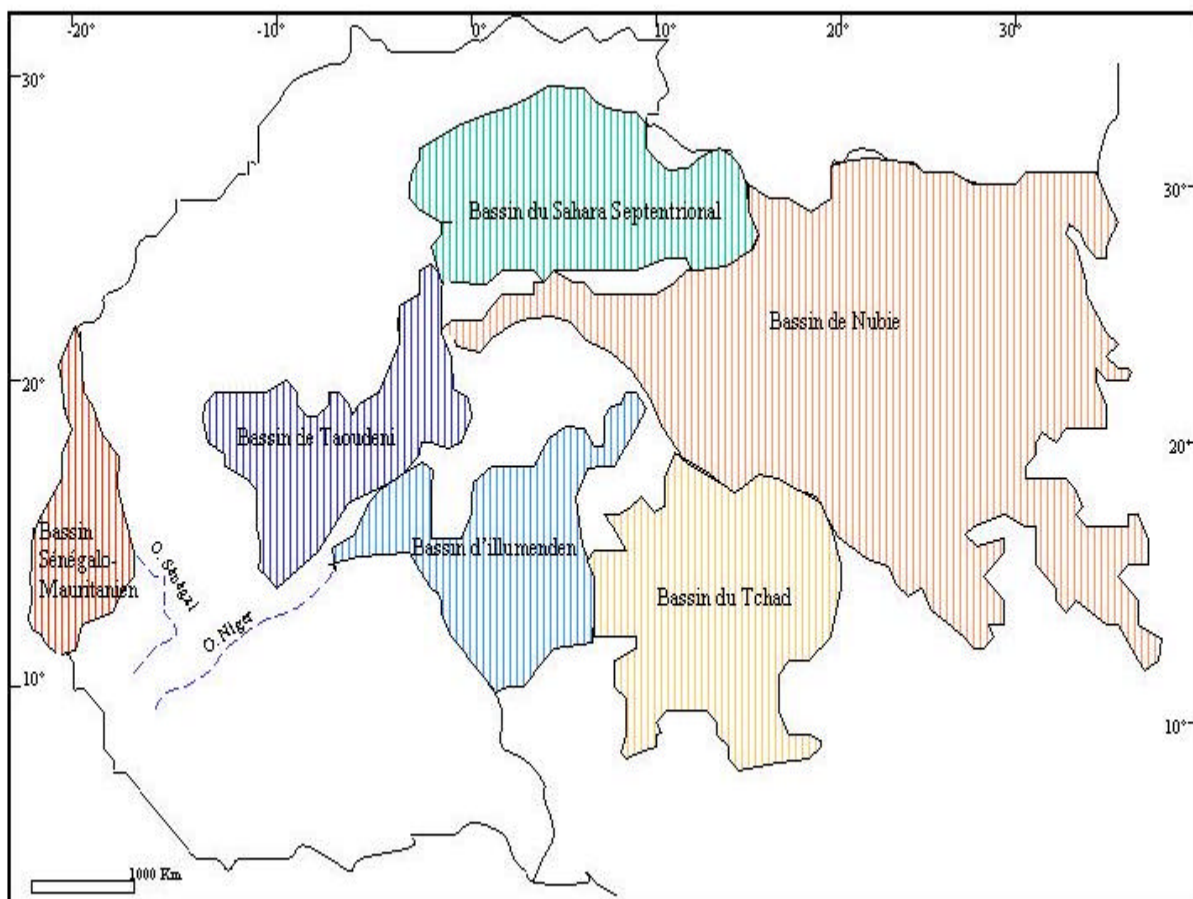
L'action de l'OSS consiste alors à créer les conditions favorables pour permettre aux scientifiques et décideurs des pays concernés et à leurs institutions de mener des réflexions communes concernant l'évaluation et la gestion de ces ressources dans le but d'aider les Etats à développer des stratégies concertées et des planifications coordonnées.

Six ateliers régionaux et spécialisés par bassin ainsi que les monographies réalisées par l'OSS ont permis de préciser le programme pour chaque aquifère qui porte essentiellement sur:

- Une étude d'évaluation des volumes exploitables et la mise en œuvre de scénarios consensuels,
- La réalisation de base de données communes destinées à valoriser l'information et autoriser son échange,
- L'organisation de séminaires thématiques et de formation regroupant des techniciens travaillant sur un même système pour la mise à jour de l'information et des échanges d'expériences,
- L'actualisation des états de prélèvements,
- La mise en place d'un mécanisme de concertation destiné à institutionnaliser le cadre de coopération et rendre durable les programmes de suivi, d'échanges et d'actualisation des informations à travers ces bassins.

Dans la partie Saharo-sahélienne de l'Afrique, la majeure partie des eaux souterraines est localisée dans d'immenses réservoirs que sont des bassins sédimentaires transfrontières.

Carte de localisation des principaux bassins sédimentaires transfrontières



	bassins	Pays concernés	Superficie en km2
Nord Sahara	Grés de Nubie	Libye, Egypte, Soudan, Tchad	2.000.000
	Sahara Septentrional	Algérie, Tunisie, Lybie	1.000.000
Sud Sahara	Lac Tchad	Tchad, Niger, Cameroun, Nigeria	350.000
	Iullemeden	Niger, Mali, Algérie	200.000
	Taoudéni	Mali, Mauritanie, Algérie	500.000
	Sénégal-Mauritanien	Mauritanie, Sénégal, Guinée Bissau, Gambie	30.000

En dehors des grands bassins sédimentaires trans-frontaliers, il existe dans la région sahélo-saharienne d'autres aquifères souterrains. Ceux-ci, de moindre importance et peu étendus, ont des ressources faibles et sont localisés dans:

- les infero-flux d'oueds, notamment à la périphérie des grands bassins
- les zones de socle en pays sahélien
- les bassins sédimentaires aux tailles réduites.

Ces ressources ne présentent pas un caractère trans-frontalier déterminant.

Outre les monographies élaborées par l'OSS sur les bassins sub-sahariens présentées et validées à l'atelier organisé à AGRHYMET/CILSS à Niamey en 1997, recommandant entre autres un intérêt prioritaire pour les bassins d'Illumenden et Sénégal-mauritanien, les travaux de réflexion de l'OSS ont permis le lancement d'un programme pour deux systèmes aquifères:

- les Grés de Nubie (NSAS – Nubian Sandstone Aquifer System)
- Le Système Aquifère du Sahara Septentrional (SASS)

Le choix de ces deux bassins était dicté par:

- la volonté des pays de mener des études communes en vue de définir les meilleurs scénarios de développement et de se concerter pour une gestion durable de la ressource,
- la masse considérable des données acquises durant les trois dernières décennies, avec la réalisation d'un nombre important de forages dans les zones auparavant mal connues.
- la disponibilité de plusieurs études ponctuelles et régionales notamment en Libye.
- un accroissement significatif des prélèvements destinés aussi bien à l'Alimentation en Eau Potable (AEP) qu'à l'irrigation avec mise en œuvre de grands projets de transferts.
- Les inquiétudes qui commencent à se manifester concernant la durabilité du développement et les impacts négatifs apparus ces dernières années, à savoir :
 - le tarissement des sources
 - l'affaiblissement de l'artésianisme
 - l'accroissement des rabattements
 - la dégradation de la qualité des eaux

- la disponibilité de tous les éléments nécessaires pour concrétiser les volontés de coopération et mettre en oeuvre un véritable mécanisme de concertation pouvant servir de modèle à des bassins similaires.

C'est ainsi que dans le cadre d'un financement préliminaire de l'Allemagne et de la France, ont été organisés plusieurs réunions et ateliers spécifiques, notamment ceux du Caire en 1992 et 1994 et Tunis 1997, groupant :

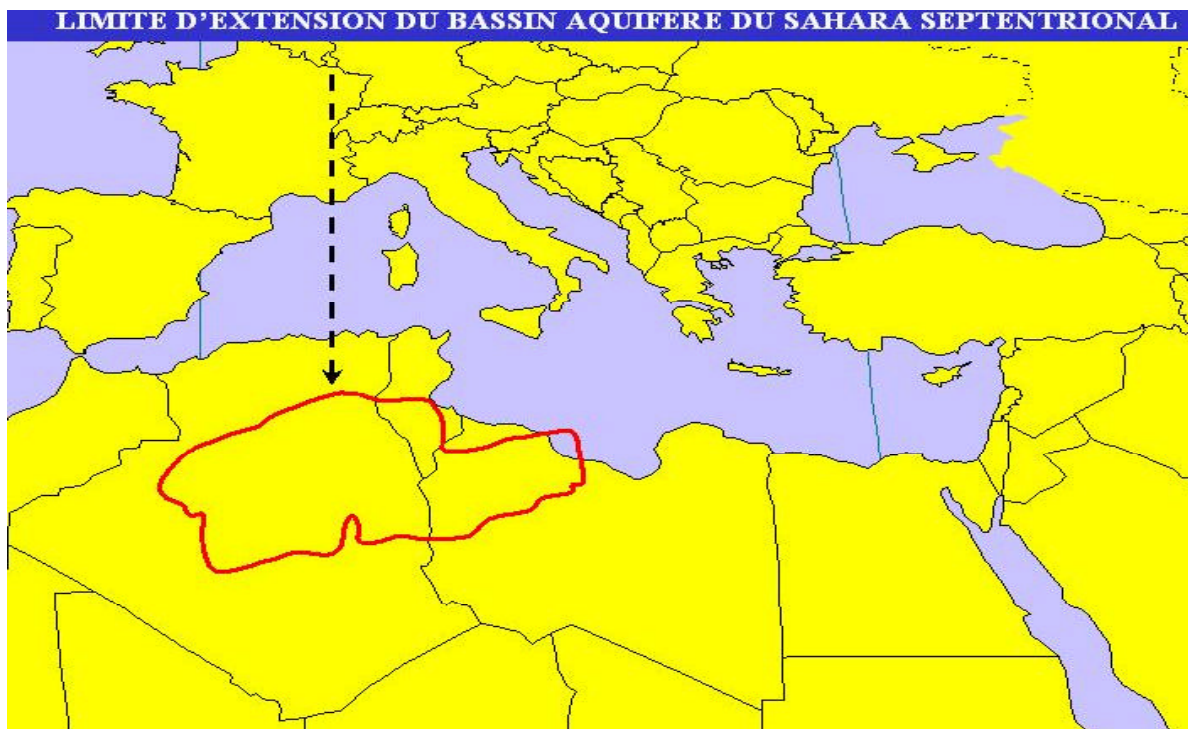
- l'OSS,
- les pays partageant les bassins du SASS et du NSAS,
- les partenaires internationaux de coopération, notamment UNESCO-FIDA-FAO et des organismes scientifiques comme l'OACT, le BGR, le BRGM, l'ACSAD, le CEDARE, le CILSS/AGRHYMET

La période inter-ateliers a été mise à profit pour confier à des experts et institutions nationales dans chaque pays la rédaction de documents techniques de travail, servant de contribution à l'élaboration de documents de projet pour chacun des deux bassins.

Deux avant-projets ont été établis:

- un document technique relatif à l'état des connaissances et les développements envisagés dans le futur, notamment sur le plan agricole.
- un document comparatif des législations et institutions

Concernant les grès de Nubie, le fort intérêt manifesté par l'Egypte a permis au FIDA de confier la poursuite de l'action OSS au CEDARE. Pour le SASS, une réunion préparatoire du document de projet a eu lieu à Tunis en mai 1997 groupant les institutions en charge de l'eau dans les trois pays, les organisations internationales (UNESCO, FIDA, OACT), les experts internationaux sous la présidence de l'OSS.



Lors de cette réunion, la démarche et le programme à mettre en œuvre ont été adoptés. Les pays ont demandé à l'OSS la préparation du cahier des charges. Celui-ci, comportant deux aspects:

- **Actualisation de l'évaluation des ressources en eau du SASS**
- **Mise en place d'un Mécanisme de Concertation à l'échelle du SASS.**

Ce document a été adopté par les pays lors de la réunion du 8-10 septembre 1997 à Tunis et qui ont par ailleurs chargé l'OSS de la prospection des financements extérieurs et d'assurer la "**maîtrise d'ouvrage**" de la mise en œuvre de ce programme.

Après plusieurs démarches, l'OSS a pu obtenir les financements du FIDA, de la DDC-Suisse et de la FAO et finaliser les procédures lors de la réunion du 29-30 avril 98 à Rome.

La réunion de Mai 1999 à Rome a permis d'envisager le démarrage officiel du projet SASS à compter du 1^{er} juillet 1999.

II - LANCEMENT DU PROGRAMME « SASS »

Lors de la réunion de mai 1999, tenue à Rome, l'OSS a été désignée officiellement par les pays et les partenaires financiers comme Agence d'exécution du projet .

Dans le cadre de la mise en œuvre de ce projet, un comité de pilotage présidé par l'OSS a été mis en place. Il est composé de :

- Partenaires de coopération: (FIDA, FAO et DDC-Suisse)
- Partenaires d'organisations à vocation internationale et scientifique (UNESCO, ACSAD, BGR)
- Directeurs Généraux des Institutions nationales des trois pays en charge des ressources en eau
 - ALGERIE : ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydrauliques)
 - LYBIE : GWA (General Water Authority)
 - TUNISIE : DGRE (Direction Générale des Ressources en Eau)

Ce comité a pour tâches principales :

- d'évaluer la validité et la qualité des résultats techniques obtenus au cours de la phase précédente;
- de discuter et d'approuver ou d'ajuster les programmes d'activités des phases de travail, ainsi que les programmes de dépense proposés par la coordination régionale du Programme et l'OSS dans les rapports qui seront soumis aux membres du Comité de pilotage deux semaines au moins avant la réunion.
- de proposer des solutions aux problèmes qui se posent pour l'exécution du Programme.

En tant qu'Agence d'exécution, l'OSS avait pour mission :

- d'assurer la gestion des fonds alloués au projet;
- de procéder à l'appel d'offres pour la sélection des experts régionaux et internationaux du Programme et leur recrutement,

- de procéder en collaboration avec le Coordinateur régional du Programme à la sélection et au recrutement des consultants selon le programme approuvé par le Comité de pilotage,
- de procéder à l'acquisition des équipements et matériels en accord avec les pays concernés et les partenaires de coopération,
- de fournir à la coordination régionale du Programme tout l'appui logistique requis pour un bon fonctionnement (locaux - avec le concours du pays hôte de la cellule de direction - secrétariat, impression rapports de synthèse, etc...),
- d'assurer la réalisation d'un audit financier externe de la gestion des fonds du Programme,
- d'assurer un audit scientifique des résultats.

Concernant le volet régional d'actualisation de l'évaluation des ressources en eau du SASS

L'OSS s'est assuré les partenariats nécessaires pour appuyer la mise en œuvre du Projet; notamment de l'UNESCO et de la FAO, compte tenu des excellentes relations de coopération entretenues avec ses institutions.

Sur la base de tâches qui lui sont assignées, l'OSS a procédé, d'un commun accord (lors d'une réunion tenue à Rome en mai 99 au siège du FIDA) avec les membres du comité de pilotage, à la sélection d'une équipe de coordination composée de trois experts:

- Un coordinateur régional
- Un conseiller scientifique et technique,
- Un conseiller pour le mécanisme de concertation.

Cette équipe de coordination, du projet avait pour rôle d'assurer sous contrôle de l'OSS, la responsabilité de l'exécution technique du Programme "**Actualisation de l'étude des ressources en eau du SASS**", avec pour tâches:

- fonctionnement du projet,
- coordination des contributions nationales,
- élaboration des termes de références des consultants,
- programmation, organisation et suivi des missions de consultants,
- établissement des contrats des consultants et diverses prestations,
- validation des rapports et résultats techniques,
- élaboration de notes techniques et rapports de synthèse,
- organisation des réunions et des ateliers de formation,
- direction des activités et suivi des résultats du Projet conformément aux recommandations du Comité de Pilotage et de l'OSS,
- préparation avec les coordinateurs nationaux des rapports d'activités qui seront soumis au Comité de Pilotage,
- préparation des rapports de synthèse selon les requêtes du Comité de pilotage,
- secrétariat du Comité de Pilotage.

Pour le volet Mise en place d'un mécanisme de concertation à l'échelle du bassin

Le Coordinateur Régional assisté de l'expert/conseiller, apporte son concours pour consolider le partenariat entre l'OSS et la FAO qui agit en tant qu'agence d'exécution et favorise toute action de nature à atteindre les objectifs visés.

Il dispose d'un **secrétariat** chargé de l'animation logistique et de la gestion opérationnelle, du suivi des programmes de travail.

D'une durée de trois années, le projet SASS a démarré le 1^{er} juillet 1999 sur la base de décisions du comité de pilotage (réunion de mai 1999 à Rome). L'OSS a entrepris toutes les démarches auprès des trois pays pour les détachements des trois experts retenus pour constituer l'équipe de coordination du Projet SASS. Il s'agit de **Djamel LATRECH** (Algérie), **Ahmed MAMOU** (Tunisie), **Sadok KADRI** (Libye).

L'OSS a tenu à respecter les délais d'installation de l'équipe et procéder à la mise en place du projet conformément au calendrier arrêté, malgré l'opération du transfert de son siège de Paris à Tunis.

2^E PARTIE

MISE EN ŒUVRE VOLET ACTUALISATION DE L'EVALUATION DES RESSOURCES EN EAU

Activités scientifique et technique

MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME SASS ET RESULTATS OBTENUS

Pour la mise en œuvre du programme et les résultats atteints, nous distinguerons trois aspects:

- Activités techniques
- Financement du projet
- Gestion du projet

I - ACTIVITES TECHNIQUES

Conformément au cahier de charge, les activités définies sont au nombre de 30, nous rappelons ci-dessous les objectifs assignés et les travaux réalisés.

Cette approche de présentation des activités ci-dessous permet de s'imprégner de la démarche et des résultats obtenus mais aussi de mesurer la conformité des activités menées par le projet avec celles définies dans le cahier des charges et évaluer les éventuels écarts.

ACTIVITE 1 : Préparation de rapport nationaux décrivant pour chaque pays les bases de données utilisées (format, champs, etc.) et les systèmes d'informations géographiques (nature des données utilisées, produits attendus, utilisateurs, logiciels utilisés, type d'équipement, capacités humaines, etc..

ACTIVITE 2 : Atelier animé par un expert pour définir le jeu minimum de données pour la base commune et les modalités d'harmonisation des bases de données

Des questionnaires ont été élaborés pour faciliter l'analyse de l'existant au niveau des trois pays. L'examen des éléments ainsi recueillis a permis de mettre en évidence un certain nombre de constats importants :

- les trois pays étaient confrontés, pour leur besoins quotidiens, à des problèmes de structuration des données hydrogéologiques et à l'intégration du SIG dans leur système d'information global.
- l'essentiel de l'information concernant la zone du SASS se trouvait dispersé dans des fichiers épars avec des formats hétérogènes (EXCEL, DBASE, ..) ou sur support papier
- Les données utilisées lors des études précédentes n'ont jamais été regroupées dans des fichiers informatiques. Les informations originales sont inexistantes, seules les données synthétiques (par maille, par région, ...) ont été retrouvées.

La démarche retenue par le projet a visé trois objectifs essentiels :

- collecte et organisation des données en vue de préparer la phase de modélisation. Cette action de collecte et de regroupement a permis au projet SASS de constituer la référence pour toutes les études futures.
- mise à profit du projet SASS pour aider les pays à mieux structurer les informations hydrogéologiques et à faciliter les opérations ultérieures d'actualisation et de préparation des conditions techniques favorables de la structure de concertation.

- mise au point progressive d'un outil d'aide à la gestion des eaux du bassin comportant un arsenal de requêtes de synthèse et la possibilité de visualisation graphique et cartographique. Mais ceci n'est possible qu'à partir du moment où les échanges de données entre les pays sont permis et facilités (mise en place de procédures d'actualisation de la base de données du SASS).

Cette façon d'aborder le problème a permis une meilleure implication des équipes nationales dans toutes les phases de réalisation du projet. Le rapport BD décrit dans le détail l'ensemble des actions entreprises dans ce sens.

Suite aux orientations de la démarche retenue (Activité 1), les activités suivantes ont été réalisées :

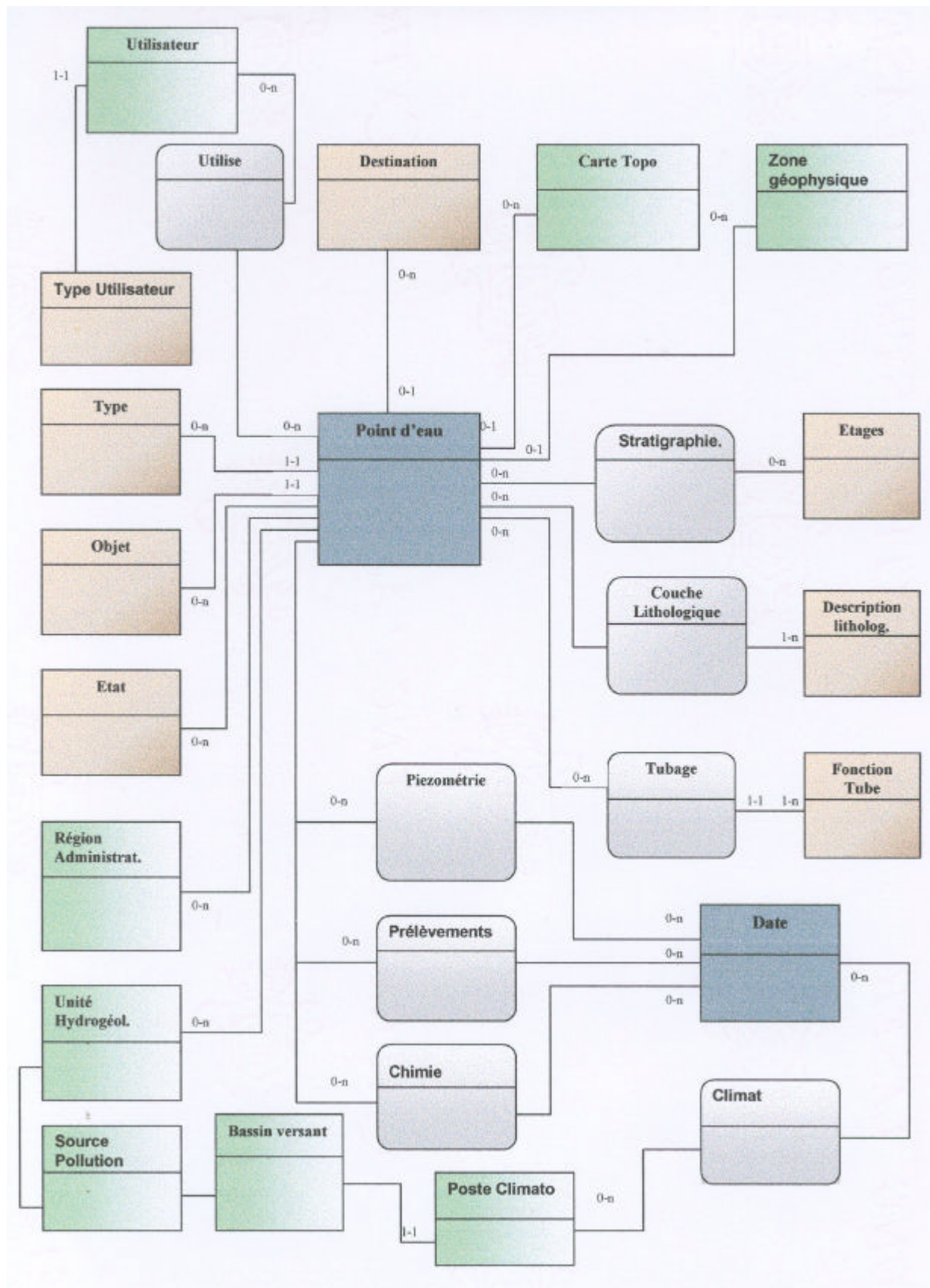
- questionnaire transmis et rempli par les trois pays comportant un inventaire de l'existant en terme de systèmes, moyens, logiciels et modes de traitement
- visite auprès des trois institutions pour recueillir leurs préoccupations et voir comment le projet s'intègre dans les activités quotidiennes
- deux ateliers ont été organisés :
 - le premier (01 au 04/12/99) ayant regroupé les équipes des trois pays et consacré à l'examen des informations existantes (nature, codification, règles de gestion) et surtout à l'ébauche d'un système intégré valable pour le projet SASS et pour les besoins des pays. Cet atelier a également servi à définir comment le SIG sera relié à la base de données.
 - le second a été organisé du 28 au 31/03/2000 pour valider l'architecture du système projeté et choisir la meilleure solution organisationnelle et technique pour le projet : équipements et logiciels, organisation de la collecte des données, modes de reprise des fichiers.

A partir du modèle conceptuel proposé (fig. 1), un noyau constituant le schéma de la base commune a été défini. Les adaptations nécessaires au niveau des bases respectives des pays ont été listées pour être réalisées lors de la phase ultérieure.

La dimension nouvelle prise par le volet « Base de données » a nécessité des étapes supplémentaires non prévues initialement par le projet.. C'est pour cela qu'un autre découpage a été élaboré :

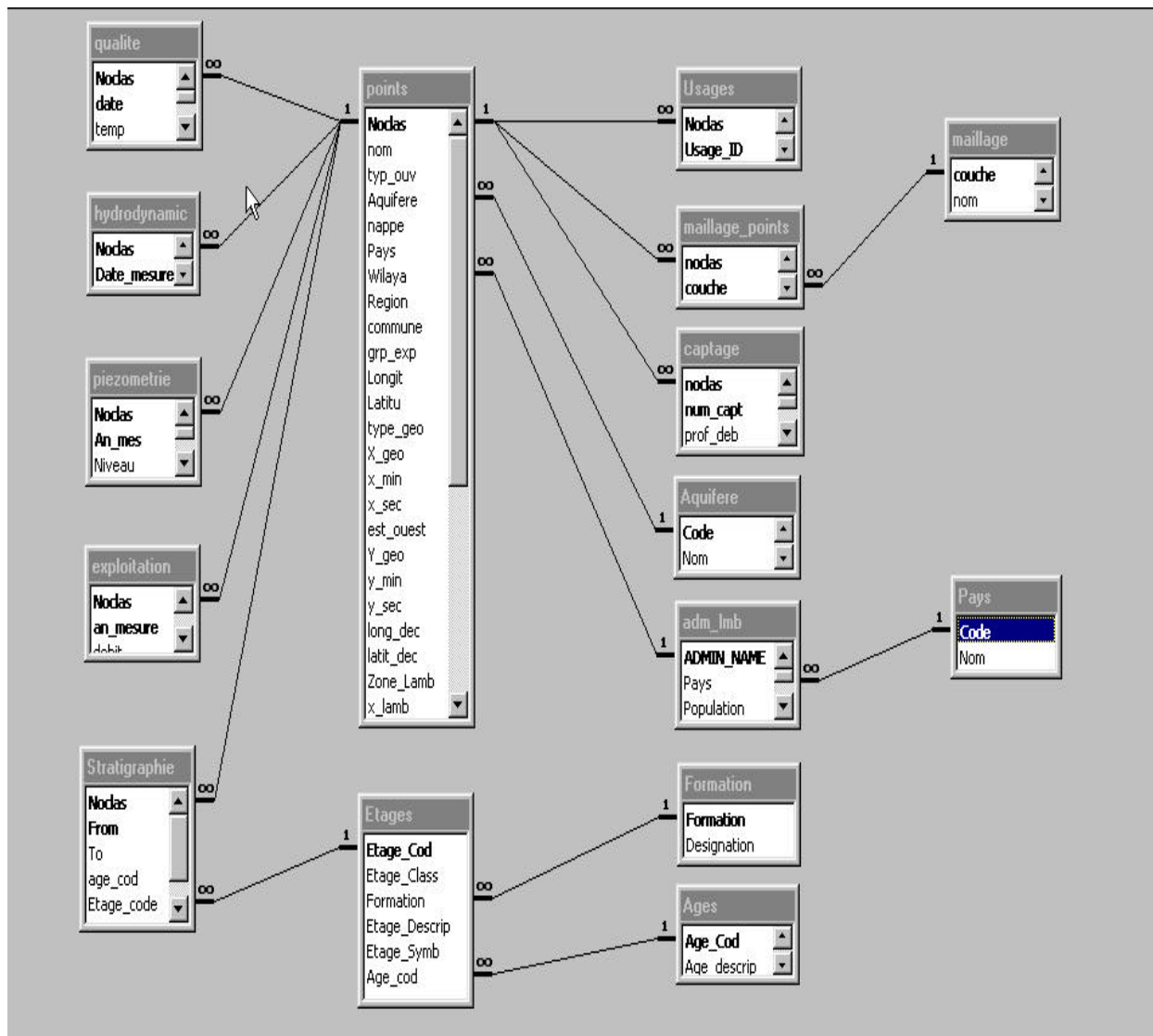
- **phase 1: « analyse de l'existant »** qui a consisté en un examen détaillé de l'existant, au niveau des trois pays (y compris pour leur besoins spécifiques hors projet), et à l'élaboration d'une solution organisationnelle et technique adaptée au contexte et facile à mettre en œuvre.
- **Phase 2 : « Conception et stratégie de mise en œuvre »** : établissement d'un modèle conceptuel de données le plus large possible et qui soit suffisamment ouvert pour permettre l'intégration d'entités supplémentaires. Celui-ci doit intégrer les données descriptives du SIG et les entités ayant une relation avec les données du modèle numérique et permettant d'extraire à partir de ce modèle un noyau commun utile pour le SASS pour l'installer sur la solution organisationnelle définie plus haut.

Fig. 1 : Modèle conceptuel global



- **Phase 3 « réalisation de la BD »** : cette phase a permis de mettre au point la base de données et les programmes de saisie, de contrôle et de transfert des données nécessaires au projet. Un ensemble de requêtes statistiques et de synthèse sont également développées pour faciliter certaines vérifications (Fig. 2).

Fig. 2 : Schéma de la BD



- **Phase 4 « mise en place du SIG »** : les différentes couches devant constituer le SIG, les données attributaires qui leur sont rattachées, ont été définies. L'échelle de numérisation, la reprise des données existantes, l'harmonisation des systèmes de projection ont été également définies.
- **Phase 5 « Mise en œuvre des liens BD-SIG-modèle »** : Plusieurs solutions ont été imaginées en fonction du logiciel de modélisation devant être choisi. Une étude des différentes options possibles a été réalisée. Ces solutions vont d'une simple adaptation de formats jusqu'au développement d'interfaces à l'aide des langages de programmation fournis avec le logiciel SIG ou le SGBD.

Cette dernière phase suppose que les données sont disponibles sur support informatique et que seul un travail d'harmonisation suffit pour les mettre dans la base de données commune. Or un premier diagnostic a révélé que :

- l'essentiel des données informatisées se trouve éparpillé entre différents formats,
- beaucoup d'informations sont sur support papier et ont exigé une compilation des rapports d'étude, puis une codification et une mise en forme avant leur intégration dans la BD
- quelque soit leur forme, les données disponibles ne sont pas exhaustives, elles ont été complétées pour être utilisables.

ACTIVITE 3 : Organisation de stages de formation complémentaires (deux semaines par stage et par pays)

Plusieurs formations et stages ont été réalisés au sein des administrations de l'eau des trois pays :

- Formation sur les concepts de système d'information, de SIG et des règles fondamentales régissant les bases relationnelles,
- Initiation au SGBD-ACCESS (tables, requêtes, formulaires),
- Initiation au logiciel SIG et plus particulièrement aux liens avec la base de données,
- Formation aux outils d'analyse de données : requêtes statistiques, requêtes spatiales à l'aide du SIG, mise à jour des données manquantes à partir du SIG.

Une deuxième série de missions ont été effectuées, une fois l'ensemble des données collectées et introduites dans la base de données commune (1 semaine par pays), pour permettre :

- La mise en cohérence entre les données recueillies par les pays et celles introduites par l'équipe du SASS,
- La validation des contenus des bases de données, après comblement des lacunes,
- Le recueil d'informations complémentaires par les équipes nationales.

Concernant les SIG, des formations complémentaires ont été dispensées dans chaque pays concernant les logiciels acquis :

- ARC VIEW
- SPATIAL ANALYST

Choix des équipements et logiciels

Le choix des logiciels a été réalisé de manière conjointe expert - équipes nationales - équipe du projet. Il a été tenu compte de l'environnement disponible dans chaque pays.

SGBD

La sélection du logiciel SGBD a été traitée lors de l'atelier regroupant les ingénieurs chargés des Bases de Données dans les pays et après analyse des divers SGBD disponibles.

- ACCESS
- ORACLE
- SQL-SERVER

Le choix d'ACCESS a été dictée par:

- Sa disponibilité dans chaque institution nationale,
- Sa maîtrise plus ou moins parfaite par les nationaux, les bases étant déjà sur ce SGBD,
- Son interfaçage facile avec les SIG, notamment sur PC.

SIG

Le logiciel ARCVIEW couplé avec SPATIAL-ANALYST a été choisi compte tenu de:

- Sa compatibilité avec ACCESS,
- Sa fiabilité d'utilisation,
- Son usage répandu dans le domaine des Ressources Naturelles,
- Sa disponibilité dans les pays et sa familiarisation par les ingénieurs.

Tous ces logiciels ont été acquis par le projet et mis à la disposition de chaque pays.

ACTIVITE 4 : Programmes de conversion de formats entre les bases de données et soutien aux pays pour le bon fonctionnement des SIG développés

L'ensemble des données hétérogènes recensées ont fait l'objet d'un transfert vers la nouvelle structure de données communes. Ces transferts ont été réalisés à l'aide de requêtes et modules spécifiques développés en étroite collaboration avec les équipes des pays (cf. Volume 1).

Il a été parfois nécessaire d'effectuer des traitements préliminaires avant transfert : changement de type ou format, ajout de colonnes inexistantes, harmonisation des codes, ...

ACTIVITE 5 : Atelier de validation

Un atelier de validation des programmes, suivi d'un transfert officiel de la Base de Données, a été organisé dans chaque pays. Le projet s'est assuré de la maîtrise et du fonctionnement du système d'information dans chaque institution nationale.

ACTIVITE 6 : Harmonisation des données géodésiques entre les trois pays

Dans le cadre de l'harmonisation des Systèmes Géodésiques de référence, un atelier a été organisé à Tunis, les 13 - 14 avril 2000.

Cet atelier a regroupé :

- les coordinateurs nationaux du projet,
- les institutions chargées de la Cartographie - Géodésie dans chacun des trois pays,
- des experts en Cartographie et Géodésie.

A l'issue de cet atelier, il a été retenu de:

- analyser les données altimétriques libyennes et de les comparer au système commun algéro-tunisien pour contrôler l'éventuelle conversion des altitudes. Il s'agit donc de déterminer l'écart entre les deux systèmes de référence et d'appliquer à l'un des systèmes la correction nécessaire d'harmonisation du nivellement.
- utiliser éventuellement le GPS pour un nivellement utile et rapide compte tenu du délai imparti à la phase « mesures d'altitude » et pour compléter les mesures existantes. Sur la base des recommandations ci-dessus, les informations géographiques ont été recueillies de diverses sources :
 - modèle numérique à 1/1000 000 de l'USGS-Etats Unis,
 - cartes issues des études antérieures (ERESS notamment),
 - couvertures topographiques fournies par les organismes nationaux de cartographie,
 - la DCW fournie à l'OSS par WRI-Etats Unis,
 - cartes élaborées par l'équipe du SASS.

L'analyse de leur base mathématique et de leur contenu a permis l'élaboration d'un support cartographique à 1/2.000.000^e couvrant l'ensemble du Bassin du SASS dans la projection conforme Lambert Sud-Algérie.

Ce support a été livré au pays sous forme papier et CD avec une notice technique. Par ailleurs et sur instruction du Secrétaire Exécutif de l'OSS les 25 cartes et les documents de l'ERESS, quasiment introuvables, ont été numérisées et transférées sous forme CD avec un tirage papier aux trois pays leur permettant de capitaliser cet acquis considérable. Un CD a été transmis à l'UNESCO.

Les principales opérations réalisées par un bureau spécialisé en cartographie, pour cette capitalisation, ont porté sur:

- la saisie du fond topographique,
- la saisie des différentes couches thématiques et leur structuration en format ARC/INFO,
- l'impression des cartes et documents sur papier.

Cette opération constitue une contribution de l'OSS à l'enrichissement du patrimoine informationnel des pays.

ACTIVITE 7 : Sélection dans chaque pays de points d'observations qui constituent un réseau minimum d'observation de l'ensemble du bassin

Dans chacun des trois pays, les historiques de mesures sont hétérogènes, avec souvent des lacunes dans la chronologie et une répartition spatiale inadéquate. Pour une meilleure analyse de la piézométrie, l'équipe du projet a d'abord procédé à l'analyse des mesures piézométriques disponibles. Sur un réseau comportant **1164** points d'eau, un réseau minimum de **194** a été sélectionné comme représentatif (car disposant d'historiques) d'un réseau minimum commun.

Des compléments de mesures ont été réalisées pour disposer d'un état de la piézométrie 2000 actualisé. La répartition à travers les trois pays est indiquée dans le tableau ci-dessous.

Nombre de points d'eau ayant plus d'une mesure de piézométrie

Aquifères	Pays	Points d'eau observés	Points d'eau sélectionnés
CI	Algérie	273	64
	Tunisie	92	16
	Libye	137	30
CT	Algérie	378	50
	Tunisie	257	10
	Libye	27	24
Total		1164	194

ACTIVITE 8 : Préparation de rapports nationaux sur les méthodes d'estimation des prélèvements

Chaque pays a élaboré un état de prélèvements avec des méthodes d'estimation ou de comptage des débits.

ALGERIE

L'estimation des prélèvements est réalisé en se référant aux données des campagnes d'inventaires des points d'eau.

TUNISIE

Les prélèvements sont estimés annuellement et font l'objet de publication annuelle (annuaire piézométrique)

LIBYE

Les prélèvements ne sont comptabilisés qu'à l'occasion des grandes études régionales. L'enquête menée en 1999 par les équipes de la GWA a permis de compléter partiellement l'actualisation de l'information. Les rapports nationaux des trois pays ont été analysés et ont montré la difficulté de disposer de données exhaustives relatives aux prélèvements compte tenu:

- de l'étendue des bassins,
- du nombre considérable de points d'eau,
- des équipements nécessaires

Ces rapports nationaux ont été traités et analysés par l'équipe du projet qui les a complétés par:

- des missions ponctuelles sur terrains par les équipes nationales
- la recherche et l'analyse d'informations dans divers documents disponibles dans les pays.

ACTIVITE 9 : Atelier pour :

- **Présenter et approuver le réseau de points d'observation et la fréquence des observations**
- **Recommander les méthodes permettant l'estimation rapide des prélèvements**

L'approche développée pour le projet a consisté d'abord à analyser les données relatives aux mesures et prélèvements. Ceci a permis l'élaboration d'un document «**analyse des données** » qui a été transmis aux trois pays.

Pour le traitement, l'analyse et la validation du volume considérable de données recueillies, le projet a développé des outils qui ont permis de détecter les anomalies les plus frappantes et de prendre connaissance des lacunes.

Ces outils se répartissent en deux grandes catégories: **requêtes statistiques** fournissant des tableaux et listes d'anomalies transmis aux trois administrations pour compléments et corrections, **requêtes spatiales** utilisant le SIG pour mettre en évidence les erreurs de coordonnées et autres champs de type spatial.

Requêtes statistiques

Il s'est agit d'extraire à partir de la base de données des synthèses par pays et/ou unité administrative, par système aquifère, par type d'ouvrage. Ces tableaux ont été confrontés à des résultats d'études pour aider à détecter les anomalies qui pourraient exister dans la BD.

On peut citer à titre d'exemples les tableaux ci-après:

- nombre de points d'eau par unité administrative, par aquifère et par période,
- somme de prélèvements effectués par pays et par aquifère à une année donnée,
- part des prélèvements par nappe pour chacune des unités administratives,

Requêtes spatiales

Ce type de requêtes combine les couches du SIG et les informations de la BD:

- liste des points d'eau dont un ou plusieurs paramètres sont en dehors d'un intervalle donné.
- liste de points d'eau dont la valeur du champ "wilaya" est incompatible avec les limites géographiques de l'unité administrative,
- cartographie des points dont le débit est supposé artésien et superposition avec la couche "limite de l'artésianisme",
- carte des rabattements entre deux dates données,
- carte des écarts entre les altitudes des points d'eau figurant dans la BD et celles issues du modèle numérique de terrain de l'USGS-Etats Unis,
- cartographie des profondeurs des points d'eau extraites de la BD et comparaison avec les toits et murs des aquifères.

Résultats atteints

L'ensemble des requêtes a permis de répertorier plusieurs sources d'erreurs dans les bases de données pour plusieurs points d'eau:

- absence de coordonnées,
- erreur dans les coordonnées,
- absence de N° de classement,
- débit d'exploitation non mentionné ou erroné,
- altitude absente ou erronée,
- erreur ou lacunes dans la piézométrie,
- forages artésiens en dehors de la zone d'artésianisme et vice-versa,
- rabattements anormaux.

Cette analyse a conduit à:

- mieux définir les compléments de travaux de terrain,

- identifier les lacunes à combler dans les historiques des prélèvements et mesures des niveaux,
- déceler les erreurs et correctifs à y apporter,
- rendre plus efficaces les inventaires des points d'eau,
- mieux évaluer les prélèvements et les rabattements.

Au terme de cette analyse des données, plusieurs ateliers de travail (2 par pays) ont regroupé l'équipe de projet et les équipes nationales pour:

- planifier des missions de terrain nécessaires à la validation et à la vérification de l'information,
- assurer la correction et l'amélioration des données introduites dans la base de données.

Cette approche, plus adaptée que la définition de méthodes de prélèvements, a permis d'assurer la préparation de données validées et fiables concernant, notamment, les prélèvements, les mesures de niveau et la salinité de l'eau en accord avec les équipes nationales.

ACTIVITE 10 : Réalisation des campagnes de mesure pour arrêter une situation actualisée des prélèvements, de la piézométrie et de la qualité chimique de l'eau

Au vu des résultats de l'analyse de données et des lacunes détectées, des campagnes de mesures piézométriques, de confirmation des emplacements des points d'eau et de résidu sec ont été effectuées dans chacun des trois pays.

Ces campagnes ont porté sur :

En Libye

- La mesure du débit actuel de la source de Tawargha et des points d'eau surveillés,
- Des campagnes piézométriques,
- Des prélèvements d'eau pour analyses chimiques.

En Algérie

- L'actualisation des prélèvements des forages d'eau des champs pétroliers,
- La révision des inventaires d'EL-OUED,
- Les mesures piézométriques complémentaires à: Ghardaïa, Wargla et El Oued,
- L'actualisation de l'état de la piézométrie du CT et CI pour l'an 2000.

En Tunisie

- Campagne de mesures du débit des forages pour l'an 2000, dans le Djérid, Nefzaoua et Gabes.
- Campagne de prélèvement d'eau par analyses chimiques et mesure de la conductivité

ACTIVITE 11 : Saisie des données sur la base commune

Une fois réalisés les modules de saisie, de vérification et de mise à jour des données, le travail de collecte a été réparti entre l'équipe du SASS et les équipes des pays comme suit :

- le SASS pour les données antérieures à 1981 se trouvant dans les rapports et autres

- documents d'étude
- les équipes des pays pour les données postérieures à 1982 (caractéristiques des points d'eau, historiques prélèvements – piézométrie et qualité).

Une phase de mise en cohérence, validation a été réalisée pour chacune des trois administrations. Les données recueillies ont été introduites dans la base de Données commune. Près de 23.000 données ont été saisies concernant plus de 3000 points d'eau. Le type de données et la répartition par aquifère et par pays sont répertoriés dans le tableau ci-dessous.

Statistiques sur la base de données

Aquifère	Pays	Nb Pts d'eau	Nb mes NS	Nb mes Q
CI	Algérie	676	753	2142
	Tunisie	120	321	1423
	Libye	183	407	457
CT	Algérie	1484	1623	3655
	Tunisie	352	1173	8560
	Libye	192	74	582
Total		3007	4351	16819

ACTIVITE 12 : Analyse des données géologiques et géophysiques de sondages pétroliers et hydrauliques (lithologies, diagraphes, géophysiques) nécessaires pour la modélisation et pour la caractérisation des formations aquifères et la compréhension du fonctionnement hydraulique des niveaux aquifères

Logs de forages pétroliers

Outre l'information géologique de surface dont on déduit notamment l'extension des affleurements aquifères et les aires potentielles de recharge, l'analyse structurale des réservoirs et les corrélations lithostratigraphiques découlent essentiellement de l'examen des logs de forages, notamment des forages pétroliers en Algérie, en Tunisie et en Libye.

La tâche du SASS a consisté en la reprise des dépouillements des logs de forages, en Algérie et l'actualisation de l'information en Tunisie. Il a été procédé à l'amélioration de l'état des connaissances par les nouvelles données et l'ajout des forages libyens. La valorisation des données géologiques de subsurface publiées dans les études antérieures a été faite par l'élaboration d'une carte des affleurements au 1/2.000.000 à l'échelle du bassin.

L'ensemble des forages, dont les données géologiques ont été prises en considération pour l'étude de la structure du Bassin, avoisine le nombre de 290 qui se répartissent comme suit:

	CI + CT
Algérie	163
Libye	106
Tunisie	21
Total	290

Ces données ont servi à :

- l'établissement de corrélations à travers tout le bassin selon les directions : Est-Ouest et Nord-Sud
- l'élaboration des cartes de toit, mur et épaisseurs des aquifères.

⇒ **Points d'eau:**

Les historiques d'évolution des points d'eau dans le SASS sont consignés dans les figures ci-dessous :

Fig. 3 : Nombre de points d'eau du CI

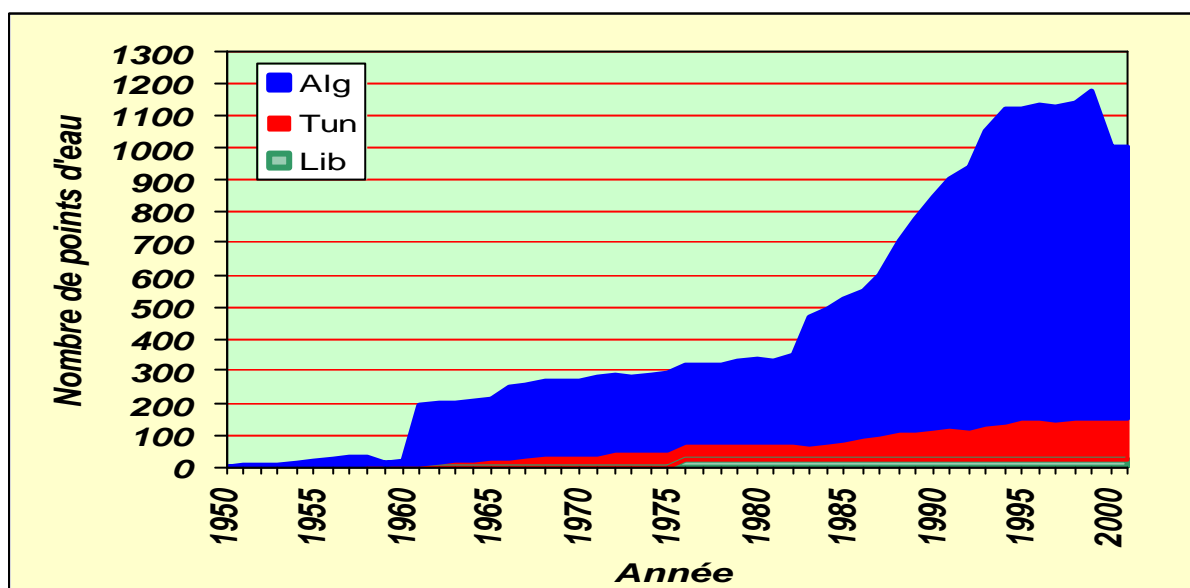
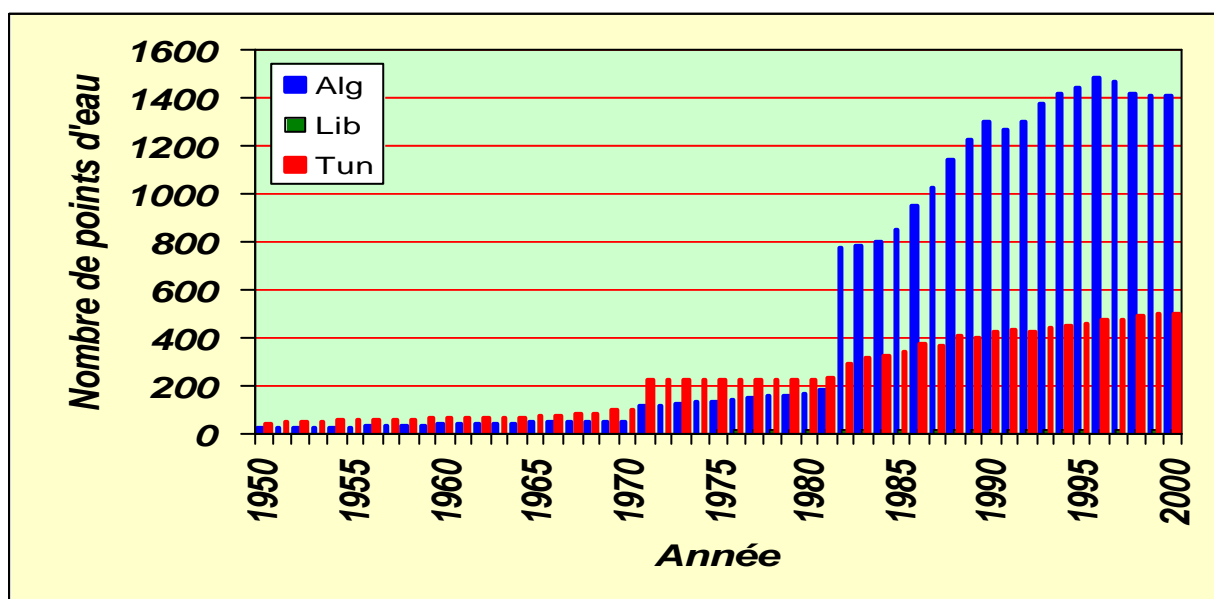


Fig. 4 : Nombre de points d'eau du CT



L'accroissement du nombre de points d'eau a été significatif après 1980, dans les trois pays, où l'on enregistre près de 3000 forages. L'apport en information a permis d'étendre les connaissances aux nouvelles zones et de disposer d'un suivi actualisé jusqu'en 2000.

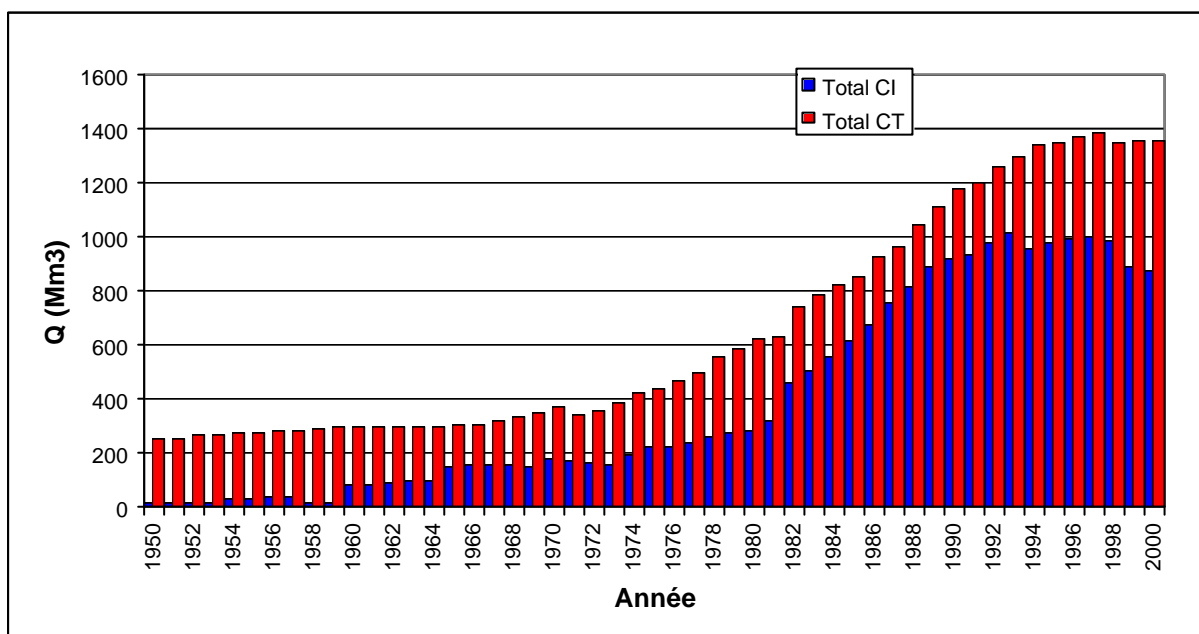
ACTIVITE 13 : Rassemblement des informations et données sur les prélèvements, les niveaux piézométriques et la qualité de l'eau qui ont été collectés depuis 1950; établissement de l'historique des prélèvements et des niveaux.

Les informations rassemblées ont concerné tous les points d'eau depuis leur création et pas seulement après 1970, car si cette période est appropriée pour l'Algérie et la Tunisie, ce n'est pas le cas en Libye dont les informations antérieures à 70 étaient très utiles.

Dans l'objectif d'un calage permanent avec situation d'équilibre, les informations collectées s'étendaient à la période 1950 - 2000.

La figure ci-dessous retrace les historiques des prélèvements 1950 - 2000.

Fig. 5 : Prélèvements globaux dans les aquifères du CI et du CT



Les niveaux piézométriques et la qualité des eaux concernent, un nombre considérable de données dont les historiques figurent dans la BD et des extraits sont présentés de manière régionalisée et groupée dans les rapports « **synthèse hydrogéologique et Modèles** ».

Répartition des données collectées par pays et par aquifère.

QUALITE DES EAUX			
Pays	CI	CT	Total
Algérie	335	1236	1573
Tunisie	209	2008	2230
Libye	149	87	237
Total	693	3331	4040

Aquifère	MESURES PIEZOMETRIQUES		
	Pays	Nb pts d'eau	Nb mes NS
CI	Algérie	676	753
	Tunisie	120	321
	Libye	183	407
CT	Algérie	1484	1623
	Tunisie	352	1173
	Libye	192	74
Total		3007	4351

Près de **9000 données** ont été collectées pour les historiques piézométriques et qualité

ACTIVITE 14 : Réalisation de nivellement avec GPS si nécessaire

Des campagnes de nivellement, menées par les équipes nationales, ont été réalisées afin de disposer de l'altitude de certains points piézométriques. L'essentiel de l'information sur l'altitude des points est puisée dans les archives des trois administrations. L'établissement d'un MNT à l'échelle du bassin, en se référant aux cartes digitalisées et à DCW, a permis de disposer d'un système de contrôle pour la vérification des altitudes des points d'eau.

ACTIVITE 15 : Rassemblement des informations sur les pompages d'essai et les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères, éventuellement réalisation de quelques pompages d'essai

L'ensemble des informations concernant les paramètres hydrodynamiques a été collecté aussi bien par les équipes nationales que par l'équipe du projet. Plus de 500 données ont été recueillies et dont la répartition par aquifères et par pays est consigné dans le tableau ci-dessous.

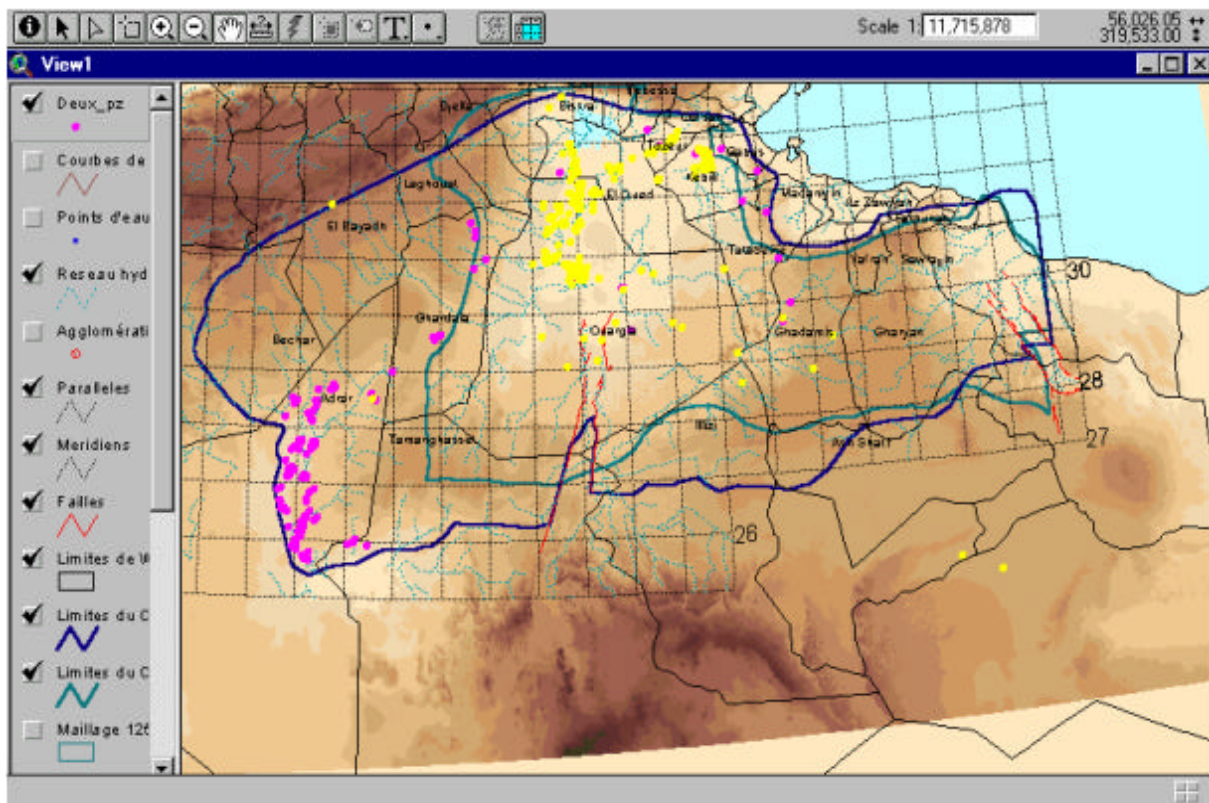
AQUIFERE	PAYS	NB MES T
CI	Algérie	12
	Tunisie	13
	Libye	190
CT	Algérie	79
	Tunisie	196
	Libye	-
Total		490

ACTIVITE 16 : Introduction des données rassemblées dans la base des données Géographiques

Une fois l'architecture du SIG réalisée (couches, codifications, données descriptives) et après avoir défini le système de projection, l'ensemble des données géographiques numérisées ont été converties au format ARCVIEW (logiciel SIG choisi pour le projet).

Les autres cartes ont été numérisées par un bureau d'étude selon les consignes élaborées par le SASS en collaboration avec « l'expert base de données – SIG » (Fig. 3)

Fig. 6 : Couches principales du SIG



ACTIVITE 17 : Reconstitution des cartes piézométriques correspondant à plusieurs époques de l'histoire de l'exploitation des nappes en question

Pour les besoins des modèles, "l'état initial" et "l'état actuel" sont importants aux différents calages. L'état initial a été assimilé à 1950 et l'état actuel à l'an 2000. Les cartes qui traduisent des situations historiques sont celles de la piézométrie et de la salinité. Elles ont été élaborées pour chacune des deux nappes (CI et CT) pour ces deux principales dates.

Ces cartes ont été contrôlées par des situations intermédiaires sur la base de l'historique disponible au niveau des points d'eau et à l'aide des cartes partielles des études disponibles.

Comme la salinité de l'eau n'accuse pas de variations sensibles, seule la situation initiale est retenue. Elle a été complétée par des historiques d'évolution de la salinité sur les points où cette variation est la plus sensible. Un total de 6 cartes, dont 4 cartes piézométriques et 2 cartes de la qualité, ont été élaborées.

- Carte de la piézométrie initiale du Complexe Terminal (1950)
- Carte de la piézométrie initiale du Continental Intercalaire (1950)
- Carte piézométrique du Complexe Terminal (2000)
- Carte piézométrique du Continental Intercalaire (2000)
- Carte de la salinité du Complexe Terminal (2000)
- Carte de la salinité du Continental Intercalaire (2000)

ACTIVITE 18 : Elaboration d'un modèle conceptuel pour chaque système aquifère décrivant son fonctionnement hydrodynamique et ses interrelations et qui servira de base pour l'élaboration du modèle mathématique. Il sera question de préciser les conditions aux limites et à l'intérieur du domaine, le fonctionnement du système aquifère avec régime permanent ou en vidange continue, etc...) le pas de temps, etc..

Les principales données et connaissances acquises durant les trente dernières années sont résumées dans le tableau ci-dessous , notamment, les études fondamentales, les forages pétroliers et les nombreux points d'eau ont été analysés et traités.

Données acquises durant les 30 dernières années

	1970-1981	2000	Résultats
Superficie étudiée	800.000Km ² (Algérie + Tunisie) Limites artificielles Etudes tronquées	1.000.000Km ² (Algérie + Tunisie + Libye) Limites naturelles du bassin Etudes complétées.	
Etudes et données	50 documents (rapports, thèses, ..) 160 forages pétroliers	200 documents comprenant (rapports, thèses, modèles, ..) 80 forages pétroliers supplémentaires	Connaissances plus précises : - Géologie - Géométrie du système
Prélèvements	800 points d'eau 600 Millions de m ³	7000 points d'eau 2.5 Milliards de m ³	Données avec historique sur 50ans : - qualité - productivité - paramètres hydrodynamiques
Informatique	Mailles fixes et nombre limité	Logiciels performants Modèle multicouche BD + SIG	Mailles : nombre important et tailles variables Outil d'analyse des données

A l'issue de ce dépouillement et de cette analyse, un schéma hydrogéologique général du Sahara Septentrional (fig.7) a été élaboré. L'examen des conditions géologiques, lithostratigraphiques, piézométriques, de la qualité chimique, des historiques de rabattements, des bilans des flux a permis au projet de disposer d'une masse d'informations suffisante pour élaborer un modèle conceptuel pertinent.

Au terme de cette analyse, et en regard de la schématisation à quatre couches aquifères qui ressort des corrélations lithostratigraphiques, il a été convenu de:

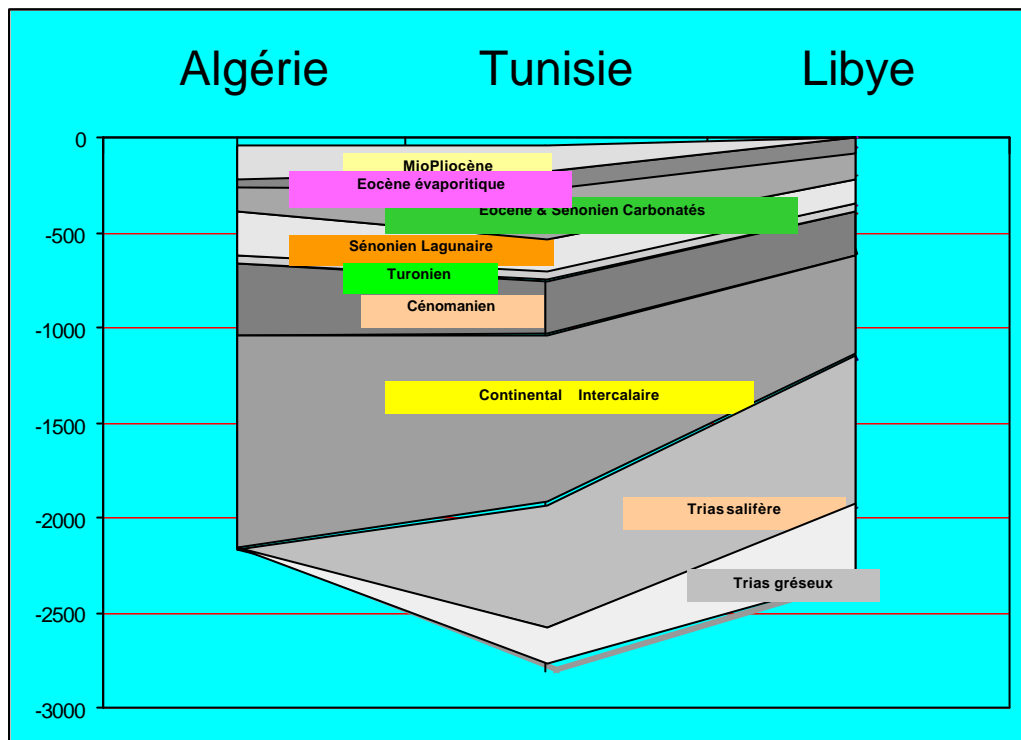
- Retenir bien évidemment le Continental Intercalaire et son équivalent, la formation kiklah, comme premier aquifère principal du SASS;

- Retenir le Complexe Terminal au sens ERESS (Miopliocène couplé au Sénonien - Eocène carbonatés), prolongé en Libye par la formation Mizda, comme second aquifère principal du SASS;
- Représenter en tant qu'aquifère la nappe du Turonien, même si l'on n'en possède en Algérie et en Tunisie, que des informations très localisées de piezométrie, en raison du risque qu'elle peut présenter en certains endroits pour des eaux du Complexe Terminal.
- Représenter, en tant que formation aquifère, la nappe du Cambro-Ordovicien, notamment dans la partie Libyenne où ces formations constituent un potentiel considérable susceptible d'interagir avec le CI à long terme.

Fig. 7 : Schéma hydrogéologique du Sahara Septentrional

SCHEMA HYDROGEOLOGIQUE du SAHARA SEPTENTRIONAL		
ALGERIE	TUNISE	LIBYE
Toit Imperméable	Toit Imperméable	
Nappe des SABLES	Nappe des SABLES du Djeid	Nappe du MioPlioQuaternaire
Semi perméable	Semi perméable	semiperméable
Nappe des CALCARES	Nappe des Calcaires - Nefzaoua	Upper Cretaceous Paleocene: MIZDA
Imperméable	Semi perméable	semiperméable
Nappe du TURONEN	Nappe du TURONEN	NALLUT Aquifer
Imperméable	Imperméable	imperméable
CONTINENTAL INTERCALAIRE SL	CONT INTERCALAIRE & Jurassique	Jurass Lower Cretaceous - KIKLAH
Paléozoïque	Imperméable	imperméable
		Trias : AZIZA Aquifer
		Paléozoïque

Schéma lithostratigraphique du SASS



ACTIVITE 19 : Atelier précédant une réunion du Comité de Pilotage du Projet pour :

- Evaluer le modèle conceptuel proposé,
- Confirmer le choix du logiciel et les décisions sur les éventuelles modifications à apporter pour tenir compte des déformations cartographiques

Evaluation du Modèle Conceptuel proposé:

En plus de sa présentation et validation par les experts nationaux des trois pays et la Comité de pilotage, le Modèle Conceptuel a fait l'objet d'une présentation les 17 et 18 septembre 2001 pour évaluation scientifique devant un auditoire composé:

- de cinq experts internationaux ayant une large expérience dans le SASS ou des bassins similaires
- des directeurs généraux de chaque institution des trois pays et de leurs ingénieurs
- du Secrétaire Exécutif et de l'équipe du projet SASS

En effet, soucieux de disposer d'un regard extérieur et d'une validation de travaux, l'OSS a mis sur pied un comité d'évaluation composé de personnalités scientifiques reconnues dans le domaine. Après analyse des travaux, le comité a élaboré **un rapport d'évaluation dans lequel il approuve les choix opérés et félicite l'expert modèle pour la qualité scientifique de son travail.**

Choix du logiciel:

Pour le choix du logiciel, un atelier de 5 jours a été organisé en février 2000 et groupant:

- les ingénieurs modélistes de chaque institution des trois pays (6 ingénieurs)
- l'équipe du projet SASS
- l'expert en modèles

- 7 institutions internationales ayant développé des logiciels de Modélisation en Hydrogéologie.

Démarche de l'OSS pour le choix du logiciel

Le marché du logiciel est en pleine expansion et des produits de plus en plus nombreux apparaissent tous les jours. Toute la question était de savoir distinguer, en connaissance de cause, entre la simple nouveauté et l'innovation véritable. L'OSS/SASS s'est livré à cet exercice périlleux qui devait aboutir à la sélection du logiciel le plus indiqué pour la modélisation du SASS.

Dans la jungle des logiciels proposés sur Internet, l'équipe SASS/OSS s'est limitée aux plus connus, aux produits les plus opérationnels, en regard notamment aux applications et aux publications qui en ont fait la notoriété. Il avait donc été convenu, de procéder d'abord à une **présélection de cinq ou six logiciels**, puis de les présenter au cours d'un atelier qui porterait notamment sur une étude de cas préparée au préalable, utilisant pour ce faire des copies du logiciel que les constructeurs auraient fait parvenir à l'OSS. En raison des délais de préparation de l'atelier, trop courts, les consultations, pour près de la moitié d'entre elles, eurent lieu "en direct".

Quelque soit le logiciel retenu on peut considérer, que cette opération, dont par ailleurs la qualité pédagogique est indéniable, constitue un grand acquis pour le SASS. En effet, en dehors de l'enquête réalisée au niveau mondial par l'International Ground Water Modelling Center, IGWMC, au début des années 80, on connaît peu d'opérations de comparaisons de modèles et de logiciels en hydrogéologie. Le succès de cette étape vaut aussi bien par la qualité des produits présentés que par la notoriété des organismes représentés et des personnalités présentes.

- **GMS** (Groundwater Modeling system):
- Engineering Computer Graphics Laboratory of Brigham Young University & US Army Engineer Waterways Experiment Station USA.
- **MARTHE** (Modélisation d'Aquifère par un Maillage Rectangulaire en Régime Transitoire pour le calcul Hydrodynamique des Ecoulements)
Département Eau du BRGM, Orléans, France
- **MULTIC** Laboratoire de Modélisation en Hydraulique et Environnement, ENIT, Tunis, Tunisie.
 - **NEWSAM** Centre d'Informatique Géologique de l'Ecole des Mines de Paris.
Fontainebleau, France.
- **PMWIN** (Processing Modflow for Windows) W.H Chiang & W.Kinzelbach ETH - Zurich - Suisse*
- **VISUAL MODFLOW** Waterloo Hydrogeologic, Inc. Ontario - Canada.*
- **WINGEO** (Geoloab pour Windows) Geolab, Sophia Antipolis - France.

*de la famille MODFLOW

CRITERES TECHNIQUES DE SELECTION	
1	Facilité d'utilisation
2	Qualité de la documentation <ul style="list-style-type: none"> • Manuel de référence • Modèle mathématiques • Description des fichiers entrée-sortie
3	Discrétion de l'espace
4	Modification de la discrétisation
5	Qualité de présentation des résultats <ul style="list-style-type: none"> • Représentation spatiale • Séries chronologiques
6	Exportation sur d'autres supports
7	Importation de fichiers prédéveloppés
8	Accès au code source – intervention sur les programmes
9	Vitesse de calculs
10	Représentation des conditions aux limites
11	Conditions particulières : <ul style="list-style-type: none"> • Déplacement libre/captif • Dénoyage • Failles • Ecoulement densitaire
12	Interpolateur spatial intégré
13	Modules de transport
14	Emmagasinement des semi-perméables
15	Optimisation des prélèvements
CRITERES COMMERCIAUX	
16	Service d'assistance utilisateurs
17	coûts

Résultats

Selon les critères adoptés, WINGEO l'emporte nettement, toutefois il n'a pas été retenu pour deux raisons majeures:

- la prééminence accordée à la modélisation géographique finit par occulter l'hydrogéologie. Cette situation est idéale pour organiser le dialogue avec le décideur, mais le modélisateur s'en trouve frustré et parfois même handicapé dans l'appréciation des effets de ses diverses hypothèses. Cet état de fait pourrait être particulièrement dommageable lors de la construction et du calage du modèle, au contraire, il n'est pas gênant pour la conduite des simulations prévisionnelles.
- WINGEO comporte encore un certain nombre de "bugs" ou des représentations de conditions qui ne sont pas très adaptées au contexte du Sahara. Certains ont été signalés au concepteur et aussitôt réparés ou revus. Cependant d'autres n'ont pas été détectés.

Il a été proposé d'acquérir WINGEO dans un objectif didactique pour y conduire éventuellement certaines simulations prévisionnelles. Mais il a été préféré, pour se prémunir contre les deux défauts énoncés plus haut, de commencer la conduite des étapes de construction du modèle [passage du modèle conceptuel au modèle numérique] et de calage en régime permanent et transitoire avec un logiciel plus "transparent" sur le plan hydrogéologique. L'outil idéal pour ce faire était incontestablement NEWSAM : son unique

défaut est d'être trop en avance sur son époque pour avoir refusé le monopole Windows. Par ailleurs, le modèle du SASS doit être immédiatement transportable au niveau des trois pays et devait donc être impérativement implanté sur PC et sous un système d'exploitation Windows.

Le meilleur outil aujourd'hui disponible et remplissant toutes ces conditions est le logiciel PMWIN et notamment sa version PM5. Cette version a été gracieusement offerte au projet SASS par le Pr. Kinzelbach de Zurich, l'un des deux producteurs du logiciel.

En place et lieu d'une réunion en correspondance avec le Comité de pilotage (1 journée environ) le projet a organisé deux ateliers distincts pour les équipes nationales, l'un de deux jours, le second d'une semaine.

Toutefois le projet a acquis au profit des trois pays NEWSAM leur permettant ainsi d'avoir un regard sur les évolutions potentielles introduites par l'auteur.

ACTIVITE 20 : Synthèses complémentaires dans les domaines précédemment identifiés en vue de la mise au point des modèles de simulation

Compte tenu des données acquises parfois, bien après le premier calage du modèle et des recommandations du Comité scientifique d'évaluation du Modèle, le projet a procédé à :

- une nouvelle analyse des données,
- une révision du schéma hydrogéologique de l'exutoire tunisien,
- une reconfiguration de la limite orientale (Libye)

Malgré que ces données et recommandations sont parvenues quasiment à la fin du projet, l'OSS a tenu à leur prise en charge malgré leurs impacts sur le plan financier et temporel.

1 - Critique et Validation des Données Hydrogéologiques :

En Hydrogéologie, la complexité des problèmes se mesure généralement plus au degré de complexité géologique des systèmes que par la multitude, la diversité et l'hétérogénéité des informations à manipuler. De ce fait, il n'existe pas de traditions, et donc pas d'outils éprouvés d'analyse systématique, de critique et de validation des données hydrogéologiques en grand nombre. Le problème du SASS a été à cet égard exemplaire, et constitue un cas d'étude exceptionnel par la quantité, la diversité, l'hétérogénéité des données acquises par le projet. Ces données sont certes de qualité inégales, et certaines d'entre elles pouvaient présenter des anomalies qui les rendaient inutilisables en l'état.

Il était donc nécessaire, au terme de la mise en forme des contenus de la base de données du SASS, de rechercher des méthodes adoptées et des outils d'analyse systématique et de validation de ces données. La mise en œuvre de ces outils a permis d'identifier puis de corriger les données aberrantes détectées. Ces outils ont concerné notamment.

1-1- Le Champ des Données Piezométriques :

Une fois que toutes les corrections préliminaires – corrections à caractère systématique – soient effectuées, (*Inventaire des Historiques « possibles »* ; la détection et correction des valeurs aberrantes, comme les Corrections Systématiques de Signe ; vérification de la fiabilité des hauteurs piézométriques corrigées), il n'était pas assuré que les valeurs obtenues du niveau piézométrique soient encore correctes et valables. Aussi, était-il

nécessaire de pouvoir estimer la fiabilité au moyen de procédures de filtrage et à l'aide de critères précis. Pour ce faire, elles ont été analysées à travers les quatre procédés suivants :

- Report sur carte et figurés différents selon la valeur,
- Tracé des isovaleurs,
- Cohérence de l'altitude déclarée avec celle obtenue du MNT,
- Cohérence avec la carte piézométrique d'ensemble.

Quant à la connaissance de l'évolution temporelle des hauteurs piézométriques, de 1950 à nos jours, elle est très inégalement distribuée dans l'espace. Plusieurs centaines de séries piézométriques sont enregistrées à ce jour dans la base de données du SASS, mais de qualité très inégale et parfois médiocre. Pour que ces données puissent être valorisées et pour assurer un meilleur ajustement du modèle, ils ont été regroupées par secteurs géographiques homogènes. Dès lors, et par comparaison visuelle, il devenait possible de procéder au bouchage des trous de la série « type » du groupe, qui est la série la plus longue et celle qui est jugée la plus cohérente avec l'histoire régionale, par « emprunt » à d'autres piézomètres ou forages du même groupe. Le résultat de l'opération fournit des « séries de synthèse », généralement une série par groupe ou secteur géographique.

Un tel procédé peut être utilisé avec profit et sans grand danger sur les séries les plus « denses », mais sans grande efficacité sur les séries « clairsemées » comportant un très petit nombre de mesures.

1-2- Les prélèvements et leur évolution :

Les prélèvements, leur distribution dans l'espace et leur évolution dans le temps constituent, avec l'alimentation, le « terme source » du modèle mathématique, terme qui ne fait pas, comme les Transmissivités, l'objet d'un calage par tâtonnement, et qui ne doit par conséquent pas souffrir la moindre incertitude ni discontinuité. Cette règle est, il est vrai, très fréquemment violée pour ce qui concerne les flux de recharge ; et c'est une raison supplémentaire pour apporter le plus grand soin et la plus grande rigueur à la préparation des données concernant les prélèvements.

Plusieurs longs mois ont été nécessaires à l'équipe du projet et aux équipes nationales pour pouvoir élaborer, vérifier, puis valider l'histoire des prélèvements, point d'eau par point d'eau, et ce, sur une période continue de cinquante ans allant de 1950 à 2000. Ces informations représentent une masse considérable de données, de l'ordre de **70.000 valeurs** annuelles de débits [près de **1400 forages** « activés » **au CI**, **2200 au CT**, pour une durée de fonctionnement d'environ **20 ans** en moyenne]. Il était évidemment hors de question d'introduire ces valeurs manuellement dans le modèle alors qu'elles étaient déjà mises en forme et stockées dans la base de données. C'est pour cette raison que le projet a développé une interface Base de Données / Modèle original et compatible avec MODFLOW.

2 – Révision des débits en Algérie :

Des compléments d'enquêtes, réalisées au cours du printemps 2001 en Algérie, permettaient d'aboutir à une révision notable des historiques de prélèvements algériens, représentant un abattement global, en l'an 2000, de l'ordre de **15%** par rapport aux précédentes estimations (les prélèvements passant de **52. m3/s** à **45.6 m3/s**). Il fallait donc reprendre le modèle en Algérie pour tenir compte de ces nouveaux développements.

3 – Synthèse complémentaire du CI dans le sud tunisien :

Au terme d'une première phase d'ajustement du modèle, la nécessité d'une révision de la structure même du modèle dans le Sud tunisien est clairement apparue. Il a donc été décidé de reprendre l'ensemble des coupes de forages existantes et de procéder à une nouvelle synthèse des données hydrogéologiques de manière à pouvoir élaborer une nouvelle vision structurale des principales formations du CI. La mise en forme des données lithostratigraphiques recueillies a permis la constitution d'une Base de Données Géologiques spécifique du sud tunisien portant sur **cent cinquante forages**.

Les coupes géologiques élaborées, permettent de réaliser la continuité de chacun des aquifères identifiés. Le nouveau schéma structural du Modèle du SASS comprend une couche aquifère supplémentaire : **l'aquifère des Grès Supérieurs**. Par ailleurs, la nouvelle délimitation du CI dans la région de Gabès comprend une importante lacune correspondant au Mole du Melaab, d'où l'aquifère est considéré définitivement absent.

4- Reconfiguration de la limite orientale :

Dans son rapport de Janvier 2002, le comité d'évaluation du modèle du SASS a émis un certain nombre de recommandations, sur l'ensemble des étapes de la construction du modèle et de son calage. la rectification du tracé de la limite Est Nord-Est du modèle, effectuée en Mai 2002, a par la suite permis que les champs de captage de Soknah et Waddan au SE, aient pu être intégrées au Complexe Terminal, que le captage profond de Waddan pût être rattaché au CI, et que les champs de Khoms – Zliten ont été également entièrement représentés.

Par ailleurs, l'évolution des historiques de prélèvement a été revue et corrigée. le Modèle a été reconfiguré pour intégrer toutes ces nouvelles informations.

Cela a nécessité un important volume de travaux : reconfiguration des limites et de certaines conditions aux limites, recalage en permanent, puis en transitoire, recalcule enfin de l'ensemble des simulations exploratoires effectuées au cours de l'automne 2001 pour en actualiser les résultats en Libye.

ACTIVITE 21 : Définition du maillage des modèles et traçage sur SIG

Pour faciliter le transfert des données des anciens modèles (essentiellement de l'ERESS dont le projet disposait effectivement des données numériques) vers celui du SASS, une grille de discrétisation identique à celle du Continental Intercalaire (ERESS, 1972) a été choisie, qui se trouve être le Modèle le plus étendu dans l'espace du SASS. Cette grille représente un maillage carré régulier de 25*25 Km. Par la suite, au cours du calage, il a été décidé de découper en quatre chacune des mailles précédentes, soit un maillage final de **12,5 x 12,5 Km**, représentant pour chacune des couches :

- Complexe Terminal 4128 mailles
- Turonien 4128 mailles
- Continental Intercalaire 6439 mailles
- Cambro-Ordovicien 1423 mailles

et un total de plus de **16000 Mailles** représentant une superficie développée de près de 2.500.000 Km².

Quant aux couches semi perméables, elles sont représentées par les flux verticaux qui les traversent sous l'effet des différences de charges entre couches aquifères superposées: ce sont les flux de Drainance (cf. rapport modèle).

ACTIVITE 22 : Etablissement des liens SIG-modèles, programmes pour la détermination automatique de prélèvements par maille..

Le système d'information conçu pour le SASS est basé sur l'intégration des trois composants essentiels qui sont : la BD, le SIG et le modèle numérique. Ce dernier est vu seulement sous l'angle des données d'entrée et des résultats qu'il fournit (possibilité de transfert vers la BD et le SIG).

Le maillage du modèle est donc en même temps couche du SIG, table de la base de données et dispositif d'entrée pour le modèle (Fig. 8).

Shéma représentant les liens entre les trois composants

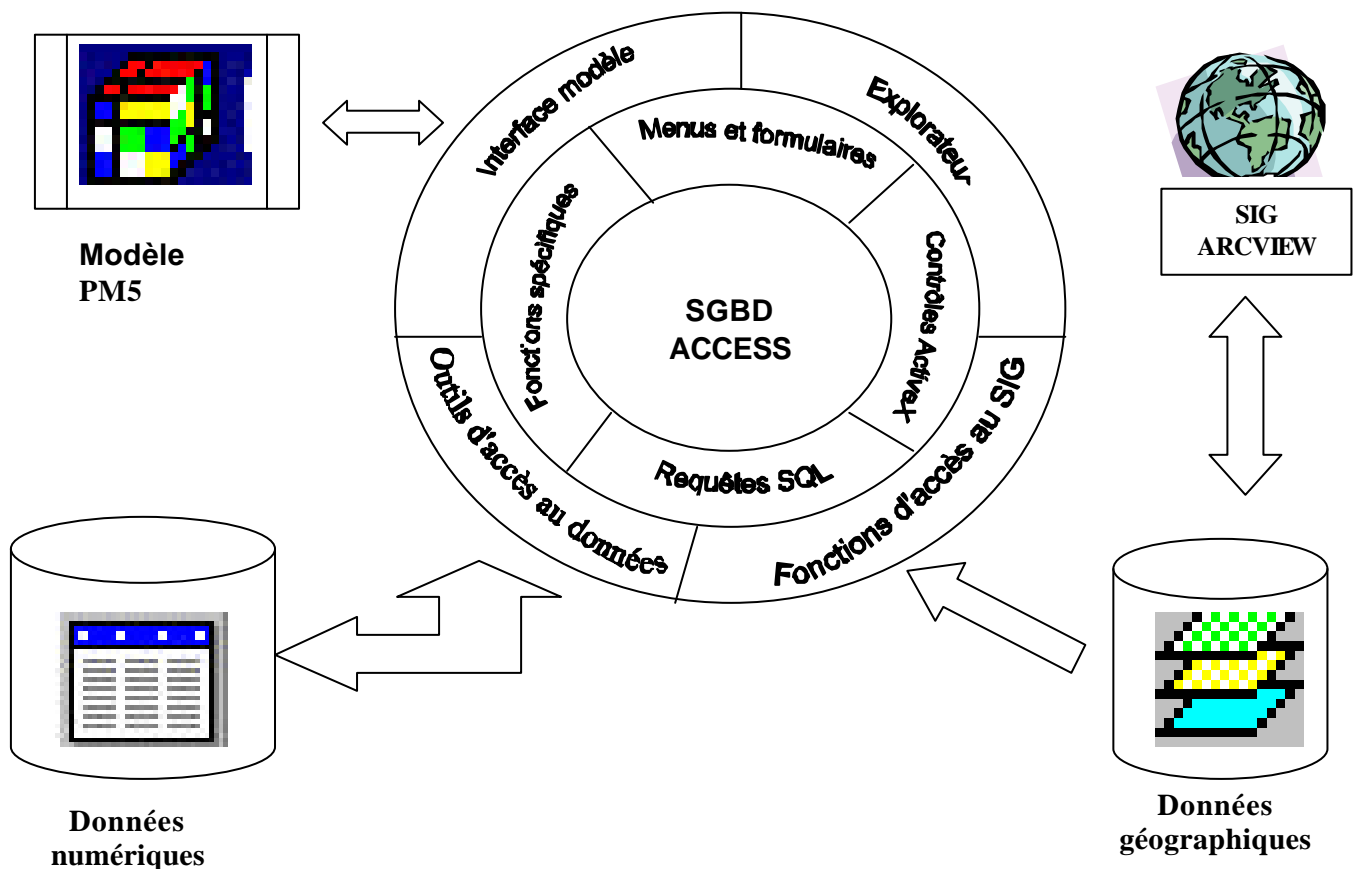


Fig. 8 : Structure du logiciel

De ce fait, l'introduction des données dans la base ne se fait pas par maille, mais plutôt par point d'eau (ce qui est plus naturel). Cette approche procure un avantage certain de souplesse qui n'existait pas auparavant (le changement de maillage n'est plus une contrainte).

Cette souplesse a nécessité la mise au point de modules et d'interfaces qui permettent :

- construire un maillage à partir de paramètres fournis par l'utilisateur (origine, taille des mailles, orientation, ...) tout en étant dans l'environnement de la base de données

- affecter à tout moment un débit à chaque maille du modèle et préparer de façon automatique le fichier d'entrée exigé par le logiciel PM5
- assurer la synchronisation permanente entre la BD et le maillage en tant que couche du SIG : tout changement dans la table des points d'eau se répercute automatiquement sur la couche « points d'eau » du SIG et de ce fait sur les prélèvements par maille.

Cette souplesse a permis de réaliser sans difficultés de nombreux changements durant la durée du projet.

Fig. 9 Explorateur

**schéma de la fenêtre de construction dynamique du maillage
+ écran de transfert vers PM5)**

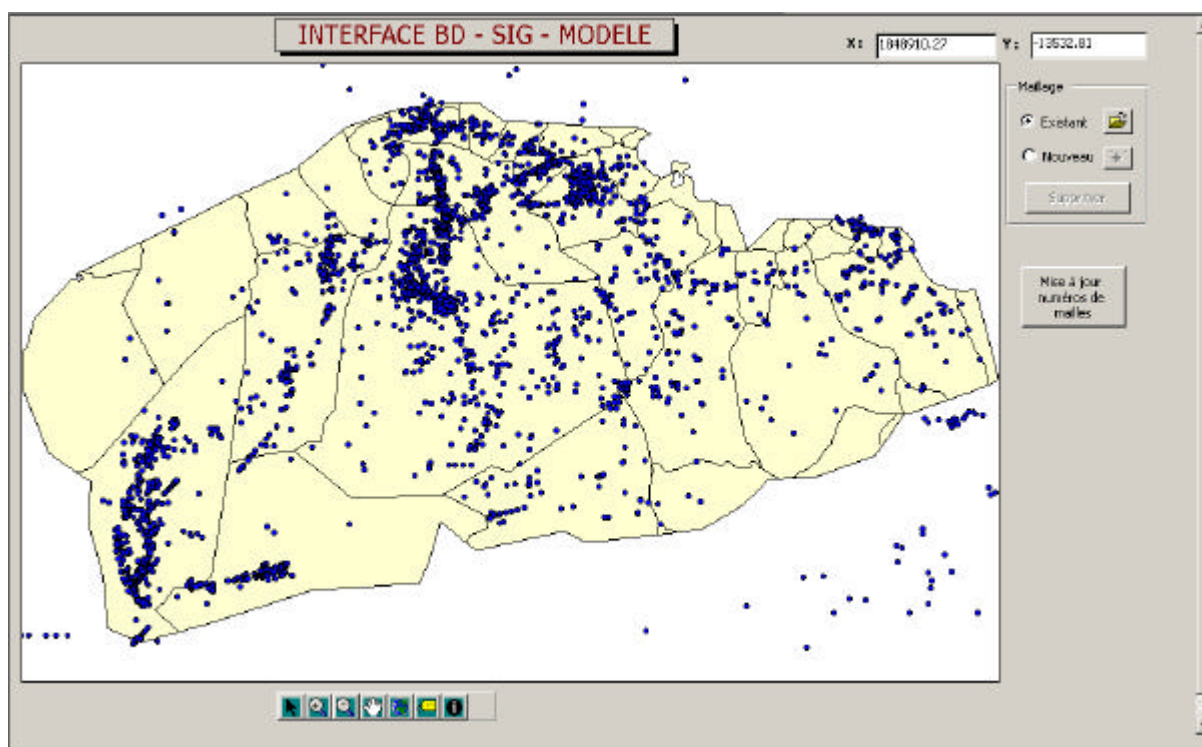
Clé de Parcours Entité Administra

SAGESSE

	N° classe...	Nom	type	Longitude	Latitude	Altitude	Profond...	aquif...	Date Réal
Algérie	10000005	guerrara1	Forage			1171		CI	01/01/50
Adrar	100600013	FEIRDJET Z...	Forage	442760.38...	137.73403	463.2	150	CI	18/09/93
Bechar	100700003	DAKRELET E...	Forage ...	502837.01...	255561.13...	620	108.2	CI	01/06/54
Biskra	100700006	OUED MEHA...	Forage ...	285730.50...	629811.48...	150		CT	01/01/56
El Oued	100700008	OUED MEHA...	Forage ...	500135	250202.60...		1639.7	CI	01/01/55
Ghardaia	100700009	ERG EL ANN...	Forage ...	501695.32...	246507.46...		1650	CI	01/01/55
Illizi	100700018	BEL 1 H 1	Forage	476720.12...	209489.75...	630	281.2	CI	17/04/62
Khenchela	100700019	ERG EL ANN...	Forage	501724.74...	225043.93...	682	250.5	CI	01/05/57
Laghouat	100700020	ERG EL ANN...	Forage	536856.22...	204264.63...	707	290	CI	20/01/57
Ouargla	100700024	HASSI R'MEL	Forage	515866.91...	247197.47...	729	90	CI	01/01/77
Tamanghasset	100700092	HASSI-GARA...	Forage	519893.21...	-1178.07773		220	CI	01/01/84
Tebessa	100800015	AIN LEBEAU	Forage	591362.91...	210163.33...	499.27	440	CI	12/12/37
Djelfa	100800019	DEL ATEUF ...	Forage	598800.23...	207802.51...	452.72	450	CI	15/12/48
	100800020	BENI IZGUE...	Forage	592029.06...	208722.10...	497	435	CI	26/11/49
Libye	100800021	F DE MELIK...	Forage ...	542365.65...	204594.78...	494.25	435	CI	01/02/48
	100800022	BERRIANE S...	Forage	600043.69...	254686.34...		3000	CI	01/01/52
Al Jufrah	100800023	N'KEN EL B...	Forage ...	600094.76...	249697.94...	350	150.1	CI	01/01/56
Al Khums	100800024	ALBIEN DE ...	Forage ...	588878.22...	210694.86...	512.1	400	CI	01/07/56
Ash Shati	100800025	BERRIANE 1	Forage	600910.80...	248720.85...		506	CI	01/01/52
Ghadamis	100800027	TOUZOUZ 1 ...	Forage	587685.83...	212685.91...	522.3	320	CI	20/03/57
Gharyan	100800030	N 7 DIT BOU...	Forage	594332.31...	210838.09...	489.21	388	CI	15/08/57
Misratah	100800031	BENI IZGUE...	Forage	591334.81...	207576.25...	515	344	CI	20/05/58
Sawfajjin	100800034	BOU HARAO...	Forage	592419.75...	211589.86...	498.48	437	CI	02/06/59
Surt	100800035	BERRIANE 2...	Forage ...	599220.82...	248703.56...	529	444	CI	01/01/59
Tarhunah	100800036	BEN SEMARA	Forage ...	591139.82...	211701.07...	507.1	371	CI	16/05/60
Yafran	100800094	SIDI ABEZE 1	Forage	593973.38...	210157.15...			CI	
Zlitan	100800101	AIN LEBEAU...	Forage	591358.32...	210655.98...	501	416.4	CI	20/11/58
	100800104	BENI ISGUE...	Forage	594200.49...	208250.00...	495.7	401	CI	31/10/60
An Nuqat al Khams	100800112	MELIKA 3 G...	Forage ...	592556.63...	208142.02...	494	450	CI	01/01/69
Tunisie	100800114	EL ATEUF 2 ...	Forage	597505.36...	209360.09...	464.33	423.2	CI	21/01/63
	100800118	DAYA BEN D...	Forage	584180.37...	216720.17...	533.15	466.7	CI	12/02/65
	100800119	BELLOUH	Forage	598398.75...	247709.89...	535	545.8	CI	01/01/66
	100800120	F.SOVETIQ	Forage	588599.22...	212694.11...	515.7	540.3	CI	26/11/66

Total Ghardaia 412

Fig. 10 : Synchronisation BD-SIG-modèle



ACTIVITE 23 : Préparation des termes de référence pour le calage du modèle

Les termes de références pour le calage des modèles ont été définis par l'équipe du projet après de longs mois d'analyse et de traitements des données.

- **Calage en permanent**

Le calage en permanent a été défini par l'état en 1950. Cette date correspond à celle du permanent défini pour l'ERESS, période pour laquelle les deux nappes étaient en équilibre en Algérie - Tunisie. Des analyses des données disponibles ont conduit à adopter la même date (1950) en partie Libyenne.

- **Calage en transitoire**

L'analyse des historiques de prélèvements et de piézométrie, y compris les plus récents ont permis de définir l'année 2000, comme références pour le calage en transitoire.

ACTIVITE 24 : Calage des modèles

Classiquement, la première phase du calage d'un modèle est le calage en régime permanent, de sorte à minimiser le nombre de paramètres à ajuster, et qui a pour objectif d'assurer la cohérence de l'ensemble des données introduites concernant les conditions aux limites, la piézométrie et les Transmissivités.

La seconde phase du calage du modèle consiste à vérifier son fonctionnement en régime transitoire, sur une période durant laquelle l'évolution de l'état du système aura été significative en termes de débits prélevés et de rabattements de niveaux observés.

Les paramètres à ajuster au cours de cette deuxième phase de vérification sont la répartition spatiale des coefficients d'emmagasinerments et l'évolution temporelle des alimentations mais il est clair, dans le cas du SASS, que les débits d'alimentation ne peuvent faire l'objet d'une modulation dans le temps, car d'une part leur connaissance est encore rudimentaire et d'autre part l'éloignement des zones d'apport vis à vis des zones de pompages est tellement grand que la recherche d'une telle précision n'aurait pas d'incidence sur les prédictions du modèle .

En réalité, dans le cas du SASS, une procédure de calage plus large a été mise en œuvre : en plus du calage des paramètres, pour lequel les transmissivités ont également été ajustées au cours du calage en transitoire, ce sont dans certains cas des éléments réputés sûrs qui ont dû être remis en cause au cours du calage : il en a été ainsi de l'évolution des débits de prélèvements, de la forme définitive de la limite orientale des couches aquifères, et de la structure même du système aquifère (cf. rapport modèle).

La complexité géologique du système et la difficulté d'acquisition de données précises sur les prélèvements actuels et les niveaux piézométriques ont nécessité de procéder à plusieurs révisions du modèle.

Pour marquer l'importance accordés aux calages et la nécessité de sa multiple révision avant le calage définitif, il a été jugé utile de reprendre brièvement la description des différentes versions pour montrer que le projet a pris en compte:

- toutes les données récentes jusqu'à 2001
- toutes les recommandations (surtout concernant l'extension), même celles parvenues en avril 2001 pour la partie libyenne.

La présentation des 8 versions permet de s'imprégner des changements opérés d'une version à l'autre.

Les Principales Etapes du Calage (Extrait du rapport « Modèles ») :

1 - Le modèle de Tripoli , ou Juin 2001:

Ce modèle représente la première tentative complète d'intégration des connaissances hydrogéologiques au sein du modèle du SASS. La structure quasi-tridimensionnelle du modèle comprend trois aquifères (CT, Turonien, CI) sur l'ensemble de l'espace où ces aquifères sont présents, séparés par deux aquitards (Sénonien lagunaire et Cénomanién). Le modèle comporte deux couches à potentiel imposé en haut et en bas, représentant la région des Chotts Algériens et Tunisiens et le Golfe de Syrte (couche du haut), et l'aquifère du Cambro-Ordovicien (couche du bas).

Les paramètres hydrauliques (transmissivité et emmagasinement) des aquifères du CT et du CI sont pratiquement les mêmes que ceux utilisés dans les modèles précédents (ERESS, GEOMATH et GEFLI).

Les paramètres hydrauliques de l'aquifère Turonien et la conductivité hydraulique verticale des aquitards ont été déterminés par calage du modèle, par essais et erreurs, en partant d'une valeur initiale estimée à partir de quelques essais réalisés par la Sonatrach dans la région d'Hassi Messaoud, pour le Turonien, et de données de la littérature pour les conductivités verticales des aquitards.

Le calage en régime permanent de ce modèle est très satisfaisant ; les charges hydrauliques et le bilan en eau calculés sont relativement en bon accord avec les observations.

Malheureusement, ce modèle s'est révélé incapable de rendre compte du comportement transitoire de l'aquifère du CI dans la région des Chotts Tunisiens (Chott Fedjej, Chott Djerid). A partir de ces résultats, la structure du CI dans le Sud Tunisien a été entièrement revue.

2 - Impact des modifications de débits en Algérie :

Au terme d'une dernière série de vérifications réalisées par les équipes d'Alger et de Ouargla de l'ANRH, un certain nombre d'erreurs ont pu être corrigées, portant le total des prélèvements 1998 en Algérie, toutes nappes confondues, de 52. m³/s à 45.6 m³/s. Sans rien toucher à la structure ni aux paramètres du modèle, les historiques de débits nouvellement acquis pour l'Algérie ont été simulés sur le modèle de Tripoli.

Cette opération n'a comporté aucun calage, mais un simple calcul des niveaux piézométriques et des nouveaux bilans.

Le résultat obtenu, en termes de rabattements calculés, comparés aux rabattements « de Tripoli » et en termes de bilans des flux calculés en 2000, montre l'ampleur des modifications induites par ces changements de pompages imposés, indiquant par là la nécessité d'une révision du modèle un peu partout en Algérie.

Cette révision du Modèle a été mise en œuvre en même temps que l'on procédait aux modifications nécessitées par la nouvelle représentation de l'Exutoire tunisien du CI.

3- Premiers effets de la nouvelle configuration structurale du CI:

La nouvelle structure adoptée pour le CI dans le Sud Tunisien comprend deux aquifères ; **l'aquifère inférieur** représente les formations du CI au sens strict, **l'aquifère supérieur** représente les « Grès Supérieurs ».

La division du CI en deux couches se justifie par la grande différence des charges hydrauliques dans ces aquifères. Pour les Grès Supérieurs, la carte piézométrique de référence pour 1950 a été reconstituée.

Une révision de l'historique des prélèvements pour la période 1950-2000 a aussi été faite, tant pour les Grès Supérieurs que pour le CI.

La structure quasi-tridimensionnelle du Modèle du 20 Août résulte de l'ajout de la couche des Grès Supérieurs au Modèle de Tripoli, et d'une nouvelle configuration de la limite du CI dans la région de Gabès où le dôme du Melaab a été exclu de l'aquifère.

Quelques calculs préliminaires, qui prennent en compte la mise à jour des prélèvements Algériens et Tunisiens (ces derniers pour tenir compte d'une réaffectation inter couches du CI), ont montré que le débit calculé en régime permanent de l'exutoire Tunisien du CI ne peut alors pas dépasser 1,8 m³/s (alors que le débit généralement admis de cet exutoire est de 3,6 m³/s). Avec le champ des transmissivités affichées, le nouveau dessin du mole et les conditions de potentiel imposé aux limites d'alimentation, la recharge du CI par le Dahar chute à **0.6 m³/s**, alors qu'elle était de **2.6m³/s** sur le Modèle de Tripoli et **1.99 m³/s** sur celui de l'ERESS.

4- Le Modèle du 20 Aout 2001:

Dés lors qu'a été établie l'impossibilité de faire transiter par l'exutoire tunisien un débit conséquent avec le champ des Transmissivités de l'ERESS, il a été décidé de prendre un certain recul vis à vis de cette distribution, notamment dans les régions où l'absence de forages, et par conséquent de valeurs à priori de Transmissivités, pouvait autoriser une telle option.

Une telle modification du champ des Transmissivités était devenue incontournable si l'on voulait restituer un débit de l'ordre de 3.6 m³/s à l'exutoire tunisien [en réalité 3.9 si l'on tient compte de la percolation dans le Chott Fedjej]

Pour pouvoir restituer une telle augmentation, il a fallu en définitive aménager un tube de courant d'environ 100 km de large allant de Touggourt à la faille d'El Hamma, dans lequel les Transmissivités du CI sont portées à $2 \cdot 10^{-2}$ m²/s : les augmentations de Transmissivités les plus fortes (jusqu'à dix fois celles de l'ERESS) étant localisées dans la région de l'Erg Oriental caractérisée par l'absence de mesures.

Une telle augmentation peut paraître arbitraire en l'absence de références; mais le SASS n'est pas le premier à devoir augmenter très sensiblement les Transmissivités dans ce secteur : GEOMATH (in BRL, 1997) qui a construit un modèle transfrontière du CI, a de son côté dû adopter au même endroit de fortes transmissivités ($2 \cdot 10^{-2}$ m²/s), certainement pour « compenser la perte », pour l'exutoire tunisien, des flux que le modèle ERESS faisait venir de Libye, et pouvoir ainsi drainer plus d'apports venant de l'Atlas à l'Ouest. Mais la comparaison avec GEOMATH s'arrête là, ce dernier admettant l'ensemble de la Djefara tuniso-libyenne comme exutoire du CI.

L'autre modification notable des paramètres hydrauliques (par rapport à Tripoli) concerne les coefficients de Drainance, pour lesquels une «fenêtre » a été aménagée sous le Chott Djerid entre les Grès Supérieurs et le Turonien d'une part, le Turonien et le Complexe Terminal d'autre part.

Avant d'aller encore plus loin en matière de calage, il a été décidé d'éprouver la capacité prédictive du modèle par un calcul prévisionnel maintenant les prélèvements 2000 constants.

Les premiers résultats indiquent clairement que les niveaux piézométriques du CT sont « maintenus » par les Chotts, lesquels demeurent liés à la nappe même en cas de dénoyage, en raison des conditions adoptées de potentiels imposés dans les chotts, et de ce fait contribuent à la «réalimentation » de la nappe dès que le niveau piezometrique descend en dessous du niveau des chotts.

Ce phénomène est particulièrement visible sous le Chott Djérid, où se dessine un vaste secteur circulaire peu rabattu qui peut être dû, en première analyse, soit :

- aux flux de recharge de la nappe par le Chott,
- à un excès de drainance provenant du Turonien, favorisée par la «fenêtre »du chott Djerid,
- à une surestimation des coefficients d'emmagasinement adoptés en nappe libre, ou plus simplement au fait qu'il n'existe pas de forages d'exploitation dans l'enceinte du Chott.

Afin de pouvoir évaluer en connaissance de cause l'effet des paramètres précédents, il a été décidé de construire une nouvelle version du modèle dans laquelle :

- les mailles du Chott sont automatiquement déconnectées du CT sitôt que le Niveau Piezometrique de cette nappe descend sous le niveau du chott,

- la fenêtre de drainance du chott Djerid (Grès Sup. → Tur. → CT) disparaît pour laisser la place à une drainance plus diffuse et homogène dans l'espace,
- le calage des historiques de niveau en régime transitoire doit laisser la possibilité d'une diminution substantielle des coefficients d'emmagasinement en « nappe libre », notamment dans les secteurs du Complexe Terminal où les valeurs précédentes ont été jugées excessives dans de très larges plages sans aucune mesure ni essai (Grand Erg Oriental).

5- Le Modèle du 10 Septembre 2001:

Par rapport au précédent, le présent modèle se distingue par :

- La disparition de la fenêtre drainante du Chott Djerid, qui cède la place à une drainance diffuse ;
- Une réduction substantielle des Transmissivités des Gres Supérieurs ;
- La modification de la structure des Grès Supérieurs dont le « creux piezométrique » n'est plus représenté comme résultat d'une percolation vers le Djerid, mais par un drainage du Chott Fedjej en condition de Drain ;
- Une modification des conditions aux limites imposées sur les Chotts algéro-tunisiens : d'une couche de mailles à potentiels imposés figurant dans le modèle du 20/8 , les Chotts passent à une condition de Drain à débit – limite nul, ce qui interdit toute réalimentation du CT par les Chotts ;
- Un réajustement du champ des Transmissivités du CI nécessité par l'ensemble des modifications précédentes : d'une façon générale, les transmissivités actuelles sont globalement de 20 à 25% plus élevées que celles du Modèle du 20 Aout ;
- Une réévaluation du débit calculé de l'Exutoire Tunisien, qui passe de 2.75 m³/s à 3.3 m³/s, se rapprochant très sensiblement des estimations classiquement adoptées ;
- Enfin une réduction substantielle, dans le Complexe Terminal, des coefficients d'emmagasinement des zones à surface libre. [Le coefficient d'emmagasinement en nappe libre joue un rôle privilégié dans le comportement à long terme du système aquifère : Malheureusement, dans le CT, on ne dispose : - ni de valeurs mesurées du coefficient d'emmagasinement en nappe libre, -ni de points de contrôle en nombre suffisant et fiables qui permettraient, comme au CI, de rectifier les valeurs de S par calage en se fondant sur les historiques de rabattements].

6- Le Modèle du 23 Septembre 2001 , Retour sur la structure des Transmissivités:

Le Modèle du 23 Septembre a été construit suite aux recommandations du comité d'évaluation du modèle, en remplaçant les transmissivités du CI du Modèle du 10 Septembre par celles du Modèle de Tripoli (égales à celles de l'ERESS). Les résultats du calage sont de la même qualité que ceux du Modèle du 10 Septembre (il faut noter en particulier l'excellent accord des rabattements calculés et mesurés au Chott Fedjej). Comme on pouvait s'y attendre, le débit en régime permanent de l'exutoire Tunisien du CI n'est que de 1,9 m³/s.

Ce modèle correspond au choix d'affecter plus de confiance aux estimations des transmissivités, basées sur des données de terrain, qu'au débit de l'exutoire naturel Tunisien, qui a été l'objet de nombreuses études mais demeure entaché d'incertitudes.

7- Le Modèle du 30 Septembre 2001 :

Le Modèle du 30 Septembre dérive du Modèle du 23 Septembre en y doublant les transmissivités du CI dans la région de Biskra, El Oued, Nefzaoua. Les résultats du calage de ce modèle sont d'excellente qualité et le débit permanent de l'exutoire Tunisien est de 3,1 m³/s, ce qui est très proche des estimations antérieures de ce débit.

Le Modèle du 30 Septembre est donc une synthèse, un compromis, entre les deux options dont il a été question ci-dessus. En réalité, l'information géologique disponible dans la zone du triangle de Biskra, El Oued, Nefzaoua est très limitée, et la décision d'y doubler les transmissivités utilisées par le Modèle ERESS n'est donc pas en contradiction avec les données expérimentales.

Ce Modèle du 30 Septembre peut donc être considéré comme un état final acceptable de la phase de calage du Modèle SASS. C'est ce modèle-là qui répond le mieux à l'ensemble des critères et des contraintes imposées au calage, c'est celui qui paraît le mieux indiqué pour la réalisation des simulations prévisionnelles de développement des ressources en eau du SASS.

8 – Reprise du Modèle dans le Bassin Oriental :

La prise en compte des nouvelles données acquises en Libye, au premier semestre 2002, a nécessité une actualisation du Modèle. Ces travaux ont été rendus nécessaires suite à la rectification du tracé de la limite Est et Nord-Est du modèle. Par ailleurs, l'évolution des historiques de prélèvement a été revue et corrigée. Le Modèle a été reconfiguré pour intégrer toutes ces nouvelles informations. Cela a certes nécessité un important volume de travaux : reconfiguration des limites et de certaines conditions aux limites, recalage en permanent, puis en transitoire. **De sorte que cette dernière version du Modèle soit bien celle qui servira à réaliser les simulations d'exploitation future des ressources en eau du SASS (Réf : rapport modèle/SASS)**

ACTIVITE 25 : Elaboration des scénarios d'exploitation future des nappes

Dans le but de définir les scénarios d'exploitation des nappes et associer les institutions nationales à leur validation, un expert pour chaque pays a été choisi de manière conjointe OSS/institutions nationales.

Pour l'élaboration de scénarios de développement, les trois experts ont travaillé selon les termes de références établis par l'équipe du projet. Chaque expert a établi un rapport comportant:

- l'état actuel des prélèvements avec répartition entre les différents usages: AEP - AGRICULTURE – INDUSTRIE
- la population actuelle et sa projection en 2050
- la superficie irriguée actuellement et sa projection à l'horizon 2050

Ces trois rapports ont permis d'identifier les besoins à l'horizon 2050 pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP), l'agriculture et l'industrie.

PAYS	Prélèvements 2000	Demande additionnelle en 2050
ALGERIE	1,3 million de m ³ /an	Scénario I : 2 milliards de m ³ /an Scénario II : 3 milliards de m ³ /an
LIBYE	400 millions de m ³ /an	840 millions de m ³ /an
TUNISIE	510 millions de m ³ /an	Maintien de l'actuel

Evolution de la population des zones d'études des trois pays

Population	1970	2000	2030
Algérie	420,000 hab	2.600,000 hab	5.300.000 hab
Tunisie	37,000 hab	376,00 hab	900,000 hab
Libye	160,000 hab	1.000.000 hab	2.300,00 hab
Total	617,000 hab	3.970,000 hab	8.500,000 hab

Evolution des surfaces irriguées à partir du CI et CI dans les trois pays

Unité : 1000 ha

Superficie	1970	2000	2030
Algérie	11 000 ha	92 000 ha	212 000 ha
Tunisie	9.000 ha	15.000 ha	26.000 ha
Libye		44.000 ha	103.000 ha
Total	20.000 ha	151.000 ha	341.000 ha

Ces scénarios de développement, validés par les pays, ont fait l'objet d'une présentation avec débats lors d'un atelier organisé au siège de l'OSS les 1 et 2 juin 2002 et auquel ont participé:

- Les trois directeurs généraux:
 - ANRH - Algérie
 - GWA - Libye
 - DGRE - Tunisie
- Les trois experts ayant réalisé les rapports nationaux
- Le Secrétaire Exécutif de l'OSS et l'équipe du SASS

A l'issue de cet atelier, le scénarios de développement a été adopté et constitue la base d'élaboration des simulations exploratoires.

ACTIVITE 26 : Simulations exploratoires des scénarios

Sur la base des scénarios de développement confirmés par les trois pays, un rapport relatif à la définition des simulations exploratoires a été établi. Ce rapport comporte essentiellement

- **Les conditions de calcul:**

L'objectif des simulations exploratoires est précisément d'explorer les possibilités du système, jusque dans ses dernières limites: il s'agit à ce stade de préciser les limites en termes de développement des ressources, compte tenu des incertitudes qui existent aussi

bien au niveau des paramètres hydrogéologiques, économiques ou sociaux, et qui pourraient engendrer des précisions tout à fait illusoires en termes d'hypothèses de travail et à fortiori de résultats. Il est apparu utile de mener les calculs sur une période qui soit:

- suffisamment longue pour que les impulsions dont on se propose de connaître les effets aient pu atteindre toute leur envergure et se manifester aussi loin que possible dans l'espace.
- mais pas trop longue de façon à ne pas dépasser les limites de signification de l'outil eu égard aux sources d'incertitudes énoncées plus haut.

Une durée de simulation de cinquante ans paraît à cet égard raisonnable. Les simulations exploratoires seront donc conduites sur 50 ans, l'état initial de référence étant l'état du système en l'an 2000, tel qu'il a été reconstitué par le Modèle.

Afin que le système aquifère puisse être exploré jusqu'au plus extrême de ses réactions et de ses capacités, et dans une optique et un souci de "durabilité", nous simulerons un débit constant sur toute la période de calcul a été simulé. Ce débit représentera le débit maximum envisagé par le plan ou le scénario considéré permettant ainsi de se rapprocher sûrement, à l'échéance de 50 ans, d'un régime d'écoulement pseudo permanent.

• **Les résultats attendus**

A chacun des scénarios ou des plans de développement simulés sont associés les résultats suivants:

- la carte des rabattements 2000 - 2050 calculés sur tout l'aquifère considéré,
- les courbes d'évolution du rabattement en fonction du temps (2000 - 2050), tracées en un certain nombre de forages-témoins, à raison de un forage-témoin par grande région hydraulique et par grande région d'exploitation (soit environ douze forages témoins),
- les principaux termes du bilan 2050 et notamment le débit calculé aux trois principaux exutoires : Ain Tawargha, les Foggaras et l'Exutoire Tunisien,
- une appréciation chiffrée permettant d'évaluer en termes de rabattements supplémentaires, l'impact du scénario simulé sur chacun des pays voisins susceptibles d'être influencés,
- la carte des profondeurs du Niveau Piezométrique calculées en 2050 par rapport au sol,
- la carte des profondeurs du NP sous la surface des Chotts algéro-tunisiens, que l'on pourra traduire en termes d'intensité de risque (de salinisation potentielle).

• **Le scénario de référence : maintien de l'actuel ou simulation zéro**

Ce scénario, certes peu probable mais nécessaire à simuler si l'on désire comparer entre eux, et apprécier en connaissance de cause, les effets des divers scénarios de développement envisagés, consiste à maintenir constants les prélèvements recensés en 2000, et à calculer l'évolution correspondante du système au cours des 50 prochaines années.

• **Récapitulatif des simulations exploratoires**

En définitive, on peut résumer comme suit l'ensemble des simulations exploratoires réalisées à cette étape de l'étude du SASS:

- Maintien de l'actuel (prélèvements 2000) ou "simulation zéro"
- Algérie : Hypothèse faible
- Algérie : Hypothèse Forte

- Libye : Résorption des déficits 2030
- Libye : Ghadames field
- Libye : Impact des pompages de jebel Hassaouna
- Tunisie : maintien des prélèvements 2000

Le tableau ci-dessous présente les Débits de Pompages à représenter sur le Modèle SASS pour chacune de ces simulations:

SCENARIO	Forages CI M3/s	Forages CT M3/s	Total Forages SASS m3/s
Simulation zero			
Algérie (1)	21.3	20.9	42.2
Libye (2)	3.2	3.8	7.0
Tunisie (3) Grès sup inclus dans CI	2.7	14.5	17.2
Total SASS	27.2	39.2	66.4
Débits additionnels			
Algérie_hyp_faible (4)	36.4	26.1	62.5
Algérie_hyp_forte (5)	59.6	41.8	101.4
Libye_Résorpt.Déficits (6)	5.1	4.7	9.8
Libye_Ghadamès field (7)	2.9	0.0	2.9
Libye_Jbel Hassaouna	0.0	0.0	0.0
Totaux débits SASS			
Total cas Algérie Hypothèse faible = (1) + (2) + (3) + (4)	63.3	65.3	128.9
Total cas Algérie Hypothèse forte = (1) + (2) + (3) + (5)	86.8	81.0	167.8
Total résorption des déficits Libye = (1) + (2) + (3) + (6)	32.3	43.9	76.2
Total Ghadames field_Libye = = (1) + (2) + (3) + (7)	30.1	39.2	69.2

Résultats des simulations exploratoires : Maintien des débits actuels jusqu'en 2050

Les maintiens des débits actuellement prélevés sans changement en 2050 aura pour conséquences:

- **Au Continental Intercalaire**

La simple poursuite des prélèvements actuels devrait entraîner d'ici à l'horizon 2050 d'importants rabattements (mesurés par référence aux niveaux 2000) dans tout le Bas Sahara algérien, supérieurs à 40 m sur une aire de près de 200.000 km², centrée approximativement sur un axe El Oued - Hassi Messaoud. Ailleurs en Algérie, et notamment dans les zones d'affleurement du CI, les rabattements demeurent faibles, notamment dans la Wilaya d'Adrar où le maximum est de l'ordre de 15m dans le Touat.

En Tunisie, les rabattements sont partout supérieurs à 20m. Ils dépassent 40m dans le secteur de Ksar Ghilane et sont de l'ordre de 25m autour du Chott Fedjej.

En Libye, les rabattements sont d'environ 25m sur une bande de 100 x 300km entourant les principaux centres d'exploitation : Bani Walid, Wadi Zamzam, Wadi Ninah, Sufajin. Ailleurs, les rabattements calculés sont de l'ordre de 10m dans l'ensemble de la Hamada El Hamra.

La détermination des profondeurs des niveaux piezométriques montre que les limites d'artésianisme calculées en 2050 ne sont pas trop éloignées des limites actuelles. La perte d'artésianisme se trouve limitée aux secteurs d'El Borma et de Ghadamès.

- **Au Complexe Terminal**

En Algérie, les rabattements 2050 dépassent 30m dans toute la vallée de l'Oued Rhir au Nord de Toggourt. En Tunisie, les rabattements se situent entre 20 et 30m dans tout le Djerid et la Nefzaoua . En Libye, le maximum des rabattements(de l'ordre de 60m) se trouve au Sud-Est, autour des groupes de Soknah, Hammam et Ferjan.

Par ailleurs, la carte des Niveaux Piézométriques, et celle des profondeurs des NP par rapport au sol, indiquent clairement, par comparaison à la situation actuelle, la *disparition totale de tout artésianisme dans la région des Chotts algéro-tunisiens*. On peut même noter que les Chotts Merouane et Melrhir se trouvent totalement « suspendus » au dessus de la surface piézométrique du CT, et il en est de même en Tunisie pour la frange sud du secteur du Djerid et de la presqu'île de Kebili, avec tout ce que cette situation particulière, inconnue jusqu'ici dans la région, peut impliquer comme risques de « réalimentation » de la nappe du CT par les eaux des Chotts.

Mise en œuvre des scénarios des trois pays

- **Hypothèse forte-Algérie**

- **Au Continental Intercalaire**

Les régions de Ghardaia, Oued Rhir, El Oued et Wargla accuseront des rabattements de l'ordre de 300 à 400m. Des rabattements de 200 à 300m seront enregistrés dans les principaux champs captent en Tunisie.

Il y aura disparition quasi-totale de l'artésianisme. Ce scénario a peu d'effets en Libye.

- **Au complexe Terminal**

En Algérie même, ce scénario provoque de très importants rabattements additionnels (ou encore rabattements nets), autour notamment des champs de prélèvements additionnels les plus intenses situés :

- dans l'Oued Rhir [4m3/s] et le Souf au Nord [10m3/s]
- à Ouargla [10m3/s] et Hassi Messaoud-Gassi Touil au Sud [19,5m3/s]

Les rabattements additionnels calculés en ces zones là vont de 70 à 150 m.

En Libye, ce scénario n'a aucune incidence .

En Tunisie on enregistre:

- des rabattements additionnels sont de l'ordre de 50m au Djerid et de 20 à 40m dans la Nefzaoua
- Tous les Chotts (Djerid et Rharsa) sont en position de réalimentation vis à vis de la nappe du CT, et les différences de niveau sont de l'ordre de 50m en moyenne.

Cette différence de niveau, qui constitue le principal **indicateur de risque**, est encore bien plus élevée en Algérie où elle dépasse 100 m sous les Chotts Melrhir et Merouane, et atteint 200m à Mghaier et Djamaâ.

Les impacts de l'Hypothèse faible-Algérie ne diffère pas de l'Hypothèse Forte. On enregistre une réduction des **rabattements de 300 - 400 m à 250m**.

- **Effets du scénario « Ghadamès field » :**

Sur le CT, les rabattements induits par cette simulation sont négligeables. Quant au niveau du Continental Intercalaire, les rabattements nets calculés sont de l'ordre de 100m dans le champ captant de Ghadamès-Derj. Ils diminuent progressivement en s'en éloignant pour pratiquement s'annuler dans un rayon de 200 à 300 km. Tout l'extrême Sud tunisien est évidemment très influencé par les prélèvements de Ghadamès. Dans la région de Debdeb en Algérie les rabattements induits sont de l'ordre de 60 m.

- **Effets du scénario « Dj. Hassaouna field » :**

Au CT, les rabattements nets induits par les captages du Djebel Hassaouna sont relativement faibles, présentant un maximum de 10 à 20 m au centre du graben de Hun.

Au CI, l'influence du Dj. Hassaouna se limite au bassin de Hamada El Hamra et n'atteint pas les frontières algérienne et tunisienne. En Libye, les rabattements calculés forment une auréole entourant le champ captant, avec un maximum de 50m au Sud.

- **Effets du scénario « Résorption des Déficits » en Libye :**

- ***au Continental Intercalaire :***

Les rabattements nets atteignent un maximum d'environ 80 m, avec une importante plage à 50 m autour de Wadi Zamzam. L'influence sur la Tunisie et l'Algérie est négligeable : inférieure à 10 m.

- ***au Complexe Terminal :***

Les rabattements nets (supplémentaires à la simulation zéro) sont de 100 m à Soknah, Hammam et Ferjan (les rabattements bruts y atteignent 160 m), et de l'ordre de 30 à 50 m autour des champs captants du Nord : Bani Walid, Wadi Zamzam, Wadi Washka

- **Superposition des trois scénarios libyens :**

Sur le Continental Intercalaire, seul aquifère concerné par les trois scénarios à la fois, est présenté le résultat de la superposition des rabattements nets issus des trois scénarios Libyens : -Ghadamès, -Dj. Hassaouna, -Résorption des déficits.

Cette superposition n'amène pas de changement significatif par rapport à chacune des cartes de rabattements spécifiques dans la mesure où les centres de prélèvements correspondant à chacun de ces scénarios sont en définitive très éloignés les uns des autres et distants de plusieurs centaines de km.

Le document comportant les résultats des simulations on été transmis aux pays pour analyse et recommandations. Au vu des impacts des premiers scénarios, **la Libye a maintenu ses prévisions, la Tunisie a proposé des prélèvements supplémentaires tandis que l'Algérie**, compte tenu de l'ampleur des rabattements, a **demandé au projet de procéder à la localisation de disponibilités hydrauliques** qui conditionnent le développement, agricole, industriel ou transfert inter-régions.

Les principales contraintes énumérées par les pays concernent:

- le maintien de l'artésianisme
- la préservation des foggaras et de l'exutoire tunisien

- la préservation de la qualité des eaux à proximité des chotts
- les rabattements additionnels admissibles

Sur la base des réponses des pays, le projet a localisé toutes les zones potentielles de prélèvements et élaboré un micro-modèle, pouvant être exploité par les responsables des pays avec résultats instantanés.

Pour l'exploitation de ce micro-modèle un atelier groupant les trois directeurs généraux, l'expert modèles et l'équipe du projet a été organisé les 1 et 2 avril 2002 au sein de l'OSS à Tunis.

Tous ces résultats sont largement développés dans le rapport « Modèle ».

Fig. 11 : Zones d'exploitation potentielles dans le complexe terminal

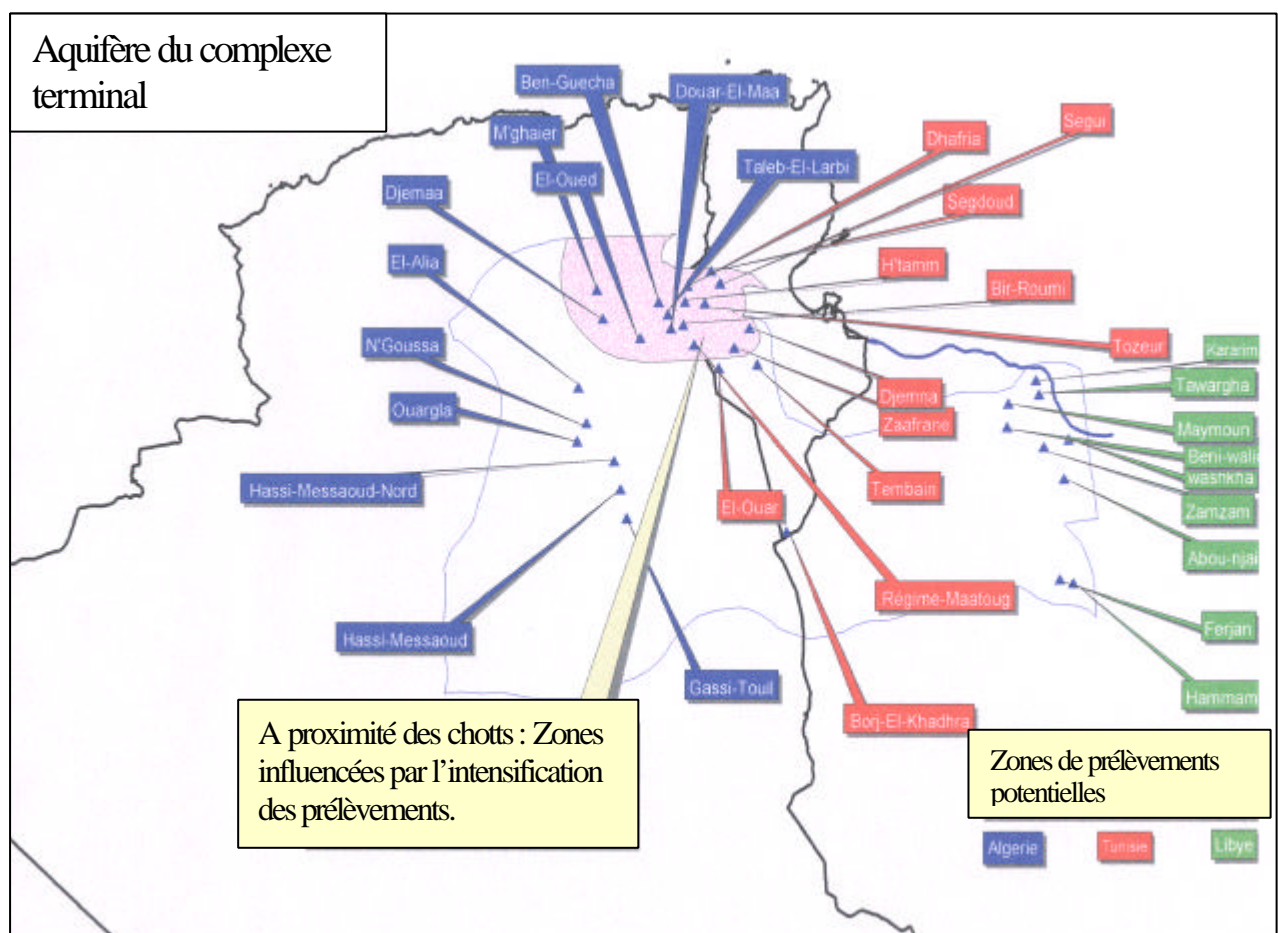


Fig. 12 : Zones d'exploitation potentielles dans le continental intercalaire

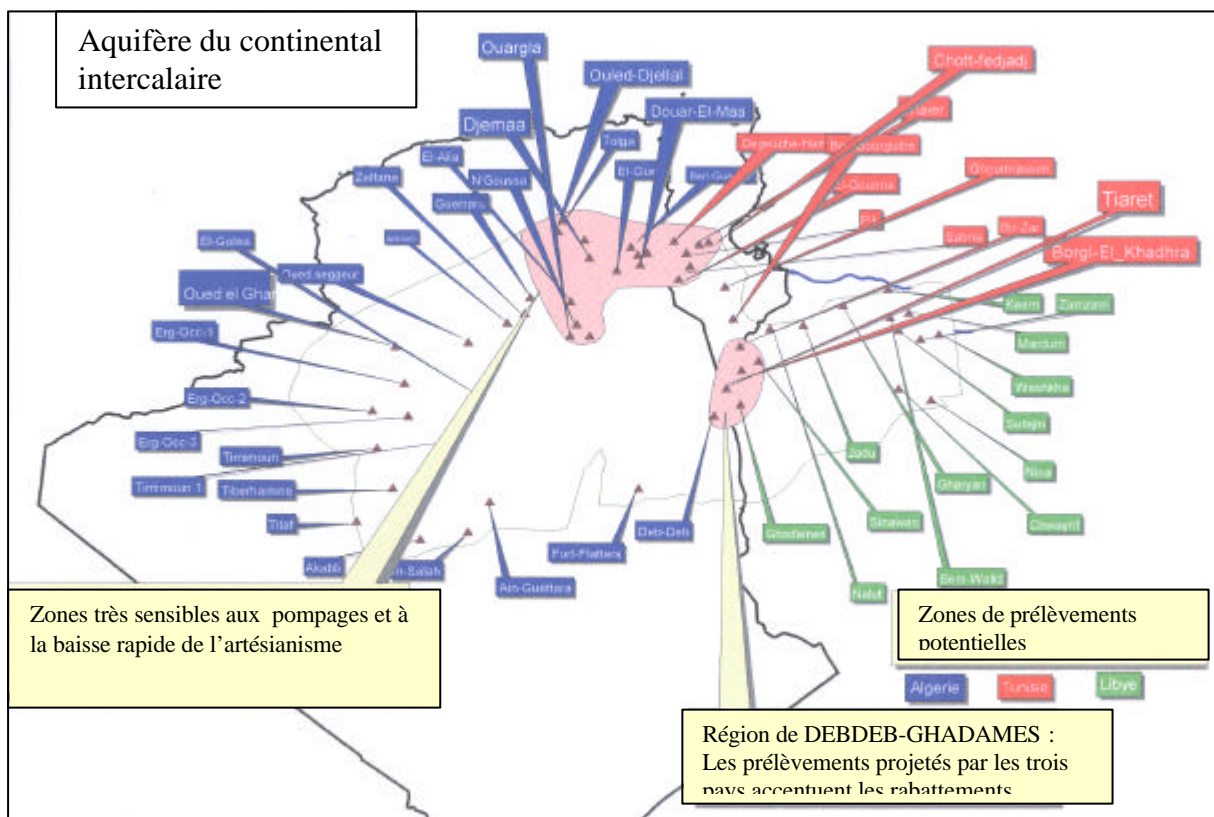


Tableau 1 : Coefficients d'influence en mètres :
Débit Nominal 10m3/sec ; Horizon: 2050 ;
Cond.initiales: 2000

	Champ de Pompage			Titaf	Akabli	Timimoun	Ouled Djallal	Tolga	El - Oued	Ben Guecha	Djemaa	M'ghaier	Taleb El Larbi	Douar El Maa	Sebseb	El Golea	Guerrara	Zelfana	Al Alia	N'Goussa	Ouargla	Hassi MessNord	In - Salah	DebDeb	Fort Flatters
Numzon	Nomzon	col.lin	sim0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Titaf	8-55	4	328	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Akabli	20-62	4	0	317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Timimoun	16-41	2	0	0	353	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Ouled Djallal	64-6	42	0	0	0	534	356	157	160	199	252	149	143	28	1	73	51	103	74	59	63	0	1	0
5	Tolga	66-4	43	0	0	0	355	629	175	183	216	285	170	162	27	1	71	50	103	75	59	65	0	1	0
6	El - Oued	74-17	51	0	0	0	146	166	577	290	228	208	290	295	21	1	54	40	104	82	62	80	0	1	0
7	Ben Guecha	78-13	46	0	0	0	143	168	284	489	206	209	372	338	17	1	46	33	84	65	49	63	0	2	0
8	Djemaa	69-13	48	0	0	0	195	213	235	218	498	272	206	200	28	1	71	52	124	91	70	81	0	1	0
9	M'ghaier	69-9	46	0	0	0	248	282	214	222	272	531	206	197	26	1	69	49	111	81	63	72	0	1	0
10	Taleb El Larbi	79-15	45	0	0	0	130	153	282	370	191	192	493	386	16	1	42	31	78	62	47	61	0	2	0
11	Douar El Maa	79-17	46	0	0	0	124	145	287	336	185	183	386	544	16	1	41	30	78	62	47	62	0	2	0
12	Sebseb	49-22	32	0	0	0	28	27	22	19	28	27	18	18	224	3	60	82	43	42	44	33	0	0	0
13	El Golea	39-35	6	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	3	187	2	3	2	3	5	3	0	0	0
14	Guerrara	55-18	41	0	0	0	73	71	58	52	73	70	49	48	60	2	277	114	99	82	76	64	0	0	0
15	Zelfana	53-21	40	0	0	0	51	50	43	38	53	50	36	35	82	3	114	261	80	76	77	60	0	0	0
16	Al Alia	63-21	52	0	0	0	103	105	113	97	127	114	93	92	43	2	99	80	444	172	130	132	0	0	0
17	N'Goussa	63-26	58	0	0	0	75	76	88	74	93	83	72	72	42	3	82	76	172	577	243	249	0	0	0
18	Ouargla	61-28	55	0	0	0	59	60	66	56	72	65	54	54	44	5	76	77	130	243	541	235	0	0	0
19	Hassi MessNord	65-29	67	0	0	0	63	66	86	72	82	74	71	72	33	3	64	60	132	249	235	981	0	0	0
20	In - Salah	30-63	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	329	0	0	0
21	DebDeb	86-52	10	0	0	0	1	1	2	2	1	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	561	0	0
22	Fort Flatters	67-63	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1045	0
23	Chott fedjadj	94-16	26	0	0	0	75	94	199	264	125	126	285	285	7	0	19	14	37	29	22	30	0	2	0
24	Tozeur	85-15	38	0	0	0	104	124	235	308	157	159	330	327	12	0	32	23	59	47	36	47	0	2	0
25	Rigime Maatouk	84-20	40	0	0	0	98	117	229	288	150	150	313	322	11	0	30	22	58	47	35	48	0	3	0
26	El Borma 204	89-36	33	0	0	0	25	30	63	79	40	39	86	88	3	0	8	5	16	14	10	17	0	31	0
27	Kebili	90-18	33	0	0	0	86	104	210	274	136	136	296	296	9	0	24	18	46	37	28	38	0	3	0
28	Kseur Ghilane	94-25	41	0	0	0	37	45	92	120	58	58	131	133	4	0	11	7	21	17	13	19	0	7	0
29	Ghadamès	90-52	10	0	0	0	1	1	2	3	1	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	261	0	0

Les manipulations réalisées sur le micro-modèle au cours de l'atelier précité ont permis de s'orienter vers un certain nombre de scénarios répondant aux objectifs de développement tout en minimisant les risques de dégradation par le respect des contraintes imposées. Ces scénarios, résumés dans le tableau ci-après, ont été simulés sur le modèle numérique qui donne des résultats complets et permet à posteriori de mesurer le degré d'atteinte des objectifs et le niveau de respect des contraintes.

Prélèvements Additionnels au Continental Intercalaire m3/s								
SCENARIO	CI-1	CI-2	CI-3	CI-4	CI-5	CI-6	CI-7	CI-8
ALGERIE	8.5		2	8.5	38.5	80		118.5
TUNISIE		2.2	1.4	2.2				2.2
LIBYE			2.9	3.6			5.2	8.35
Total	8.5	2.2	6.3	14.3	38.5	80	5.2	129.

Prélèvements Additionnels au Complexe Terminal m3/s					
SCENARIO	CT-1	CT-2	CT-3	CT- 4	CT- 5
ALGERIE	14.7				14.7
TUNISIE		3.3			3.3
LIBYE			11.		11.
ALGERIE - OUED MYA				18.0	18.0
Total	14.7	3.3	11.	18.0	47.

Le résultat final est que les prélèvements additionnels peuvent être supérieurs à ceux exprimés, sous réserve d'une nouvelle répartition spatiale. C'est ainsi qu'il a été dégagé:

- des zones à importantes potentialités sans interférences,
- des zones à propagation limitée au niveau de l'influence inter-régionale ou transfrontières.
- des zones sensibles où l'on doit limiter les prélèvements, voire les réduire dans certaines zones.

ACTIVITE 27 : Evaluation socio-économique des résultats des simulations

Dans une première phase, le projet a procédé à l'analyse des rapports sur les prévisions établies par les pays. Une fois les résultats définitifs des scénarios approuvés lors de la dernière réunion du Comité de Pilotage et au vu des nouvelles orientations des pays, l'OSS envisage plus qu'une simple analyse des résultats mais plutôt une étude prospective dans l'objectif d'un développement durable du bassin. Cette étude sera menée de manière conjointe et concertée avec les trois pays (au cours d'une 2^e phase du SASS (si les moyens financiers seront mobilisés en conséquence).

L'évaluation socio-économique portera sur les scénarios définitifs auxquels les pays auront adhéré, et ce, après élaboration de sous-modèle régionaux tels que recommandés par le comité scientifique en vue de baser l'aspect socio-économique sur les résultats le plus fiables et les plus consensuels.

ACTIVITE 28 : Atelier en correspondance de la dernière réunion du Comité de Pilotage du Programme pour présentation des résultats des simulations des scénarios

Les résultats des dernières simulations ont fait l'objet d'un rapport transmis aux pays. Ces mêmes résultats feront l'objet d'une présentation lors de la dernière réunion du Comité de Pilotage à la fin Octobre 2002. D'ailleurs le point 27 relatif à l'évaluation socio-économique voué à la perspective de gestion durable en continuité fera l'objet de débats lors de cette réunion.

ACTIVITE 29 : Installation des modèles dans les pays

Les modèles ont été installés dans chaque pays avec :

- livraison d'un logiciel PM-5 avec notice explicative
- CD Rom des modèles
- présentation par les experts modèles

Il a été procédé à la même opération concernant le système d'information.

ACTIVITE 30 : Rapport final du Programme

Tout au long du projet, plusieurs rapports de phases ont été produits:

- Base de Données et SIG
- Analyse de données
- Modèle Conceptuel
- Choix du Logiciel
- Calages au Permanent et en Transitoire
- Exutoire tunisien
- Simulations exploratoires
- Révision Modèle (Bassin Oriental)
- Simulation Prévisionnelles
- Evaluation Scientifique du Modèle

Ces 10 rapports décrivent de manière explicite les résultats obtenus. Le rapport final était prévu pour une durée d'un mois. Cependant, compte tenu de la dimension prise par le projet, le rapport final comporte quatre volets:

- Présentation des résultats
- Synthèse hydrogéologique
- Système d'information
- Modèles

Le rapport final est édité sous forme papier et CD en format PDF.

Un comité de lecture composé du Secrétaire Exécutif (Chedli FEZZANI) et trois experts internationaux (G. De MARSILY et J. MARGAT) a été constitué.

RECAPITULATIF PROGRAMME PREVISIONNEL/PROGRAMME REALISE

Programme Prévisionnel	Programme réalisé
Harmonisation des Bases de données hydrogéolo-giques et géodésiques	<ul style="list-style-type: none"> - Plus qu'une harmonisation des Bases de données inexistantes, le projet a procédé : <ul style="list-style-type: none"> ▪ à la réalisation d'une BD commune relationnelle ▪ à l'intégration d'un SIG ▪ à l'établissement des liens BD - SIG - Un atelier relatif à l'harmonisation des données géodésiques entre les 3 pays a été organisé: <p>Le projet a procédé:</p> <ul style="list-style-type: none"> - au choix d'un système de coordonnées et d'un système de projection: - à la conversion des données - à l'élaboration d'un fonds topographique à 1/2000.000^e sous format papier et cartes numériques.
Sélection du réseau d'observation et réalisation de campagnes de mesures	<p>Le projet a procédé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - à des campagnes d'inventaire des points d'eau et débits extraits - à des campagnes de nivellement et de mesures piézométriques - à la sélection d'un réseau (pour calage) et d'un réseau commun pour suivi dans le futur - l'ensemble des données ont été introduites dans la Base de données commune.
Rassemblement et analyse des informations géologiques et hydrogéolo-giques après la synthèse de 1970	<p>Les informations collectées et analysées concernent:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 études fondamentales en Libye - 80 forages pétroliers - 200 documents (rapports, thèses,...) - 7000 points d'eau <p>Un modèle conceptuel a été élaboré Un atelier d'évaluation et atelier sur le choix du logiciel ont été organisés Mise à disposition des pays du capital informationnel de l'ERESS</p>
Mise au point et calage de nouveaux modèles et Simulations de scénarios d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> - Conception d'un système d'information intégré: liaison BD-SIG- Modèles - Calage du modèle en permanent et en transitoire - Simulations exploratoires - Atelier de présentation et d'évaluation des résultats - Présentation des résultats au Comité de Pilotage - Installation des modèles dans les 3 pays - Elaboration du rapport final modèle

3^E PARTIE

MISE EN ŒUVRE

III – ACTIVITES DE COORDINATION ET DE GESTION DU PROJET SASS

Les sources de financement du projet SASS sont :

- La DDC-Suisse
- Le FIDA
- La FAO
- Les trois pays : Algérie, Lybie, Tunisie

La répartition de ce financement figure dans le tableau 1.

tab.1 : Budget Général (en USD)

Nature des dépenses	A la charge des 3 pays	FIDA	SUISSE	FAO
Actualisation de l'évaluation des ressources en eau du SASS				
➤ Personnel ou expertises, voyages et fonctionnement.....	517.500	763.900	272.000	
➤ Equipements	75.000	213.100	76.000	
➤ Support logistique et administratif additionnel	-	88.000	32.000	
Sous-total 1	592.500 (29,1 %)	1.065.000 (52,3%)	380.000 (18,6 %)	
Sous-Total 2		1.445.000		
Mécanisme de concertation	119.000 (30,4%)			272.000 (69,6 %)
Total Général	711.500 (29,3 %)	1.717.000 (70,7 %)		

Les contributions du FIDA et de la DDC-Suisse ont été mis à la disposition de l'OSS en tant qu'agence d'exécution. La FAO a géré directement sa contribution, une partie a été mise à la disposition de l'OSS (75.000,00 US\$) en contre-partie de son apport. Les apports des pays reflètent l'évaluation de leur soutien au projet.

III.1 Apport des partenaires de coopération

Les activités techniques du SASS ont été financées par le FIDA et la DDC Suisse. La répartition entre les donateurs et les diverses rubriques de dépenses est récapitulée dans le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2 - Budget de la contribution des partenaires de coopération

Dépenses	Total	FIDA	DDC
1 - Personnel	786.900	579.900	207.000
2 - Voyages	114.000	84.000	30.000
3 - Equipement			
Informatique, matériel de terrain,	154.100	178.100	76.000
véhicules	135.000	135.000	0
Sous - total	289.100	213.100	76.000
4 - Sous contrat	20.000	15.000	5.000
5 - Frais de fonctionnement	115.000	85.000	30.000
6 - Support logistique et administratif additionnel de l'OSS	120.000	88.000	32.000
TOTAL GENERAL	1.445.000	1.065.000	380.000
Pourcentage	100,00 %	73,70 %	26,30 %

Outre le bilan financier développé en document séparé, il est établi ci-dessous, pour chaque rubrique, un état précisant les réalisations ainsi qu'une analyse des écarts. Cette manière de procéder permet à la fois de juger du respect des engagements par rubrique, de justifier les écarts et d'expliquer le mode des dépenses mis en œuvre par l'OSS conformément au règlement financier en vigueur.

RUBRIQUE 1 : Personnel

Budget alloué	Dépenses
786.000 \$ US	

Ce budget était destiné à couvrir les prestations :

- de l'équipe de coordination du projet
- des Consultants Internationaux
- du personnel national
- Du personnel d'assistance et de soutien

Equipe de projet :

Il était prévu, suite à la 1^{re} réunion du comité de pilotage, de recruter un Coordinateur Régional pour la durée du projet (36 mois) assisté d'un Conseiller Scientifique et technique (24 mois) et d'un conseiller pour les aspects « mécanisme de concertation ».

En fait, l'ampleur des activités techniques a nécessité la présence aussi bien du Coordinateur Régional que du Conseiller Scientifique pour une période de 42 mois chacun, soit un total de 84 mois. Par rapport à une prévision de 60 mois. Cette présence de l'équipe du projet, au-delà de la période prévue, s'explique par :

- La prise en charge de plusieurs activités techniques non planifiées et auxquelles le projet a été confronté au fur et à mesure de l'avancement des travaux.
- La dimension prise par le rapport final dont la conception et une bonne partie de sa rédaction, correction et mise en forme finale a été à la charge du projet .

L'équipe de coordination a été aussi renforcée par une assistante de direction et un chauffeur ainsi que par un Doctorant Mauritanien à temps partiel.

Consultants internationaux :

Il était prévu 27 hommes/mois de consultants en vue de l'élaboration :

- d'une base de données avec un minimum de jeu de données,
- d'un modèle avec toutes les phases : Conception – Calage et Simulations,
- d'un rapport final pour l'équivalent d'un homme/mois consultant.

En fait, comme il est spécifié dans la 2^e partie Ch.I (Activités du projet), l'évaluation des mois/consultant n'a pas tenu compte à priori de l'ampleur des prestations exigées par les activités :

- Elaboration d'un fonds topographique commun au 1/2.000.000^e,
- Implémentation d'un véritable système d'information et son installation dans chaque pays,
- Analyse de données,
- Multiples reprises des calages du modèle suite aux données parvenues tardivement au projet,
- Mise en place de l'audit scientifique et technique du modèle ayant nécessité l'intervention de plusieurs consultants,
- Mise en place des comités de lecture des rapports finaux.

Par ailleurs, le rapport final prévu initialement en un volume technique sous format papier a vu sa conception révisée de manière à refléter la dimension prise par le projet au fur et à mesure de son déroulement. C'est ainsi que 4 volumes ont été réalisés.

Vol.1 – Rapport d'activités
Vol.2 - Synthèse hydrogéologique
Vol.3 – Système d'information et base de données
Vol.4 - Modèles

Outre le format papier, le rapport est présenté également sous forme de CD-Rom au format PDF. Il est établi dans les deux langues (Anglaise et Française). Un sous projet d'élaboration d'un CD interactif destiné à un public assez large, a été initié grâce au soutien de la GTZ.

Bien que de nombreuses activités aient été ajoutées par rapport au programme initial, le chapitre mois/consultant a été maintenu sans révision. Ceci est dû d'une part à une importante implication de l'équipe de coordination et des consultants pour certaines tâches ainsi qu'à l'optimisation de temps/ consultant. (cf. annexe I – liste des consultants et des ingénieurs des équipes nationales).

Un prévisionnel de **27 hommes/mois** consultant pour les activités modèles – base de données, pas moins de **38 hommes/mois** ont été réalisés.

A ces prestations, viennent s'ajouter les expertises relatives à :

- l'élaboration du support cartographique,
- la réalisation scientifique des travaux,
- la lecture du rapport final.

Si l'ensemble des mois/hommes de prestations réalisées a dépassé le prévisionnel sans incidence financière, ceci est dû d'une part au fait que les coûts des trois consultants ont été réduits avec leur accord et d'autre part au fort engagement de l'ensemble de l'équipe (coordination, consultants et équipes nationales) et à l'implication continue du Secrétaire exécutif pour faire aboutir ce projet dans les délais requis.

Mode sélection des consultants :

Sur la base du programme d'activité défini en mai 1999, des termes de référence ont été élaborés de manière telle que les experts et consultants établissent une offre précise qui tienne compte de la liaison entre les deux principales activités, base de données et modèles. Il a été notamment exigé une expérience poussée sur les bases de données, en vue d'éviter le dépaysement scientifique, coûteux en temps. Pour le modéliste et le consultant en base de données, une expérience en SIG (Système intégré de gestion des ressources en eau) a été exigée.

Les termes de références ont été élaborés en tenant compte de la complexité des systèmes aquifères et de la grande diversité de données des BD et SIG dans les trois pays. Ces termes de références ont été adressés aux trois pays en leur demandant d'en assurer une large diffusion auprès des spécialistes et organismes concernés (nationaux et internationaux).

Cette procédure a été utilisée spécialement pour les deux principaux experts (système d'information et modèles) du projet, pour les interventions de courte durée, même si la procédure n'est pas analogue il y a toujours eu élaboration de termes de références et contrat.

Personnel national :

Le recours au personnel national a pris plusieurs formes :

- recrutement d'experts nationaux pour l'élaboration d'un document par pays, pour l'évaluation et projection future des besoins en eau. Les experts nationaux pour l'aspect besoins et projections ont été sélectionnés de manière conjointe OSS/Institutions nationales.

- accueil d'ingénieurs au sein du siège du SASS en vue de participer à :
 - à l'élaboration des scénarios
 - à l'analyse des données
 - à la validation des résultats
 - appui à quelques activités de terrain.

RUBRIQUE 2 : voyages

Budget alloué	Dépenses
114.000,00 \$ US	

Cette rubrique est décomposé en 3 parties :

a – Personnel International :

Les voyages de l'équipe du projet, des consultants internationaux et du personnel national (Ingénieurs, Coordinateurs Nationaux, Consultants,...) ont été pris en charge par l'OSS conformément au règlement en vigueur et selon les tarifs les plus économiques.

Pour cette action, l'OSS traite avec une agence de voyage (GTA) pour tout achat de billet d'avion sauf les billets au départ des pays sont moins chers l'OSS autorise l'achat par les experts et assure le remboursement sur la base d'une facture de l'Agence émettrice. Chaque mission a fait l'objet d'un rapport détaillé permettant d'une part de clôturer le dossier administratif et financier ouvert à cet effet et d'autre part de tenir informé tous les membres de l'équipe SASS-OSS.

b – Réunions et Ateliers de formation :

Dans le chapitre formation ; le Cahier des Charges initial prévoyait :

- pour le volet base de données :
 - Un atelier pour définition des données (0,25 H/mois Expert)
 - Stages de formation (1,5 H/mois Expert)
 - Un (1) atelier de validation (0,25 H/mois Expert)
- pour le volet Modèle :
 - 1 atelier pour le choix du logiciel (0,25 H/mois Expert)

Le tout comportait 3 ateliers pour quatre ingénieurs par pays et 2,25 H/mois Expert.

Le projet a organisé **4 ateliers** de travail et **7 sessions de formation** qui ont concerné plus de 90 Ingénieurs au total dans les trois pays.

Cet important regroupement d'ingénieurs est dû à :

- la volonté de l'OSS de faire participer les ingénieurs des trois pays à toutes les phases de validation de résultats.
- la procédure de mise en œuvre pour le choix des logiciels.
- nécessaire initiation aux outils acquis pour les modèles, les SIG,...etc.,.

Etat des ateliers et formation

Thème	Type*	Contenu	Date Durée	Nombre d'ingén.	Lieu
Harmonisation des données géodésiques		Harmonisation des données et fonds topographiques	Avril 2000	3	Tunis
Modèles mathématiques	F	Perfectionnement en modélisation	Mai - juin 2001 1 mois	6	Ecole Polytechnique – Zurich
	F	Formation sur logiciel PMWIN	Août 2000 0,25 mois	8	SASS Tunis
	A	Choix du logiciel	Février 2000 0,25 mois	6	SASS Tunis
Système d'Information	A	Existant au niveau des 3 pays et ébauche du SI	Du 1 au 4/12/99	8	Tunis
	A	Validation du modèle conceptuel - Base de données	Mars 2000 0,25 mois	6	Tunis
	F	Initiation aux outils de contrôle des données	Novembre 2000 0,75 mois	6	Tunis Tripoli -Algérie
	F	SGBD ACCESS	Juin 2001 -juillet 2001 0,75 mois	18	Tripoli Alger -Tunis
	F	ARCVIEW	Juin 2001 - 0,25 Septembre 2001-0,25 mois Septembre 2001- 0,25 mois	18	Tripoli Alger Tunis
	F	Initiation à l'installation, l'exploitation et l'administration de la BD	0,3 mois	9	Tunis Alger Tripoli
Diagraphie	F	DIAGRAPHIES Novembre 1999	0,25 mois	6	Tunis

Cette activité a nécessité l'équivalent de 5 Hommes/mois/Expert, soit le double de ce qui était prévu initialement (voir tableau récapitulatif Atelier – formation)

En vue d'assurer la participation des ingénieurs des trois pays, les perdiems et les coûts de voyage étaient à la charge du projet.

Justificatif du nombre d'Atelier de formation et de perfectionnement

Un programme d'ateliers de formation et de perfectionnement a été mis en œuvre de manière à:

- faire participer les ingénieurs désignés par chaque pays aux ateliers concernant les bases de données et modèles à toutes les phases du projet, notamment, celles relatives aux choix de logiciels ainsi qu'aux étapes conception-validation (Base de données et modèles),
- impliquer des ingénieurs basés dans les structures régionales des administrations des ressources en eau à travers le bassin saharien et contribuant directement au projet par les travaux de terrain dans des ateliers de formation et recyclage.

Ces ateliers de formation sont de courtes durée et ont visé essentiellement :

- l'actualisation des connaissances et la mise à niveau des participants avec les progrès réalisés dans le traitement de l'information,
- la maîtrise des outils, notamment les logiciels modèles et systèmes d'information mis à la disposition des pays.
- une motivation des experts impliqués à rechercher et à collecter les données et les études nécessaires au projet.

C – Coordinateurs nationaux :

En sus des réunions des coordinateurs nationaux, dans cette rubrique le projet a pris en charge les réunions prévues du comité de pilotage ainsi que celles relatives à l'évaluation des travaux et à la recherche de scénarios consensuels des prélèvements. Une contribution substantielle a été apportée par l'Algérie et la Libye pour la tenue des deux premières réunions du comité de pilotage (organisation, prise en charge etc..).

• Comité de pilotage :

Trois réunions du comité de pilotage ont été programmés :

- Alger (juin 2000)
- Tripoli (juin 2001)
- Tunis programmée pour fin (Octobre 2002)

• Coordinateurs nationaux :

Les coordinateurs nationaux ont été conviés à 6 réunions :

- 4 à Tunis
- 2 à Tripoli

Ces réunions étaient prévues à Tunis, cependant, l'organisation de séminaires sur des question en rapport avec le SASS (bassins profonds et partagés à Tripoli) ont conduit le projet à coïncider l'organisation de deux réunions de coordinateurs nationaux.

Ces réunions ont permis de :

- passer en revue le bilan périodique des activités du projet,
- coordonner les tâches confiées aux équipes nationales,
- présenter les bilans des équipes nationales,

- élaborer les activités à mener tant par les équipes nationales que par celle du projet

- **Evaluation scientifique :**

Une réunion d'évaluation scientifique des résultats du modèle a été tenue en septembre 2001. Elle a groupé :

- les Directeurs Généraux
- les cinq Experts
- l'équipe du projet
- le Secrétariat exécutif de l'OSS

- **Réunions sur les simulations :**

Deux réunions groupant :

- l'Equipe du projet
- les Directeurs Généraux
- l'Expert modèle

ont été tenues aux mois de Juin 2001 et Mai 2002. Elles avaient pour objectif de présenter les prévisions des besoins et de rechercher des scénarios consensuels.

Au total, douze (12) réunions ont été tenues avec prise en charge totale des frais par le projet ou partiellement par les pays hôte pour celles relatives au Comité de pilotage.

RUBRIQUE 3 : équipement

Budget alloué	Dépenses
289.100,00 \$ US	

Les moyens suivants étaient prévus :

- campagnes de mesures complémentaires (par pays) :
 - 1 véhicule de terrain
 - Laboratoire portable
 - matériel de mesures hydrogéologiques (sondes, manomètres, conductivimètre, pH-mètre, etc)
 - locations de GPS
 - cartes et photos aériennes, images, etc.
- constitution des bases de données, élaboration de modèles et fonctionnement du SIG (par pays) :
 - unité de traitement informatique puissante (imprimante et table traçante),
 - logiciels de traitement (pour les modèles et le SIG)
 - 2 micro-ordinateurs portables pour les équipes régionales.
- Coordination des tâches du projet au sein de l'OSS
 - équipement du Secrétariat, (ordinateur, Fax, modem, etc..)

- véhicule de liaison.

Compte tenu de l'importance de la collecte et de l'analyse des données, l'équipe du projet ne s'est pas conformée au matériel défini à l'origine mais plutôt procédé à l'analyse de l'existant au niveau de chaque institution nationale, voire au niveau des structures décentralisées (régionales) et acquérir à la demande des pays le complément d'équipements utiles pour assurer la réalisation des activités de terrain et de traitement nécessaires.

L'enquête réalisée a permis de constater une large disponibilité en matériel de terrain y compris les GPS dans les trois pays.

En effet, compte tenu de la disponibilité du matériel technique pour l'acquisition des données de terrain, l'OSS a focalisé les acquisitions au profit des pays sur :

- le matériel informatique (micros, stations de travail) de manière à équiper les structures opérationnelles au niveau régional.
- les logiciels en vue, d'une part de permettre une meilleure efficacité aux structures décentralisées des institutions nationales, d'autre part, familiariser le maximum d'ingénieurs aux outils d'analyse de données et de modélisation.

Matériel Informatique et Equipement Bureautique

Matériel Informatique

PRINCIPALES ACQUISITIONS POUR LES PAYS

ORGANISMES	MATERIEL	LOGICIELS
ANRH Algérie	2 Micro - ordinateurs Pentium III 8 Micro - ordinateurs portables 1 Imprimante	Modèle: 1 licence PM-5 1 licence Wingeo SIG : Arc-view 3.2 Extension spatial Analyst Extension Image Analysis Log-Géologie : ROCK WORKS
GWA Lybie	2 Micro-ordinateurs Pentium III 1 Scanneur 1 Imprimante 1 Data show 1 Graveur 1 Traceur	Modèle: 1 licence PM-5 1 licence Wingeo SIG : Arc-view 3.2 Extension spatial Analyst Extension Image Analysis Log-Géologie : ROCK WORKS
DGRE Tunisie	4 Micro-ordinateurs Pentium I4 1 Station travail 6 Imprimantes 3 Scanners	Modèle: 1 licence PM-5 1 licence Wingeo SIG : Arc-view 3.2 Extension spatial Analyst Extension Image Analysis Log-Géologie : ROCK WORKS ARC-INFO version réseau

Matériel Acquis pour l'équipe du Projet

- 5 micro ordinateurs dont 2 stations de travail
- 2 micro ordinateurs portable
- 5 imprimantes
- 1 scanner
- logiciels : MAPOBJECT – ARCVIEW – ARCPRESS – SPATIAL ANALYST – ROCK – WORKS
- la liste détaillée se trouve en annexe et comporte :
 - le matériel acquis
 - le numéro de série
 - les coûts d'acquisition
 - le numéro de facture
 - l'affectation
 - le code OSS

Equipement de Bureaux :

L'équipement de bureau a concerné strictement le SASS

Matériel Acquis pour l'équipe du Projet

Concernant les équipements de bureau, le matériel acquis consiste essentiellement en :

- Bureaux et chaises
- Armoires
- Photocopieur
- Postes téléphoniques
- Fax

Un inventaire comportant :

- La liste détaillée
- Les coûts
- Les numéros de série
- Les affectations

est joint en annexe.

Véhicules :

Il était prévu l'acquisition de trois véhicules de terrain (1 véhicule/pays) sur fonds du FIDA. Après analyse des besoins réels des pays, il s'est avéré que cette acquisition ne répondait pas à la configuration des structures régionales dans chaque pays :

- 3 directions régionales en Algérie opérant sur plus de 600.000 Km²,
- 3 directions régionales en Tunisie,
- 2 directions régionales en Libye.

Chaque pays s'est engagé, d'affecter un véhicule tout terrain sur son propre parc par structure régionale pour le projet, soit un total de 7 véhicules tout terrain.

Compte tenu de cet engagement, l'OSS a négocié l'achat de véhicules légers en contrepartie et dans les limites de l'enveloppe budgétaire définis dans le document du projet.

Une proposition en ce sens a été faite au FIDA qui a approuvé l'opération. En outre, deux 2 véhicules ont été acquis pour le siège du SASS.

Equipe de projet	2 véhicules utilitaires
ALGERIE	3 véhicules utilitaires
TUNISIE	1 véhicule utilitaire 1 véhicule tout terrain
LIBYE	3 véhicules utilitaires

Procédures d'achat :

Pour toutes les acquisitions (Matériel et véhicules), le projet a procédé à des consultations et basé ses choix sur au moins trois offres.

Les offres ont fait l'objet d'une analyse et Procès-verbal de choix agréés par les pays.

RUBRIQUE 4 : Sous-contrats

Budget alloué	Dépenses
20.000,00 \$ US	

Cette rubrique a concerné, notamment :

- Le traitement des données géodésiques
- La sous-traitance à un bureau d'études du fond topographique avec Notice et CD-Rom.
- L'élaboration des cartes a plus grand échelle a proximité des CHOTTS.
- La reproduction du document ERESS.
- La traduction

L'écart entre le Budget alloué et les dépenses réalisées s'explique par le fait que la reproduction a pris une importante dimension et que le fond reprographie et la traduction n'étaient pas prévues à l'origine.

RUBRIQUE 5 : Frais de fonctionnement

Budget alloué	Dépenses
115.000,00 \$	

Les frais de fonctionnement ont été destinés aux :

- La reproduction des documents du synthèse à l'occasion des réunions de pilotage.
- Recrutement d'une assistante et d'un chauffeur
- Achats courants (consommables, ect...)
- Frais de location du bureau de projet
- Divers : Téléphone, Internet, Entretien , Charges, Assurancesetc)
- Etats de présentation à la demande des pays.

Le projet a bénéficié des avantages diplomatiques accordés à l'OSS et du soutien de ses services généraux.

RUBRIQUE 6 : Support logistique OSS

Budget alloué	Dépenses
120.000,00 \$	

Les dépenses ont concerné :

- L'assistance de l'OSS, notamment pour la comptabilité, l'expertise comptable et l'audit financier.

Récapitulatif du budget

Budget total alloué	Dépenses
1.445,00 \$ US	

N.B : la clôture du budget est en prévu au 31/10/02, l'état de dépenses sera présenté à cette date

III.2 – Apports des pays

Les apports des pays, bien qu'ils soient chiffrés, consistent essentiellement en la mise à disposition du projet d'ingénieurs et techniciens de terrain conformément au tableau 3.

Tableau 3 - Budget de la contribution des Gouvernements en USD

Dépenses	Unité	Coût unité	Quantité			Total USD		
			Algérie	Lybie	Tunisie	Algérie	Lybie	Tunisie
Personnel national								
Ingénieurs	H/m	2000	48,25	48,25	48,25	96.500	96.500	96.500
Equipe topo	H/m	4000	2	2	2	8.000	8.000	8.000
Equipe hydrogéologique	H/m	4000	11	5	8	44.000	20.000	32.000
Sous-total						148.500	124.500	136.500
Frais de déplacement personnel national						16.000	16.000	16.000
Equipement								
Matériel terrain						15.000	15.000	15.00
Matériel informatique						10.000	10.000	10.000
Sous total						25.000	25.000	25.000
Autres frais de fonctionnement						20.000	20.000	20.000
Total						209.500	185.500	197.500
TOTAL GENERAL						592.500		

En réalité, la contribution a été bien au-delà de ce qui a été défini à la conception du projet. En effet et au démarrage du projet, chaque institution a mis cinq ingénieurs à la disposition du projet pour toute sa durée soit un total de 60 Hommes/mois, par rapport au 48.5 Hommes/Mois prévus.

Le travail de ces ingénieurs a porté essentiellement sur:

- la collecte, l'analyse et la validation des données,
- l'élaboration de notes et synthèses particulières,
- la contribution aux étapes scientifiques de validation des travaux.

Quant aux techniciens de terrain, ils ont procédé :

- à l'achèvement de l'inventaire des points d'eau
- aux campagnes de mesures piézométriques et d'évaluation des débits de pompages
- au complément de nivellement
- à la vérification sur terrain de certaines caractéristiques des points d'eau.

Le matériel technique (sondes de mesures, appareils GPS, manomètres,...) et autres frais de fonctionnement (chauffeur, essence,...) ont été à la charge des institutions nationales.

III.3 – Gestion du Projet

La gestion du projet a été conforme aux règles en vigueur au sein de l'OSS

Expertise

Sur la base du programme d'activité défini en mai 1999, des termes de référence ont été élaborés de manière telle que les experts et consultants établissent une offre précise qui tienne compte de la liaison entre les deux principales activités, base de données et modèles. Il a été notamment exigé une expérience poussée sur les bases de données, en vue d'éviter le dépaysement scientifique, coûteux en temps. Pour le modéliste et le consultant en base de données, une expérience en SIG (Système intégré de gestion des ressources en eau) a été exigée.

Les termes de références ont été élaborés en tenant compte de la complexité des systèmes aquifères et de la grande diversité de données des BD et SIG dans les trois pays. Ces termes de références ont été adressés aux trois pays en leur demandant d'en assurer une large diffusion auprès des spécialistes et organismes concernés (nationaux et internationaux).

Cette procédure ayant été utilisée spécialement pour les deux principaux experts (système d'information et modèles) du projet, pour les interventions de courte durée, même si la procédure n'est pas analogue il y a toujours eu élaboration de termes de références et contrat.

Atelier de formation et de perfectionnement

Un programme d'ateliers de formation et de perfectionnement a été mis en œuvre de manière à:

- faire participer les ingénieurs désignés par chaque pays aux ateliers concernant les bases de données et modèles à toutes les phases du projet, notamment, celles

relatives aux choix de logiciels ainsi qu'aux étapes conception-validation (Base de données et modèles),

- impliquer des ingénieurs localisés dans les structures régionales des administrations des ressources en eau à travers le bassin saharien et contribuant directement au projet par les travaux de terrain dans des ateliers de formation et recyclage.

Ces ateliers de formation sont de courtes durée et avaient pour objectifs :

- l'actualisation des connaissances et la mise au diapason des participants avec les progrès réalisés dans le traitement de l'information,
- la maîtrise des outils, notamment les logiciels modèles et systèmes d'information mis à la disposition des pays.
- une motivation à rechercher et à collecter les données et les études nécessaires au projet.

Les dix ateliers organisés durant le projet ont vu la participation de 90 ingénieurs. Le projet était chargé de l'organisation des ateliers, les consultants étaient sélectionnés sur la base de C.V. et en étroite collaboration avec les institutions nationales.

Audit scientifiques et technique

Les deux principales activités du projet - bases de données et les modèles - constituent deux aspects complexes réalisés en plusieurs étapes. Ils ont nécessité des avis de scientifiques qualifiés dans ces deux domaines spécifiques, notamment, pour la validation des rapports et des consultants.

Soucieuse de disposer des avis de scientifiques reconnus dans le domaine, l'équipe du projet a eu recours à :

- une première évaluation technique des activités du projet qui a été réalisée par un expert international (Jean Margat)
- un atelier d'évaluation du modèle regroupant 5 experts internationaux ainsi que les directeurs des institutions nationales organisé en septembre 2001
- une évaluation du modèle par un expert exerçant au sein de l'OSS.

Comité de Pilotage et Coordinateurs nationaux

Comité de pilotage

Trois réunions du comité de pilotage ont été tenues:

- Alger (juin 2000)
- Tripoli (juin 2001)
- Tunis (octobre 2002)

Coordinateurs nationaux

Les coordinateurs nationaux ont été conviés à 6 réunions:

- 4 à Tunis
- 2 à Tripoli

Ces réunions étaient destinées à:

- Etablir un bilan périodique des activités du projet
- Coordonner les tâches confiées aux équipes nationales
- Présenter les bilans des équipes nationales.

Comptabilité

La comptabilité est prise en charge par:

- un comptable permanent au sein de l'OSS
- un expert comptable pour l'analyse et suivi des comptes
- un cabinet d'audit financier annuel

un tableau de bord financier a été mis en place conformément aux lignes budgétaires des observateurs (FIDA + DDC-Suisses).

4^E PARTIE

MECANISME DE CONCERTATION

Le Mécanisme de Concertation est destiné à la mise en place d'une gestion commune du Bassin du SASS;

Les objectifs sont:

- la mise en place d'un cadre permanent de concertation tripartite à l'échelle des trois pays,
- en appui à la structure de concertation susvisée, l'analyse des attentes des pays en tenant compte des capacités propres des institutions nationales en charge des eaux souterraines.

Les deux objectifs complémentaires visent une gestion concertée à long terme d'une ressource commune aux trois pays.

Les résultats attendus sont:

A l'achèvement des activités, les termes d'un cadre de concertation inter-Etats spécifique au bassin du Sahara septentrional et portant création d'une structure permanente tripartite seront élaborés. Ces termes seront soumis par la FAO en concertation avec l'OSS aux autorités compétentes des trois pays en vue de leur examen, amendement et adoption éventuelle.

1. Budget

Les activités sont financées par la FAO à hauteur de 293.000,00 USD, destinés à couvrir les coûts :

- des consultants internationaux
- des consultants nationaux
- des services d'appui techniques
- des prestations OSS
- des voyages officiels
- des frais de fonctionnement
- des frais de formation

Le budget du Mécanisme de Concertation est géré directement par la FAO. La contribution mise à la disposition de l'OSS est de 75.000,00 USD. Cette contribution est destinée à couvrir:

- le salaire du conseiller au Mécanisme de Concertation au sein du SASS
- en partie, le salaire de l'assistante
- les frais de mission de l'équipe SASS dans le cadre du Mécanisme de Concertation
- les frais de l'OSS pour l'élaboration de documents et organisation de réunions.

2. Bilan des Activités

Les activités proprement dites ont démarré en Janvier 2001 avec une durée prévue de 18 mois. Les activités réalisées comportent:

- l'approbation du document de projet par les 3 pays,
- la tenue d'une réunion groupant la FAO, l'OSS et les décideurs nationaux en Janvier 2001 pour le démarrage officiel du projet,

- l'organisation de missions dans chacun des trois pays en vue de définir les modalités de mise en œuvre du projet et la sélection de deux consultants nationaux (Technique et Institutionnel) par pays
- la signature des contrats entre la FAO et les consultants nationaux ainsi que le consultant juriste international.
- Juillet 2002, une réunion groupant les experts (Technique) nationaux, l'équipe du projet SASS, la FAO et le juriste international a été tenue à Rome;
- Lors de cette réunion, les experts nationaux ont procédé à la présentation des rapports techniques élaborés pour chacun des trois pays. A l'issue de cette réunion, le calendrier ci-dessous a été arrêté:
 - Elaboration d'un rapport de synthèse du SASS mettant en exergue les orientations définies par chaque pays quant au Mécanisme à mettre en œuvre: **Résultat** : Rapport élaboré fin septembre 2002.
 - Elaboration d'un rapport préliminaire portant options pour l'établissement d'un mécanisme de concertation tripartite, une analyse des implications des différentes options, les textes juridiques d'appui ainsi qu'un ordre de préférence par la consultante internationale. Résultat: rapport élaboré octobre 2002.
 - Réunion à Rome le 24-25 octobre 2002 pour débattre et valider ce rapport préliminaire.
 - Organisation d'un atelier national dans chaque pays pour débattre et valider les propositions formulées dans la phase antérieure (novembre 2002)
 - Organisation d'un atelier régional regroupant les trois pays pour débattre et valider la ou les options qui aura(ont) été retenue(s) par les ateliers nationaux, et formuler des recommandations finales sur cette base.

Au terme de ces activités, la première esquisse du Mécanisme de Concertation sera définie et validée par les trois pays.

Toutes ces activités seront achevées en décembre 2002 et validées par les pays en janvier-février 2003 par les pays concernés.

CONCLUSION

Au terme du présent rapport d'activités, on peut conclure que:

- sur le plan technique et scientifique, le projet s'est conformé aux objectifs assignés. Cependant, l'atteinte de ces objectifs n'a pas été facilitée par:
 - la masse considérable de données acquises bien après le premier calage.
 - la prise en compte des avis du comité d'évaluation, mis en place à l'initiative de l'OSS
 - la modification des premières planifications d'exploitation.

Ces multiples révisions du modèle et l'importante dimension prise par le système d'information ont permis:

- la mise au point d'outils de gestion et de traitement de données à même de mieux fiabiliser les données dans le futur,
- la mise en place d'une dynamique de coopération et d'échanges entre les trois pays,
- l'élaboration d'un modèle qui tienne compte des données acquises jusqu'à juin 2001,
- la mise au point d'un modèle d'optimisation (micro-modèle) permettant aux décideurs et experts d'œuvrer de concert en vue d'un scénario consensuel d'exploitation des ressources du SASS,
- l'organisation d'ateliers de formation ayant concerné près d'une centaine d'ingénieurs.

Par ailleurs, même si les réalisations ont été au-delà des objectifs, ceci a été fait dans le respect du budget alloué au projet.

Cependant, bien que la réalisation de ce modèle ait permis de disposer des résultats d'ensemble du bassin et de créer une extraordinaire dynamique de coopération entre les trois pays (les trois pays ayant communiqué au projet l'ensemble des documents et forages aussi bien hydrauliques que pétroliers), il s'est avéré nécessaire de planifier la poursuite du SASS par la réalisation des trois sous/modèles pour les raisons suivantes:

- ces trois modèles sont localisés dans des régions à forte exploitation et qu'il faut traiter à grande échelle en vue de mieux préciser les résultats du modèle d'ensemble qui couvrirait 1 million de km²
- les résultats de ces sous modèles permettront aux décideurs et politiques de disposer d'éléments de décision qui ne souffrent pas d'incertitude et concernent les zones les plus vulnérables concernées par les trois pays en terme de population, travaux agricoles et exploitation des surfaces irriguées
- ceux-ci sont déterminants et constituent des éléments de base pour les décideurs et politiques en vue d'approfondir la concertation.

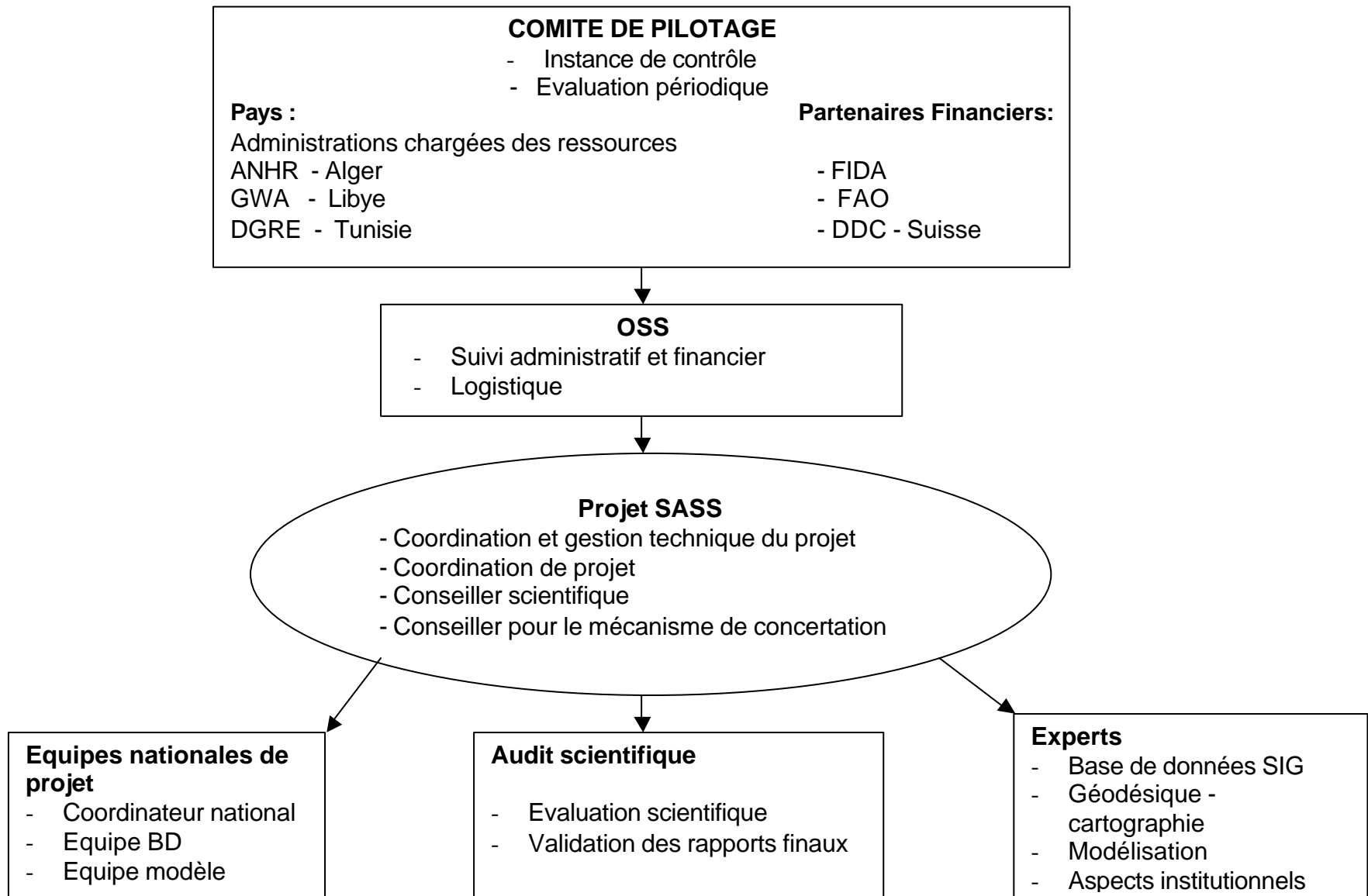
ANNEXES

ANNEXE 1 Organisation du projet

ANNEXE 2 Liste des consultants et ingénieurs nationaux

ANNEX 3 liste du matériel acquis

ANNEXE 1 : Organisation du Projet



ANNEXE 2 : Liste des consultants et ingénieurs nationaux du Projet

- **Consultant en Base de données et Systèmes d'informations géographique**

Belkacem Abdous (Algérie)

- **Consultant en modèles mathématiques**

Mustapha Besbes (Tunisie),

Mounira Zammouri (Tunisie)

- **Equipe algérienne (ANRH)**

Abdelmalek Ayad

Abderrazak Khadraoui

Abderrazak Zahrouna

Ali Larbes

Djida Khiati

Fatima Biout

Ghania Aggoun

Mimi Bafou

- **Equipe Tunisienne (DGRE)**

Abderrazak Daoud

Brahim Ben Baccar

Brahim Labidi

Faten Horriche

Lahmadi Mourni

Rachid Khanfir

Yousra Ben Salah

- **Equipe libyenne (GWA) :**

Ali Douma

ASEM AIUB

Lotfi Madi

Mehdi el-Mejerbi

- **Comité d'évaluation**

Ghislain De Marsily

Giuseppe Pizzi

Jean Margat

Philippe Pallas

Wolfgang Kinzelbach

- **Institutions Nationales**

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) : Rachid Taibi , Directeur Général

Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) : Djemili el Batti, Directeur Général

General Water Authority (GWA) : Omar Salem, Secrétaire du Comité Populaire

- **Comité de lecture**

Chedli Fezzani

Ghislain de Marsily

ANNEXE 3 : Listes du matériel acquis

ALGÉRIE

Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

Budget Prévisionnel en FF	en Euros	Dépenses					Solde Budget	
		Date	Qté	Désignations	Montant FF	Montant Euros	en FF	en Euros
I/ Matériel de Transport								
220 552,00	33 622,94	09/05/2000	2	RENAULT KANGOO	154 768,00	23 594,23		
				Frais bancaire	91,64	13,97		
				Complément voiture	1 589,00	242,24		
				Frais bancaire	89,93	13,71		
		2001	1	RENAULT KANGOO	62 291,97	9 496,35		
				Frais bancaire	90,33	13,77		
				Carburant	1 712,77	261,11		
220 552,00	33 622,94				220 633,64	33 635,38	-81,64	-12,45
II/ MATÉRIEL INFORMATIQUE								
239 416,00	36 498,73	15/11/2000	1	Yves Emsellem:	7 380,00	1 125,07		
				Licence Wingeo	7 380,00	1 125,07		
239 416,00	36 498,73	05/06/2000		IMAGIS: BOUCHIBI	10 000,00	1 524,49		
				Logiciel ArcView GIS pour Windows avec documentation d'origine (Anglais)				
				comprenant:				
				01 clé type Hardware				
				01 CD ROM (installation Arcview)				
				Documentation (05 volumes)				
				01 Pack (4 CD ROM ESRI Data and Maps)				
				Supplément documentation en Français				
				01 CD ROM (Interface ArcView en Français)				
				Documentation (02 volumes)				
				Logiciel extension ArcView Spatial Analyst				
				01 Clé type Hardware				
				01 CD ROM (Installation ArcView)				
				Documentation (02 volumes)				
				Logiciel Extension ArcView Image Analyst				
				01 Clé type Hardware				
				01 CD ROM installation				
				Documentation 3 volumes				
				Micro-ordinateur UNIKA, Processeur Intel Pentium III, 600 Mhz				
				Mémoire de 256 Mo SDRAM				
Disque Dur 1 de 10.2 Go								
Disque Dur 2 de 8.4 Go								
CD ROM 48x								
2 HP 80w								
Ecran 19"								

Budget Prévisionnel		Dépenses					Solde Budget	
en FF	en Euros	Date	Qté	Désignations	Montant FF	Montant Euros	en FF	en Euros
				Micro-ordinateur UNIKA, Processeur Intel Pentium III, 600 Mhz Mémoire de 128 Mo SDRAM Disque Dur de 8.4 Go CD ROM 48x 2 HP 80w Ecran 17" Lecteur ZIP	13 200,00 1400,00	2 012,33 213,43		
		24/07/2000		Imprimante couleur de format A2 Onduleurs APC (American Power Company) Cartes Réseaux Cassettes d'enregistrement ZIP	5800,00 2400,00 700,00 2100,00 107 925,00	884,20 365,88 106,71 320,14 16 453,06		
		17/04/2001	1	Documentation	1 000,00 1 000,00	152,45 152,45		
		07/05/2002 22/05/2002	8 1	Portables Compaq Logiciel Rockware 2002	93 277,09 5 121,12 98 398,21	14 220,00 780,71 15 000,71		
239 416,00	36 498,73			Total dépenses matériel informatique	214 703,21	32 731,29	24 712,79	3 767,44
220 552,00	33 622,94			Total Dépenses voitures	220 633,64	33 635,38	-81,64	-12,45
459 968,00	70 121,67			Dépenses Générales	435 336,84	66 366,68	24 631,16	3 755,00

TUNISIE								
Direction Générale des Ressources en Eaux								
Budget Prévisionnel en FF	en Euros	Dépenses					Solde Budget	
		Date	Qté	Désignations	Montant FF	Montant Euros	en FF	en Euros
VOITURE								
220 552,00	33 622,94	22/05/2000	1	MITSUBISHI PAJERO Frais Bancaire	158 970,38 3,11	24 234,88 0,47		
		2001	1	RENAULT MEGANE Frais Bancaire Carte Grise Transite Visite Technique Vignette	83 017,00 90,33 1219,29 1699,58 30,96 412,47	12 655,86 13,77 185,88 259,10 4,72 62,88		
220 552,00	33 622,94				245 443,12	37 417,56	-24 891,12	-3 794,63
MATERIEL INFORMATIQUE								
239 416,00	36 498,73	15/11/2000	1	Yves Emsellem: Licence Wingeo	7 380,00	1 125,07		
					7 380,00	1 125,07		
		12/07/2000	1	Arc View 3.2	15 399,64	2 347,66		
		12/07/2000	1	Spatial Analyst	20880,87	3 183,27		
		29/06/2000	1	Onduleur Merlin Gerin Pulsar	7 311,51	1 114,63		
		12/07/2000	1	PC ARC INFO version 3.5.2 Station de travail Kayak XM	42 022,77	6 406,33		
		12/07/2000	1	600	20 495,42	3 124,51		
		12/07/2000	1	Lecteur ZIP externe	1 879,83	286,58		
		12/07/2000	1	Écran HP couleur 21"Trinitron	9 148,95	1 394,75		
		12/07/2000	10	Disquette ZIP 250MO	1 905,94	290,56		
					119 044,93	18 148,28		
		11/04/2002	4	Micro Ordinateur HP Vectra VL 420 *Processeur: Intel Pentium 4 1,5 GHZ *Disque Dur: 40 Go *Mémoire RAM: 256 Mo extensible à 512 Mo *Mémoire cache: 512 Mo *Mémoire Vidéo: 16 Mo NVIDIA *Lecteur Disquette: 3"1/2 à 1,44 Mo *Lecteur DVD 16X	39 898,78	6 082,53		

Budget Prévisionnel		Dépenses					Solde Budget	
en FF	en Euros	Date	Qté	Désignations	Montant FF	Montant Euros	en FF	en Euros
				*Carte son intégré sur la carte mère				
				*Carte réseau 10/100 BT				
				*Kit multimédia complet				
				*Clavier, souris, tapis				
				*Système d'exploitation windows				
				XP préinstallé + CD				
				*Ecran couleur HP 17 pouces				
				mise à jour windows 2000				
			4	Professionnel	7 493,65	1 142,40		
				multilingue				
			4	Enceintes 2x250 Watts	607,61	92,63		
				Imprimantes Epson Stylus				
			6	Couleur 1160	15 493,70	2 362,00		
				scanner Perfection 1640SU				
			3	avec carte	6 000,04	914,70		
				et câble SCSI				
				Onduleur ellipse 650 réf:				
			4	66194	5 873,21	895,40		
		22/05/2002	1	Logiciel Rockware 2002	5 104,21	778,13		
				Total Dépenses	80 471,21	12 267,76		
239 416,00	36 498,73			Total dépenses matériel informatique	206 896,14	31 541,11	32 519,86	4 957,62
220 552,00	33 622,94			Total Dépenses voitures	245 443,12	37 417,56	-24 891,12	-3 794,63
459 968,00	70 121,67			Dépenses Générales	452 339,26	68 958,68	7 628,74	1 162,99

LIBYE
General Water Authority

Budget Prévisionnel		Dépenses					Solde Budget	
en FF	en Euros	Date	Qté	Désignations	Montant FF	Montant Euros	en FF	en Euros
I/ Matériels de Transport								
		2001	3	RENAULT: RENAULT KANGOO	200 093,97	30 504,13		
				Frais bancaire	90,33	13,77		
				Frais de convoyage	8 595,00	1 310,30		
				Frais bancaire	91,05	13,88		
220 552,00	33 622,94				208 870,35	31 842,08	11 681,65	1 780,86
II/ Matériels Informatique & Logiciels								
239 416,00	36 498,73	18/12/2000	2	GAMMA SIC: HP KAYAK XM Réf: P1649N Processeur Intel Pentium III 800 EB Disque Dur 9,1 GO ultra SCSI 256 Mo Rambus Memory Carte graphique 32 MO Carte réseau 10/100 BT Lecteur DVD ROM 8x/32x Moniteur HP Couleur 21 pouces Trinitron P 1110 Lecteur ZIP externe 250 MO	74 763,10	11 397,56		
			1	Scanner couleur HP Scanjet 6350C Format A4	4 456,09	679,33		
			1	Imprimante jet d'encre A3 HP Deskjet	10 241,52	1 561,31		
			10	Disquette ZIP 250Mo	2 048,30	312,26		
					91 509,01	13 950,46		
		15/11/2000	1	Yves Emsellem: Licence Wingeo	7 380,00	1 125,07		
					7 380,00	1 125,07		
		30/06/2000	1	GRAPHTEC: ARC VIEW-Gis	15 399,64	2 347,66		
			1	ARC VIEW-Image Analysis	28 711,20	4 376,99		
			1	ARC VIEW-Spatial Analyst	20 880,87	3 183,27		
			1	ARC Press for ARC VIEW	3 393,15	517,28		
					68 384,86	10 425,20		
		30/11/2000	1	ZIP DRIVE	1 440,00	219,53		
					1 440,00	219,53		
		30/06/2001	1	GAMMA SIC: Windows 2000 serveur professionnel	8 775,99	1 337,89		

Budget Prévisionnel		Dépenses					Solde Budget	
en FF	en Euros	Date	Qté	Désignations	Montant FF	Montant Euros	en FF	en Euros
				produit complet avec 5 utilisateurs une licence Version anglaise				
			2	Windows 2000 professionnel produit complet, licence version anglaise	2 856,00	435,39		
			3	Arabic View GIS	4 330,00	660,10		
					15 961,99	2 433,39		
		19/04/2002		GAMMA SIC:				
			1	DATA SHOW EPSON EMP 51	38 481,16	5 866,42		
			1	LECTEUR ZIP 250	1 594,93	243,15		
			1	GRAVEUR CD EXTERNE	2 278,47	347,35		
			1	ANTI VIRUS	430,37	65,61		
					42 784,93	6 522,52		
		16/04/2002		GAMMA SIC:				
			1	Traceur HP Design jet couleur 500 ps Format:AO Résolution:1200x600 dpi	27 848,21	4 245,43		
			1	Carte HPGL2	2 658,24	405,25		
				Frais de transport	1 822,79	277,88		
		28/05/2002	1	Barrette mémoire SIMM pour traceur HP	2 182,89	332,78		
					34 512,13	5 261,34		
		22/05/2002						
			1	Logiciel Rockware 2002	5 121,12	780,71		
					5 121,12	780,71		
239 416,00	36 498,73			Total dépenses matériel informatique	267 094,04	40 718,22	-27 678,04	-4 219,49
220 552,00	33 622,94			Total Dépenses voitures	208 870,35	31 842,08	11 681,65	1 780,86
459 968,00	70 121,67			Dépenses Générales	475 964,39	72 560,30	-15 996,39	-2 438,63