

SYSTÈME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL

UNE CONSCIENCE DE BASSIN



BASE DE DONNES ET SIG
VOLUME III

JUIN 2003

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL

SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL

Une conscience de bassin

2^e édition

BASE DE DONNEES ET SIG

VOLUME III

- JUIN 2003 -

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL

© 2003/ Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS)

ISBN : 9773-856-01-5

Observatoire du Sahara et du Sahel
Boulevard de l'Environnement – BP 31 Tunis Cedex
Tel. + 216 71 806 522 – Fax. + 216 71 807 310
E-mail : boc@oss.org.tn - URL : www.unesco.org/oss

PREFACE

Occupant une superficie de plus d'un million de km², le Système Aquifère du Sahara Septentrional, partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye, est formé de dépôts continentaux renfermant deux grandes nappes souterraines : le Continental Intercalaire [CI] et le Complexe Terminal [CT]. La configuration structurale et le climat de la région font que les réserves de ces deux nappes se renouvellent très peu : ce sont des réserves géologiques dont les exutoires naturels (sources et foggaras) ont permis le développement d'oasis où les modes de vie séculaires sont restés longtemps en parfaite symbiose avec l'écosystème saharien.

Depuis plus d'un siècle, et plus particulièrement au cours des trente dernières années, l'exploitation par forages a sévèrement entamé cette réserve d'eau souterraine. De 1970 à 2000, les prélèvements, utilisés autant pour des fins agricoles (irrigation) que pour l'alimentation en eau potable et pour l'industrie, sont passés de 0,6 à 2,5 milliards de m³/an à travers des points d'eau dont le nombre atteint aujourd'hui plus de 8800 points où les sources, qui tarissent, sont remplacées par des forages de plus en plus profonds.

Cette intensification de l'exploitation engendre un certain nombre de problèmes dont principalement la baisse régulière du niveau d'eau, l'augmentation du coût du pompage, l'affaiblissement de l'artésianisme, le tarissement des exutoires naturels et un risque de plus en plus grand de détérioration de la qualité des eaux par salinisation...

Les trois pays concernés ont très tôt pris conscience de la problématique de l'utilisation de ces ressources aquifères dans une optique de durabilité et ont œuvré pour améliorer l'état des connaissances et la gestion de ces ressources. Ainsi et dès 1970, un important programme algéro-tunisien, l'ERESS, mis en œuvre par l'Unesco, a permis d'établir, sur la base d'une première modélisation, limitée aux frontières des deux pays, une évaluation des ressources exploitables de ce système aquifère et des prévisions de l'évolution de leur utilisation. Ce programme a été poursuivi dans le cadre du PNUD en 1984.

Une vingtaine d'années plus tard, en 1992, l'Observatoire du Sahara et du Sahel organisait, au Caire, le premier atelier sur les aquifères des grands bassins marquant ainsi le lancement de son programme « Aquifères des Grands Bassins » qui conduira à la naissance du « projet SASS », en septembre 1997, après une série de séminaires et d'ateliers régionaux. Ce projet SASS est le premier à prendre en considération le bassin dans son intégralité, jusqu'à ses limites naturelles.

A la demande des trois pays, l'OSS a obtenu l'appui financier de la Coopération suisse, du FIDA et de la FAO pour une première phase de trois ans lancée officiellement en Mai 1999 à Rome avec pour principal objectif l'actualisation de l'évaluation des ressources exploitables et la mise en place d'un mécanisme de concertation entre les trois pays.

Par rapport à son prédécesseur, ERESS, le projet SASS va bénéficier d'un atout de taille : l'intégration de la Libye et l'exploitation des données accumulées durant les trente dernières années. Ces données vont permettre :

- la mise en place d'une base de données commune aux trois pays destinée à valoriser l'information et à servir d'outil d'échange,
- la réalisation d'un modèle simulant le comportement hydrodynamique du système aquifère et permettant de prévoir l'impact du développement de l'exploitation.

Ces deux activités ont été réalisées en associant, en permanence, les compétences nationales des trois pays. Les résultats ont été présentés aux trois pays et ont permis d'éclairer les décideurs sur les perspectives de développement et les risques qui leurs sont associés. Ils ont aussi permis de mettre en évidence l'intérêt des trois pays à asseoir la durabilité des programmes d'actualisation, de suivi et d'échange d'informations et à concrétiser la « conscience de bassin » qui s'est progressivement développée.

Comment se présente l'avenir du SASS, au terme de cette première phase d'investigation ?

Autant en Algérie qu'en Tunisie et en Libye, le Complexe Terminal aujourd'hui, le Continental Intercalaire demain, se trouvent dans un état d'exploitation tel qu'il faudra que les trois pays, ensemble, contrôlent les prélèvements dans une volonté mutuelle de garantir l'avenir de la région à travers notamment une politique concertée de préservation des ressources en eau.

La pratique d'un tel partenariat, au cours du projet SASS, a permis de forger, progressivement, la confiance mutuelle entre les équipes techniques, la conscience que les problèmes rencontrés par les uns dépendent en partie des actions menées par les autres et la conviction que l'échange d'informations, qui fonde toute solidarité, est une activité non seulement possible mais nécessaire.

Constatant la nécessité d'une concertation soutenue et de l'institutionnalisation de la coopération initiée dans le cadre de ce projet, les trois pays du SASS ont exprimé leur accord pour la création d'un mécanisme tripartite permanent de concertation pour la gestion commune du SASS. La nécessité d'un mécanisme institutionnel élaboré et durable étant acquise, sa mise en œuvre a été conçue dans une démarche progressive ; au départ, ses attributions seront principalement axées sur le développement de bases de données et de modèles, la promotion d'études, de recherches et de formations, la production d'indicateurs de suivi et sur la réflexion vers l'évolution future du mécanisme. L'OSS accueille l'Unité de Coordination, en charge de ce mécanisme, conformément à la volonté des trois pays.

Par ses activités et ses résultats aux plans scientifique et technique, le projet SASS constitue une approche exemplaire d'étude et de gestion de ressources en eau non renouvelables dans un objectif de durabilité. A travers l'échange d'informations et la volonté de concertation, il peut servir de modèle pour la coopération régionale. Ce projet constitue un exemple réussi de coopération Sud-Sud et Nord-Sud qui cadre parfaitement avec les objectifs et la mission de l'OSS.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation et à la réussite de cette première phase. En premier lieu, mes remerciements s'adressent aux Ministres en charge des ressources en eau et aux administrations nationales : l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) en Algérie, la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE) en Tunisie et la General Water Authority (GWA) en Libye, dont les dispositions à échanger l'information, participer aux activités scientifiques et prendre les décisions adéquates dans le cadre du Comité du pilotage ne se sont jamais démenties et ont été le garant de l'atteinte des objectifs du projet. Je remercie également les partenaires de coopération de l'OSS qui ont apporté, outre leur appui financier à ce projet, une attention toute particulière à sa réalisation et leurs avis éclairés lors des différentes réunions du Comité de pilotage. Enfin, je ne saurais omettre de citer l'équipe du projet au sein du Secrétariat exécutif de l'OSS : équipe permanente, consultants et équipes nationales, ainsi que les éminents spécialistes qui nous ont aidé à valider les résultats scientifiques du projet.

Chedli FEZZANI

Secrétaire exécutif

REMERCIEMENTS

Juillet 1999 – Octobre 2002 : la réalisation de l'étude du Système Aquifère du Sahara Septentrional a représenté quarante mois d'efforts, une coopération de tous les instants, parfois délicate mais incontournable, et un exercice de solidarité exemplaire.

Autour de l'équipe permanente du SASS, se sont ralliés un certain nombre de personnalités que nous remercions vivement pour leur contribution à la réussite de cette entreprise collective. Il est de notre devoir de citer tout particulièrement :

Les Directeurs Généraux des ressources en eau :

- EI BATTI Djemili pour la DGRE
- SALEM Mhamed Omar pour la GWA
- TAIBI Rachid pour l'ANRH

- Les principaux partenaires financiers :**
- DDC-Suisse
 - FAO
 - FIDA

Les coordinateurs nationaux du projet :

- AYAD Abedelmalek pour l'Algérie
- EI MEDJEBRI Mehdi pour la Libye
- KHANFIR Rachid pour la Tunisie

Autres partenaires

- Allemagne et France pour leur contribution partielle

L'équipe de l'ANRH (Algérie) :

- BIOUT Fatima
- KHADHRAOUI Abderrazak
- LARBES Ali

L'équipe de la GWA (Libye) :

- ABU BOUFILA Tahar
- AYOUBI Assem
- DOUMA Ali
- MADHI Lotfi

L'équipe de la DGRE (Tunisie) :

- ABIDI Brahim
- BEN BACCAR Brahim
- BEN SALAH Yosra
- EI-MOUMNI Lahmadi
- HORRICHE Faten

Le comité d'évaluation scientifique :

- DE MARSILY Ghislain
- KINZELBACH Wolfgang
- MARGAT Jean
- PALLAS Philippe
- PIZZI Giuseppe
- BURCHI Stefano, pour le Mécanisme de concertation

Les consultants du projet :

- ADOUM Akli
- BACHTA Med Salah
- BOUCHIBI Khier
- DERWICH Mohammed
- GHADI Mohamed
- GHAYED Karima
- MEKRAZI Aoun Ferjani
- SALEM Abderrahmane
- SIEGFRIED Tobias
- ZAMMOURI Mounira
- SOUISSI Jamel
- NANNI Marciella

Institutions nationales et régionales de Cartographie

- INCT, Algérie
- OTC, Tunisie
- SDL, Libye
- OACT
- CRTEAN

L'équipe du projet

- LATRECH Djamel, coordinateur régional
- MAMOUCHE Ahmed, conseiller scientifique
- KADRI Sadek, conseiller pour le Mécanisme de Concertation
- BESBES Mustapha, consultant principal pour le Modèle
- ABDOUS Belcacem, consultant principal pour la Base de Données
- BABASY Mohamadou Lamine, thésard
- JOUINI Wafa, assistante
- OTHMAN Olfa, documentaliste

AVANT-PROPOS

Le présent rapport se rapporte au volet «base de données et système d'information géographique» et résume les différents rapports de phases élaborés durant cette activité. Il se compose de deux parties principales :

- la première traite de l'architecture de cette base de données et des produits logiciels réalisés durant le projet ;
- la seconde fournit une description détaillée des données rassemblées aussi bien par les équipes des pays que par l'équipe permanente du SASS
- Sa structure reflète les différentes étapes de conception et de mise en place de la base de données du SASS, à savoir :
 - Dans la première partie :
 - synthèse de l'existant au démarrage de l'étude (structures et contenus) ;
 - présentation de la solution organisationnelle et technique qui a été adoptée ;
 - description détaillée des produits finaux réalisés et possibilités d'utilisation pour la gestion intégrée à l'échelle du bassin.

Et dans la deuxième partie :

- présentation du processus de collecte, de contrôle et d'introduction des données ;
- descriptif quantitatif et qualitatif des informations rassemblées et plus particulièrement de celles qui influent sur les résultats du modèle numérique.

SOMMAIRE

PREFACE	3
AVANT PROPOS	6
INTRODUCTION	12
1ERE PARTIE : CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DU SYSTEME D'INFORMATION	15
1 – ETUDE DE L'EXISTANT ET OPTIONS FONDAMENTALES DE DEVELOPPEMENT DU NOUVEAU SYSTEME	16
1.1 – Démarche méthodologique	16
1.1.1 – <i>Définition des termes utilisés</i>	16
1.1.2 – <i>Présentation de la démarche</i>	17
1.2 – Analyse de l'existant au niveau des trois pays	18
1.2.1 – Structure des bases de données existantes	19
1.2.1.1 – <i>ANRH : base de données BADGE</i>	19
1.2.1.2 – <i>GWA : Base de données LGWDBS</i>	22
1.2.1.3 – <i>DGRE : description des bases de données</i>	24
1.2.1.4 – <i>Synthèse de l'existant en termes de structures de données</i>	26
1.2.2 – Etat de l'information	27
1.2.2.1 – <i>ANRH (Algérie)</i>	27
1.2.2.2 – <i>DGRE (Tunisie)</i>	29
1.2.2.3 – <i>GWA (Libye)</i>	29
1.2.3 – Synthèse des données en termes de contenus	30
1.3 – Options fondamentales de développement	31
1.3.1 – Choix organisationnels	31
1.3.2 – Choix techniques	33
1.3.3 – Contenu du système d'information envisagé	36
2 – MODELE CONCEPTUEL DES DONNEES ET DOSSIER DE REALISATION	37
2.1 – Description du MCD	37
2.2 – Modèle relationnel	39
2.3 – Implémentation sous ACCESS	41
2.3.1 – Termes utilisés	41
2.3.2 – Schéma de la BD	41
2.3.3 – Mise en cohérence des BD nationales et de la BD du SASS	43
2.4 – Stratégie de sécurisation des données	45
2.5 – Description du SIG	46
2.5.1 – Intégration du SIG dans le SI global	46
2.5.1.1 – <i>Solution ARCVIEW</i>	48
2.5.1.2 – <i>Solution ACCESS – MapObjects</i>	48
2.5.2 – Les couvertures du SIG	49
2.5.2.2 – <i>Topographie et fonds de base</i>	49
2.5.2.3 – <i>Modèle numérique de terrain couvrant la zone d'étude</i>	49
2.5.2.4 – <i>Hydrogéologie</i>	50
2.5.2.5 – <i>Paramètres hydrauliques</i>	50
2.5.2.6 – <i>Zones de prélèvement</i>	50
2.5.2.7 – <i>Géologie</i>	50
3 – DESCRIPTION DES PRODUITS FINAUX REALISES	57
3.1 – La base de données	57
3.1.1 – Présentation des tables de données	58
3.1.1.1 – <i>Table « points »</i>	58
3.1.1.1.1 – <i>Coordonnées</i>	59
3.1.1.1.2 – <i>Type de point d'eau</i>	59
3.1.1.1.3 – <i>Aquifère</i>	59

3.1.1.2 – Table « Exploitation »	59
3.1.1.3 – Table « Piezometrie »	60
3.1.1.4 – Tables relatives à la géologie	60
3.1.1.5 – Tables de liaison avec le modèle PM5	62
3.1.2 – La partie « programmes »	63
3.1.2.1 – Les formulaires de saisie et de modification des données	63
3.1.2.2 – Requêtes	63
3.1.2.3 – Les modules	64
3.2 – Les outils d’analyse de données	64
3.2.1 – Les requêtes statistiques	64
3.3 – Le logiciel SAGESSE	64
3.3.1 – Caractéristiques générales	65
3.3.2 – Structure du système	66
3.3.3 – Fonctionnalités du logiciel	69
3.3.3.1 – Navigation et consultation des données	69
3.3.3.2 – Edition des données et contrôles	69
3.3.3.3 – Liens BD-SIG-modèle	69
3.3.3.3.1 – Génération automatique du maillage	70
3.3.3.3.2 – Affectation d’un numéro de maille aux points d’eau	71
3.3.3.3.3 – Préparation des fichiers PM5	72
3.3.3.4 – Explorateur de requêtes	72
3.3.3.5 – Conversion des coordonnées	73
2^E PARTIE : ANALYSE ET SYNTHÈSE DES INFORMATIONS COLLECTÉES DANS LE CADRE DU SASS	74
4 – DONNÉES DISPONIBLES REUNIES PAR LE PROJET ET DONNÉES COMPLÉMENTAIRES RECOLTÉES	75
4.1 – Organisation de la collecte des données	75
4.1.1 – Collecte initiale	75
4.1.1.1 – Fichiers ANRH	75
4.1.1.2 – Fichiers DGRE	79
4.1.1.3 – Fichiers GWA	81
4.1.2 – Compléments parvenus en mars 2001	82
4.1.2.1 – Fichiers ANRH	82
4.1.2.2 – Fichiers DGRE	82
4.1.2.3 – Fichier GWA	83
4.2 – Procédure de validation	83
4.3 – Informations collectées	84
4.3.1 – Données ANRH	84
4.3.1.1 – Validation des données	85
4.3.2 – Données DGRE	86
4.3.3 – Données GWA	86
4.3.4 – Contribution de l’équipe de projet	87
4.3.4.1 – Les informations géologiques	87
4.3.4.2 – Les historiques de prélèvement et de piézométrie	87
4.3.4.3 – Les données de qualité (salinité)	87
4.4 – Synthèse des données recueillies dans le cadre du projet	87
4.4.1 – Répartition par origine	88
4.4.1.1 – Historiques de prélèvements	88
4.4.1.2 – Historiques de piézométrie	88
4.4.1.3 – Historique salinité (résidu sec)	93
5 – TRAITEMENT DES DONNÉES ET LEUR VALIDATION	94
5.1 – Requêtes statistiques	94
5.1.1 – Statistiques sur le taux de remplissage des champs importants	94
5.1.2 – Nombre de points d’eau par Wilaya et par aquifère	95
5.1.3 – Répartition du nombre de forages par type	96
5.1.4 – Listes des lacunes et anomalies	96
5.1.5 – Nombre de forages par période de réalisation	96

5.2 - Requêtes de synthèse	97
5.3 – Requêtes de contrôle et d’analyse des données	100
5.4 – Le SIG et les requêtes spatiales	100
5.4.1 – Requêtes spatiales de contrôle des données	101
5.4.2 – Requêtes de synthèse et cartes thématiques diverses	103
3^E PARTIE : CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	106
ANNEXES	
Annexe 1 : Description des tables et champs de la BD commune	2
Annexe 2 : Notice d’utilisation de SAGESSE	7

LISTE DES ABREVIATIONS

N°	NOM	EXPLICATION
	ACSAD	Arab Center for Studies of Arid Zones and Dry Land
1	ANRH	Agence Nationale Des Ressources Hydrauliques (Algérie)
2	BD	Bases de Données
	BRL	Compagnie d'aménagement de la région du Bas-Rhône et du Languedoc
3	CI	Nappe du Continental intercalaire
	CRDA	Commissariat Régional au Développement Agricole
4	CT	Nappe du Complexe terminal
5	DGRE	Direction Générale deq ressources en Eau (Tunisie)
6	DRS	Direction Régionale Sud (actuellement antenne régionale de Ouargla, Algérie)
7	ERESS	Etude de Ressources en Eau du Sahara Septentrional
8	GWA	General Water Authority (Libye)
9	MCD	Modèle Conceptuel des Données
10	OSS	Observatoire du Sahara et du Sahel
11	PM5	Processing Mode Flow – version 5
12	SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
13	SI	Système d'Information
14	SIG	Système d'Information Géographique
15	VBA	Visual Basic for Application

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Les trois niveaux d'abstraction constituant la démarche MERISE	17
Tableau 2	Liste des tables de BADGE	20
Tableau 3	Liste des tables de la LGWDBS	22
Tableau 4	Liste des tables de la base « forages »	24
Tableau 5	Liste des tables de la base piézo	24
Tableau 6	Codification utilisée pour les causes d'absences de mesures piézo	26
Tableau 7	Synthèse des lacunes des BD des trois pays	27
Tableau 8	Synthèse des données fournies au démarrage du projet par les pays	30
Tableau 9	Etapas de mise en place du SI à court et moyen terme	32
Tableau 10	Liste des équipements et logiciels acquis par le projet	35
Tableau 11	Liste des entités constituant le SI	36
Tableau 12	Correspondance entre les tables de la BD du SASS et celles des BD nationales	43
Tableau 13	Adaptations et améliorations apportés aux BD nationales	44
Tableau 14	Les différents groupes d'utilisateurs et leur autorisations	45
Tableau 15	Fichiers ACCESS composant la BD du SASS	57
Tableau 16	Codification des aquifères et numérotation PM5	59
Tableau 17	Liste des différentes sources des historiques de prélèvement	60
Tableau 18	Origines de l'information piézométrique	60
Tableau 19	Contenu de la table des âges géologiques	61
Tableau 20	Exemple des étages et formation du néogène	61
Tableau 21	Pourcentage de lacunes pour les champs d'identification-localisation	64
Tableau 22	Liste des fichiers fournis par l'ANRH	76
Tableau 23	Structure des fichiers d'inventaire	78
Tableau 24	Structure des fichiers DGRE	80
Tableau 25	Tâches devant être réalisées sur les contenus des BD nationales	108

INTRODUCTION

Le projet SASS comporte deux volets essentiels qui sont :

- l'actualisation des connaissances sur les ressources en eau du SASS ;
- la mise en place d'un mécanisme de concertation.

Le premier point exige la collecte, l'organisation et l'homogénéisation des données disponibles au sein des trois pays concernés par le projet. Le deuxième point suppose la préparation des conditions techniques permettant une gestion commune des eaux à l'échelle du bassin et donc la réalisation d'un système permanent de recueil et de traitement des informations en vue de faciliter les actualisations futures des connaissances.

C'est dans ce but que le projet SASS avait prévu une activité intitulée « **homogénéisation des données hydrogéologiques et géodésiques** » qui avait pour but essentiel de recueillir, mettre en forme et organiser l'information disponible au niveau des trois pays, qui partagent l'étendue de la zone d'étude, en vue de la fournir en tant que donnée d'entrée au modèle numérique.

Tel qu'il a été conçu, le projet a donc considéré que :

- des données structurées existent au niveau des administrations en charge des ressources en eau
- l'unique but de la base de données était de préparer l'activité de modélisation : seules les données directement concernées par le modèle numérique devaient être regroupées et homogénéisées.

Au démarrage du projet SASS, et après avoir effectué des missions préparatoires auprès des trois pays concernés, le diagnostic de la situation se présentait comme suit :

- les trois pays étaient en phase de développement ou de restructuration de leurs propres bases de données. Un besoin pressant en matière d'une meilleure gestion des informations était formulé par tous : structure de données véritablement relationnelle, liaisons dynamiques BD – Modèle , possibilité de requêtes complexes et de synthèse, facilité de représentation cartographique d'informations issues directement de la BD ;
- l'essentiel de l'information était éparpillé à travers des fichiers hétérogènes voire sur support papier. Les données qui ont servi lors des études réalisées précédemment dans la région ne sont pas intégrées dans les BD respectives.

Pour le projet proprement dit, il fallait aller plus loin et préparer les conditions techniques pour la gestion commune des données du bassin et par la mise en place d'outils facilitant les actualisations futures..

La mise en place de la base de données du SASS a été de ce fait entamée comme un véritable projet de conception et de mise en place d'un système intégré d'information dont les objectifs principaux peuvent se résumer comme suit :

- prendre en charge les besoins immédiats de préparation des données pour le modèle numérique et permettre la mise en place progressive d'un dispositif d'actualisation permettant l'intégration aisée de données nouvelles et l'échange d'information entre les pays,

- concilier les besoins du projet SASS avec les besoins spécifiques des pays qui pourront bénéficier des outils méthodologiques et logiciels utilisés durant ce projet. (Un des apports immédiats est la normalisation des BD nationales sur le plan conceptuel)
- permettre l'intégration des données géographiques et la liaison automatique avec le modèle numérique (préparation des données et transfert des résultats de ce dernier vers le SIG).

Le contexte technologique permet d'aborder le problème sous cet angle et de mettre en œuvre assez rapidement la solution logicielle appropriée. Ce contexte peut se résumer comme suit :

- SGBD performants et bien interfacés avec les logiciels SIG,
- composants réutilisables permettant le développement rapide d'applications,
- logiciels de modélisation également de plus en plus ouverts et qui sont désormais adaptables au niveau pré et post-processeur.

Mais la réalisation de ces objectifs ne peut se faire sans une méthodologie de conception éprouvée et une approche favorisant la participation effective des pays dans toutes les phases de réalisation de ce système : conception et mise en œuvre, collecte et validation des données.

L'approche qui a été adoptée se base sur l'élément essentiel qui est la **donnée** (partie stable) et non sur les traitements (aspect dynamique). Ce qui procure au système ouverture et évolutivité et permet ainsi son utilisation ultérieure aussi bien par une structure de gestion concertée que par les pays eux-mêmes—**l'échange d'information étant devenu possible.**

C'est pour cela qu'un examen détaillé des systèmes et bases de données existants au niveau des pays a été effectué. Cette analyse approfondie a débouché sur la mise au point d'une architecture ouverte qui englobe en plus des éléments nécessaires au projet, toute information gérée par un service hydrogéologique (possibilités d'utilisation en tant que base de données nationale).

La réalisation du système a été subdivisée en quatre étapes :

- **analyse de l'information existante** au niveau des trois pays et choix de la solution organisationnelle compte tenu des objectifs du projet, des besoins spécifiques des pays et de la tendance technologique du moment (matériel et logiciels),
- **Conception du système d'information** et description de la solution informatique choisie en collaboration avec les pays: architecture de la base de données commune, identification des couches du SIG, harmonisation de la codification, définition des modes de traitement,
- **Mise en œuvre de la base de données et SIG** : installation des équipements et logiciels, implémentation de la base de données et du SIG, transfert des données hétérogènes existantes dans les trois pays et formation des équipes (SGBD, SIG, utilitaires d'analyse spatiale),
- **Intégration des trois composantes du système d'information** (Base de données relationnelle, SIG et modèle numérique) : intégration de l'information géographique dans la BD, établissement des liens SIG—modèle, développement des modules de transfert BD—modèle (historiques par point ou par maille), qui a permis de

rassembler une masse considérable d'informations regroupées au sein d'une base de données relationnelle homogène, cohérente et évolutive.

C'est ainsi que l'ensemble des données disponibles jusqu'à présent sur la zone (étude ERESS, projet RAB, données recueillies par les pays, informations collectées dans le cadre d'études régionales, ...) ont été introduites dans le système et rendues accessibles aux équipes du projet SASS et aux administrations des trois pays concernées par le projet.

Ce système est complété par des outils conviviaux d'exploration et d'entrée des données, des requêtes de synthèse et des procédures d'ajout d'informations nouvelles que fourniraient les trois pays.

Des outils d'analyse de données ont également été élaborés pour faciliter la détection d'anomalies et incohérences et fournir au modèle numérique des informations valides. Ces outils regroupent des requêtes, des traitements statistiques et des analyses spatiales à l'aide du SIG.

L'exploitation des outils ainsi développés a grandement facilité le déroulement du projet SASS.

D'abord parce que, contrairement aux études antérieures, une seule source de données a été mise en place pour les divers traitements : **garantie de cohérence**.

Ensuite, par le biais de procédures bien définies, ces traitements sont réalisés de la même manière et donc avec le même niveau de **fiabilité**.

Enfin, l'ensemble des tâches fondamentales ont été automatisées pour permettre une plus grande **souplesse** d'utilisation, sans laquelle la manipulation d'une masse aussi importante d'information serait difficile.

1^E PARTIE

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DU SYSTEME D'INFORMATION

1- ETUDE DE L'EXISTANT ET OPTIONS FONDAMENTALES DE DEVELOPPEMENT DU NOUVEAU SYSTEME

1.1- Démarche méthodologique

1.1.2 Définition des termes utilisés

Système d'information (SI) : ensemble d'éléments en interaction dynamique organisés en fonction d'un but.

Base de données (BD) d'un système d'information : collection structurée d'informations relatives à un domaine et gérées sur un ordinateur. Une base de données est régie par un modèle et doit répondre à un certain nombre de spécifications :

- totale indépendance entre données et traitements
- non redondance des informations
- intégrité et cohérence des données

SGBD : logiciel permettant de manipuler, gérer et utiliser une base de données. La plupart des SGBD existants sur le marché sont de type relationnel, c'est-à-dire basés sur la théorie des ensembles et comportant toutes les opérations de l'algèbre relationnelle (union, jointure, intersection, ...)

Démarche de conception : le processus de conception des bases de données est généralement subdivisé en trois étapes : une étape conceptuelle qui aboutit à la définition d'un modèle de données, une étape d'implémentation logique et une étape de mise en œuvre et d'exploitation sur une machine à l'aide du SGBD choisi.

Outils de conception : la généralisation des bases de données relationnelles a donné lieu à la mise au point d'outils méthodologiques de conception qui permettent de mettre en place des systèmes performants et durables car se basant sur la maîtrise des informations de base. Ces outils disposent de règles opératoires, d'un formalisme et parfois même de logiciels d'aide facilitant l'élaboration de modèles de données.

Modèle de données : outil intellectuel permettant de représenter le monde réel au travers les informations gérées et des liens pouvant exister entre elles. Une schématisation graphique est souvent offerte par ces outils pour mieux symboliser cette représentation.

Modèle relationnel : mis au point vers la fin des années soixante dix pour assurer :

- l'indépendance totale entre données et traitements -> systèmes durables et ouverts,
- l'accès aux données par des langages non procéduraux de haut niveau,
- les mécanismes de vues « utilisateurs » différentes de celles qui sont implémentées. Chaque utilisateur peut avoir sa propre vue des objets de la base de données.

Entité : Objet du système d'information possédant des propriétés. Il est également désigné par les termes d'individu ou d'objet. Dans notre cas un point d'eau représente une entité.

Relation : (ou association) : lien pouvant exister entre deux entités et qui traduit les règles de gestion en vigueur. Les entités « point d'eau » et « unité administrative » sont reliées par la relation d'appartenance.

Propriété ou (attribut) : information élémentaire gérée par le système d'information. Elle est rattachée à une entité et parfois à une relation. Le nom, l'altitude, les coordonnées d'un point d'eau sont des propriétés.

Identifiant : propriété particulière qui permet d'identifier de façon unique une entité. Le numéro de classement d'un point d'eau est un identifiant.

1.1.3 Présentation de la démarche

La démarche adoptée qui s'inspire de la méthode de conception « MERISE » se base principalement sur :

- la séparation entre structure de données (élément stable) et traitements (aspects dynamiques). Ces deux domaines sont menés en parallèle et de façon distincte (garantie de pérennité et d'ouverture)
- description du système en trois niveaux : conceptuel, organisationnel et physique permettant de progresser méthodiquement dans la compréhension du problème et de proposer les solutions qui s'adaptent au contexte.

Tableau 1 : les trois niveaux d'abstraction constituant la démarche MERISE

Niveau	Données	Traitements
Conceptuel Quoi ?	Entités, association propriété, identifiant	Règles de gestion, Opérations sur les données, processus, événement
Organisationnel Où? Comment ? Qui? Quand ?	Localisation des données accès	Unités de traitement Mode de fonctionnement Degré d'automatisation
Physique	support de stockage	environnement d'exploitation

La tâche la plus importante consiste à élaborer un modèle de données qui reflète le mieux la réalité. Pour cela il est nécessaire de réaliser un inventaire exhaustif des entités actuelles et futures rentrant dans la gestion des données hydrogéologiques. Ces entités représentent des objets tels un point d'eau, un aquifère, une unité administrative, Les relations liant ces entités sont également répertoriées et décortiquées selon les règles et procédures en vigueur.

Une fois le modèle validé, on procède à sa réalisation en fonction de la solution organisationnelles et technique adoptée.

La mise en place du système d'information du SASS a donc nécessité les phases suivantes :

- **phase de diagnostic de l'existant et des orientations de développement** : durant laquelle sont cernés les besoins, les objectifs et les différentes options possibles. Selon divers critères (coûts, délais, tendances technologiques, ...), une solution organisationnelle et technique est choisie
- **phase conceptuelle** : dont les résultats sont le Modèle Conceptuel des Données (MCD) et la solution organisationnelle et technique la mieux adaptée. Cette phase est indépendante des moyens informatiques car s'appuyant en premier lieu sur les entités que contient le système d'information et sur les relations liant ces entités.

- **phase de réalisation** : elle se traduit par la traduction du MCD en modèle physique dépendant cette fois du SGBD (Système de Gestion de Base de Données) choisi en fonction de la solution technique retenue précédemment.
- **phase de mise en oeuvre** : dans l'environnement organisationnel adopté après transfert des données disponibles.

La phase conceptuelle est la plus importante et conditionne la réussite des autres étapes. Les efforts ont été focalisés sur la compréhension parfaite du domaine et l'élaboration d'un modèle de données représentatif et sur la définition de la meilleure solution possible de développement.

Vu la nature des traitements exigés, le système doit être en mesure d'intégrer plusieurs catégories d'informations :

- données numériques descriptives ;
- informations de type spatial ;
- historiques de mesures.

Lors de la conception, il a retenu de mettre en place une structure ouverte pouvant être utilisée aussi bien par les équipes du SASS que par les pays pour intégrer les extensions futures et adaptations à leur besoins spécifiques.

Les fonctionnalités du système ont été conçues de manière à faciliter l'utilisation du logiciel de modélisation, à établir des liens dynamiques entre les informations numériques et spatiales et à automatiser les opérations pré et post modèle pour permettre à l'équipe chargée du modèle de multiplier les simulations.

Sur le plan organisationnel, un schéma adéquat d'exploitation conforme à l'organisation interne des trois administrations a été défini. Des procédures et règles d'exploitation et d'administration du système ont été élaborées.

1.2- Analyse de l'existant au niveau des trois pays

Une analyse détaillée des données hydrogéologiques existantes dans les trois pays a été effectuée et a permis de :

- faire un inventaire exhaustif des informations existantes, relatives à la zone d'étude, au sein de chacune des trois administrations chargées de la gestion des ressources en eau (*GWA, DGRE, ANRH*) et de les intégrer dans la BD commune au SASS.
- prendre connaissance des codifications en usage dans chaque pays et proposer une codification harmonisée qui répond aux objectifs du SASS en respectant le plus possible les codes existants,
- définir les adaptations à effectuer sur les BD nationales aussi bien sur le plan de la conception (modèle de données normalisé) que sur le plan des contenus (regroupement d'informations disparates).
- répertorier et identifier les données à transférer dans la base commune, soit par programmes soit par saisie manuelle.

Ce diagnostic a concerné aussi bien l'architecture des données que les contenus proprement dits.

Il a permis de mettre en évidence le souci commun aux trois pays de procéder à une amélioration de leur système d'information afin de regrouper des données disparates. Il ressort de ce diagnostic ce que suit :

- la GWA a élaboré une nouvelle base de données sous ACCESS bilingue (Anglais-Arabe) avec l'aide de l'ACSAD. Cette base de données venait d'être réceptionnée.
- La DGRE a inscrit un projet de refonte totale de son système d'information hydrogéologique selon une approche client – serveur. Une étude conceptuelle a déjà été élaborée dans ce sens. Pour cet organisme, le projet SASS était l'occasion d'homogénéiser les multiples BD existantes au sein d'une seule et même structure relationnelle
- l'ANRH qui disposait d'une base ACCESS développée en collaboration avec le BRGM, souhaitait disposer d'outils permettant des requêtes élaborées difficiles à réaliser avec les moyens existants. Un projet de base de données hydrogéologiques sous SQL/SERVER venait d'être lancé.

Le projet de réalisation de la base de données du SASS coïncidait parfaitement avec les attentes des trois pays. Il fallait donc concevoir une structure de données qui tiennent compte de toutes ces préoccupations et spécificités et d'en extraire les éléments communs nécessaires au projet SASS.

1.2.1. Structure des bases de données existantes

1.2.1.1 ANRH : base de données BADGE

i) Structure de la Base de données

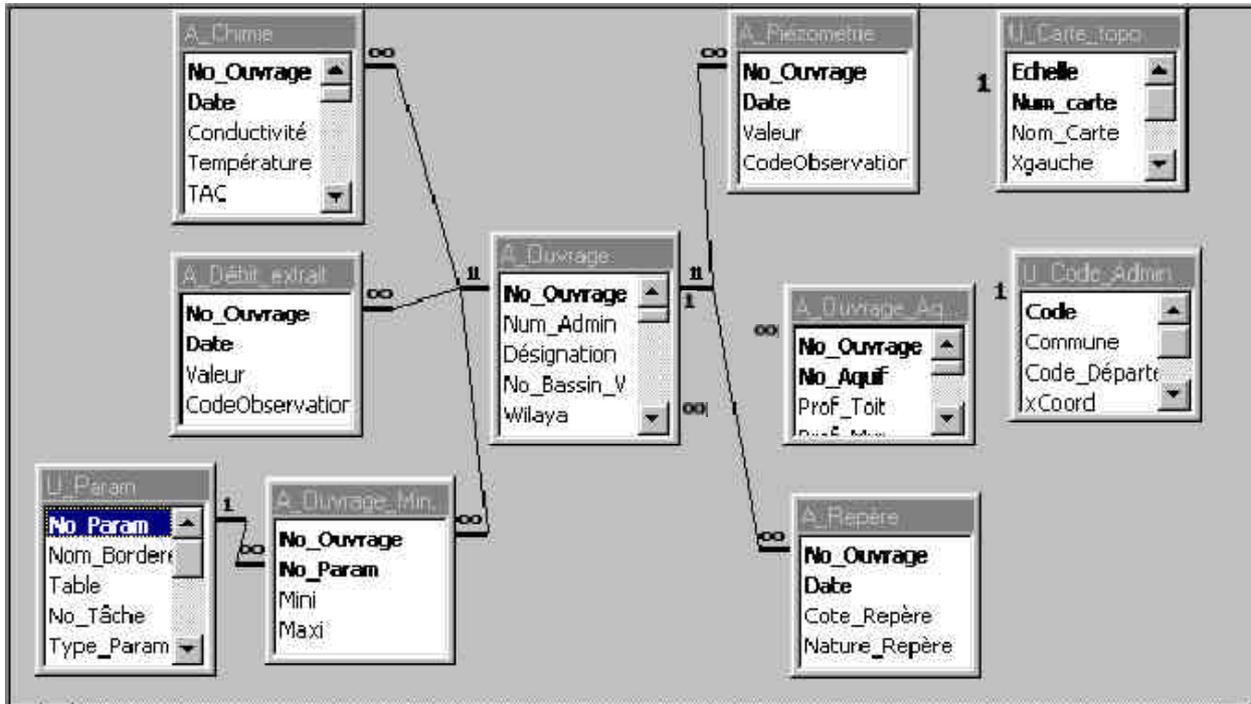
BADGE a été installé au niveau des structures décentralisées (antennes régionales) qui sont chargées de l'introduction des données. Une copie de chacune de ces bases est ensuite transmise et gérée au siège central. Il y a donc autant de bases données que d'antennes régionales. Pour la zone du SASS, les antennes concernées sont celles de Ouargla et à un degré moindre celle d'Adrar (créée plus récemment).

La structure de la base ACCESS a été développée en collaboration avec la société ANTEA /BRGM sur la base d'une ancienne version DOS qui ne gérait pas les données chronologiques.

C'est pour cette raison que les données de débits, de niveaux sont stockées dans la table des points d'eau elle-même. Une mise à jour de ces données écrasent celles qui existaient auparavant.

La structure de la base de données sous ACCESS se présente comme suit :

Figure 1 schéma de la base de données BADGE



Ce schéma est traduit en tables ACCESS suivantes :

Tableau 2 : Liste des tables de BADGE

Nom	Désignation	Identifiant
A_ouvrages	Caractéristiques des points d'eau et localisation. Regroupe les forages, les puits, les sources et les foggaras	N° ouvrage
A_ouvrage_aquifere	Description des aquifères captés par l'ouvrage	N° ouvrage + N° aquifère
U_Carte_topo	Cartes topographiques à diverses échelles sur lesquelles sont positionnés les points d'eau	N° de carte
U_Admin	Table des entités administratives (wilaya)	Code_admin
U_Param	Liste des paramètres mesurés ou observés et leurs unités	N° param
A_Débit_extrait	Historique des débits extraits	N° ouvrage + Date
A_piezométrie	Historique des niveaux piézométriques	N° ouvrage + Date
A_chimie	Analyses chimiques	N° ouvrage + Date
U_lexique	Liste des champs codés et leur signification	Nom_Lexique + Code

L'analyse de la structure des données révèle les contraintes suivantes :

- certaines données importantes ne sont référencées que dans le lexique (qui a une valeur de dictionnaire seulement) alors qu'elles doivent constituer des entités à part entière. Ce qui n'est pas conforme aux règles essentielles des bases de données relationnelles et ne favorise pas l'élaboration de requêtes de synthèse. C'est le cas par exemple des entités « Aquifère », « bassin versant », « couche lithologique », ...

- des champs importants comme la nature des coordonnées, le système de projection utilisé ou la précision des unités (grades, degrés) ne figurent pas dans la table « A_Ouvrages », ce qui rend impossible le positionnement des points d'eau à l'aide du SIG sans un traitement préalable important.
- le domaine est découpé en plusieurs BD : une par antenne et par type de point d'eau (sources, puits, forages). Ce qui n'autorise pas les traitements et requêtes synthétiques par unité spatiale (unité administrative, aquifère, bassin, ...). De plus, les limites de l'antenne ne coïncident pas avec les limites naturelles.

ii) Codification utilisée

No_Ouvrage : N° de classement du point d'eau. C'est l'identifiant unique du point d'eau codé sur 9 positions alphanumériques.

- A999 : n° du carreau dans lequel est situé l'ouvrage. Le carroyage adopté utilise une numérotation en lettres pour les abscisses et en chiffres pour les ordonnées. Notons qu'une grille représente un grade de côté.
- ' - ' : tiret de séparation
- 99999 : N° d'ordre séquentiel dans la grille.

Num_Admin : Code de l'unité administrative composé du n° de Wilaya et du n° de commune dans la Wilaya.

Wilaya : N° de wilaya (n° allant de 1 à 48)

Nappe : Code de la nappe (n° d'ordre) les CI et CT ont respectivement les codes 88 et 89

N° échelle : N° séquentiel de l'échelle comme il se situe dans la table. Il est de type numérique. Exemple : 3 pour le 1/200 000 de la région Sud

N°_carte : N° de la feuille au sein de cette échelle. Ces valeurs numériques sont attribuées par l'INC (Institut National de Cartographie)
Exemple : N° échelle 1, n° carte 12 => carte au 1/500 000 de la région d'El Goléa.

Type_Ouvrage : nature du point d'eau (forage, puits, piezomètre, foggara, ..)

Objet_Ouvrage : objectif du point d'eau à sa réalisation (exploitation, reconnaissance,....)

Etat_Ouvrage : état du point d'eau (exploité, abandonné, fermé, comblé, ...)

Usage_Ouvrage : destination des eaux du point d'eau (AEP, irrigation, industrie, ...)

iii) Résumé des contraintes

- Absence d'une BD centrale regroupant toutes les données. Le stockage par antenne régionale ne permet pas de réaliser des traitements par aquifère par exemple,
- Plusieurs tables doivent être créées en vue de respecter le modèle relationnel et permettre des requêtes statistiques et de synthèse,
- Les codes sont à revoir pour une meilleure précision des termes et pour éviter les doubles emplois

1.2.1.2 GWA : Base de données LGWDBS

i) Structure de la Base de données

Il s'agit d'une base de données développée sous ACCESS par l'ACSAD. Cette BD, baptisée LGWDBS, venait d'être réceptionnée par la GWA au démarrage du projet SASS. Elle n'était donc pas encore alimentée.

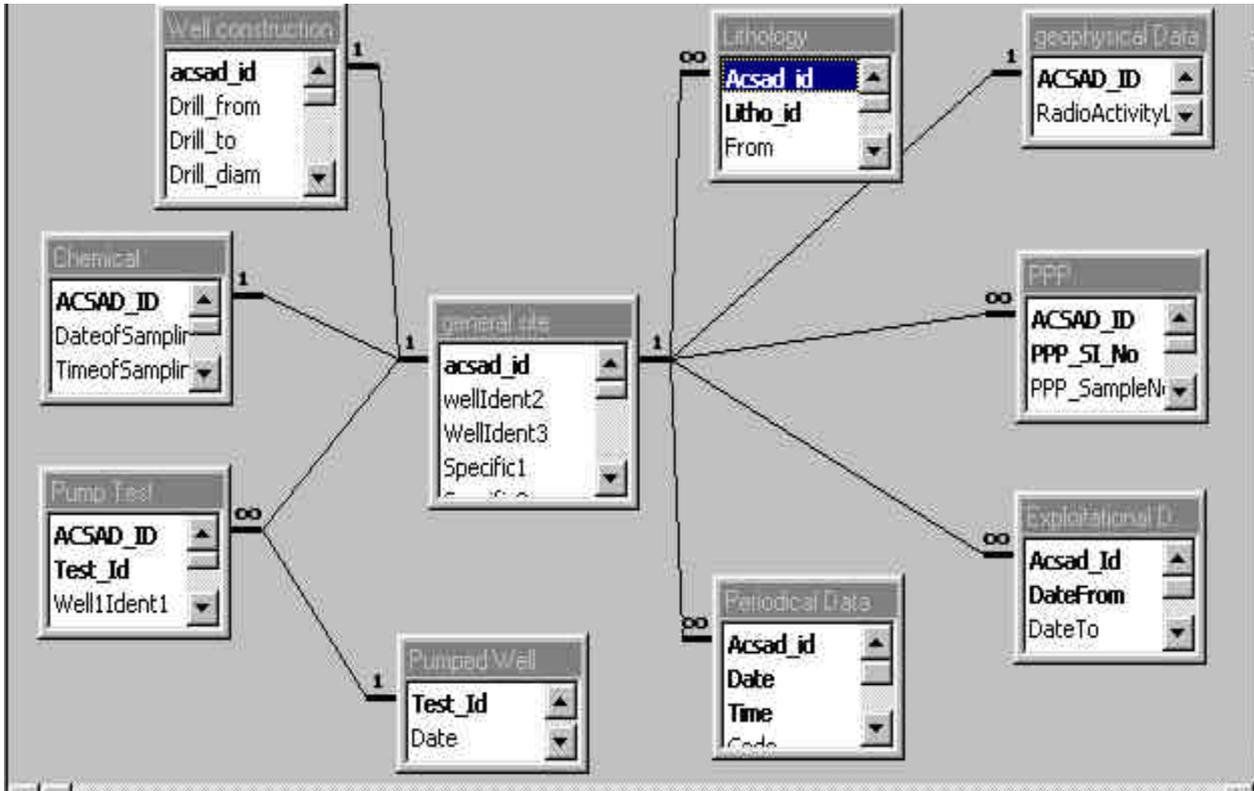


Tableau 3 : Liste des tables de la GWDBS

Nom de la Table	Désignation	Identifiant
General Site	Identification et Caractéristiques des points d'eau	Acsad_Id
Well construction	Equipements du point d'eau	Acsad_Id
geophysical Data	Données géophysiques	Acsad_Id
Lithology	Description lithologique	Acsad_Id + litho_id
Paleontology - Petrography - Pphysical analysis	Paléontologie, pétrographie, analyses physiques	Acsad_Id + PPP_sample_no
Pump Test	Essais de pompage	Acsad_Id + Test_id
Pumped Well	Forage d'essai	Test_id + startDate
Periodical Data	Données piézométriques	Acsad_Id + Date
Exploitational Data	Données d'exploitation	Acsad_Id+ dateFrom
Chemical	Analyses chimiques	Acsad_Id + dateofsampling

La structure est assez complète mais elle est cependant centrée uniquement sur le point d'eau. Les autres informations de type spatial sont inexistantes, ce qui ne permet pas de réaliser des requêtes de synthèse.

Les procédures de transfert automatique des données existantes n'ont pas été élaborées : seule la saisie manuelle de ces informations est permise.

ii) Codification utilisée

Code du point d'eau : trois codifications différentes sont utilisées :

- N° d'inventaire qui se rapporte à la carte de positionnement. Sa structure est la suivante :
 - N° de carte qui peut différer selon l'échelle (1/250000 ou 1/50000)
 - N° d'ordre au sein de la carte
- N° spécifique qui est porté sur l'autorisation de forer
 - 1 position alphanumérique désignant le lieu où l'autorisation est délivrée (ex T pour Tripoli)
 - 1 position numérique désignant la région (1 Ouest, 2 Centre, ...)
 - 1 position alphanumérique de sous-région
 - 4 positions numériques pour le n° d'ordre
 - 1 position pouvant prendre les valeurs « 0 » pour un nouveau forage et « 1 » pour un forage de remplacement
 - 2 positions désignant l'année de réalisation
- Autre numéro désignant les codes anciens : il s'agit d'un code libre à 10 positions alphanumériques

Les points d'eau peuvent avoir l'un des trois codes, mais la clé primaire de la table des points d'eau est le champ « *Acsad_Id* », numéro séquentiel attribué par le SGBD à chaque fois qu'un nouveau point d'eau est inséré dans la BD.

Type de point d'eau : (1 forage, 2 sondage, 3 source)

Objet du point d'eau : (1 exploration, 2 exploitation, 3 observation, ...)

Propriétaire : 1 état, 2 privé,

Usage : (a Domestique, b Livestock, c irrigation, d désalinisation,)

iii) Résumé des contraintes

- Le modèle relationnel n'est pas tout à fait respecté : il manque pour cela quelques tables importantes et revoir les relations
- Le fait que la clé primaire de la table principale « *points d'eau* » soit un numéro d'ordre peut poser des problèmes de doublons.
- Certaines requêtes de synthèse sont impossibles à réaliser par manque de certaines tables importantes (ex. tous les points d'eau concernés par le projet SASS).

1.2.1.3 DGRE : description des bases de données

i) Structures des Bases de données

Dans le cas de la DGRE, plusieurs bases de données thématiques ont été répertoriées. De plus, la saisie étant largement décentralisée au niveau des structures régionales (CRDA), plusieurs copies de ces bases sont stockées au sein des services centraux (parfois plusieurs bases par nappe ou par année).

Quatre bases de données distinctes sont gérées par les différents services de la DGRE :

- Forages
- Exploitation des nappes profondes
- Piezométrie
- Qualité des eaux

Base de données « FORAGES » :

Elle contient les caractéristiques de l'ensemble des forages réalisés depuis 1991. Il est avens envisagé d'intégrer les données antérieures dans le cadre du projet SASS.

Tableau 4 : Liste des tables de la base « Forages »

Nom de table	Désignation	Identifiant
Forages	Caractéristiques des forages profonds	N° DRE
Délégations	liste des délégations	Coddel
Gouvernorat	Liste des gouvernorats	Code

Base « piézométrie des nappes phréatiques et profondes » :

Conçue à l'origine sous Dbase, elle a été portée par la suite sous ACCESS pour permettre de traiter l'information en vue de la sortie aisée des annuaires piézométriques .

Tableau 5 : Liste des tables de la base piezo

Nom de table	Désignation	Identifiant
PIEZIN	piézométrie mesurée au cours de l'année précédente	
PIEZFIN	piézométrie de l'année en cours	
GOVERNORAT	Liste des gouvernorats	Code
CODNAP	liste des nappes	Codnap
SECTEUR	Liste des secteurs hydrologiques	N° de secteur
TYPE	contient la liste des types d'ouvrage	N° type
EQUIP	nature des équipement des points d'eau	N° équip
ETAT	contient les différents états des points d'eau non surveillés	N° état

Base de données « EXPL » Exploitation des nappes profondes

Elle a été réalisée sous DBASE et elle est destinée au suivi des données d'exploitation des nappes profondes. Certains traitements et requêtes se font à l'aide du SGBD ACCESS. La saisie se fait au niveau des CRDA.

Liste des tables de la base « exploitation des nappes profondes »

Table	Désignation	Identifiant
EXPL	contient les données d'exploitation	N° DRE
CODNAP	liste des nappes	CODNAP

L'examen des différentes bases de données existantes au sein de la DGRE montre qu'un travail important est nécessaire au niveau conceptuel afin de regrouper les informations dans une même architecture et de mettre au point des procédures de mise à jour des données à partir des CRDA.

La reprise des informations existantes dont la quantité est appréciable (suivi régulier de l'exploitation et du niveau des nappes) nécessite le développement de requêtes et modules assez sophistiqués.

iii) Codification utilisée :

CODNAP : Code numérique adopté pour les différentes nappes du pays.
Format : 99999

- 9 : Numéro de région hydrologique (1-9)
- 9 : Numéro de secteur hydrologique dans la région
- 9 : Numéro du bassin hydrologique dans le secteur
- 9 : Numéro de la nappe dans le bassin en question
- 9 : N° du niveau aquifère (0 : nappe phréatique, 1 : nappe profonde de niveau 1)

exemple : 65210

SECTEUR : Codification des secteurs hydrologiques : 6 positions numériques

- 9999 : code nappe
- 9 : n° de secteur dans la nappe

exemple : 652101

N°IRH : Code attribué par le bureau d'inventaire :

- 99999 : N° chronologique dans la région
- 9 : N° de région

exemple : 19007/5

N° ARR : n° d'arrondissement : 2 position numériques [de 1 à 23]

TYPE : types de points d'eau. 1 position numérique :

- 0 : puits
- 1 : forage
- 2 : piézomètre
- 3 : galerie
- 4 : puits pour contrôle de recharge
- 5 : piézomètre pour contrôle de recharge

EQUIP : Nature de l'équipement du point de mesure :

- 0 : Non équipé
- 1 : Limnigraphe
- 2 : SAAD (Système d'Acquisition Automatique de Données)
- 3 : manomètre

ETAT : Etat des points non surveillés codé comme suit :

Tableau 6 : Codification utilisée pour les causes d'absences de mesures piézo.

Code	Signification	Code	Signification
777	pompé.	11111	non créée.
888	colmaté.	22222	accès difficile.
999	à sec.	33333	puisage.
1111	zone militaire.	44444	éboulé.
2222	zone barrage.	55555	négatif.
3333	abandonné.	66666	terrain impraticable.
4444	nouveau créé.	77777	non surveillé.
5555	inaccessible.	88888	trou de sonde.
6666	non mesuré.	99999	bouché.
7777	fermé.	666666	artésien.
8888	foré.	777777	remplacé.
9999	comblé.	888888	fuite
9999999	pollué	999999	endommagé

NDRE : Numéro DRE qui dépend de la localisation du point d'eau et de son type. Il est codé sur 9 positions numériques :

- 9 : Echelle de la carte [1 : 1/50000, 2 : 1/100000]
- 999 : n° de carte
- 9 : type de point d'eau [1 :forage, 2 :puits, 3 :source, 4 :émergence, 5 :puits foré]
- 9999 : N° d'ordre dans la carte

exemple : 207110001 : échelle **1/100000**, n° de carte **071**, type **1** (forage), n° d'ordre **0001**

UTILISA : Code usage de l'eau [10: Eau potable, 20: agriculture, 30: industrie, 40 Hôtellerie.]

DEB : nature du débit [0 : pompé, 1 : artésien.]

1.2.1.4 Synthèse de l'existant en termes de structures de données

Le tableau suivant synthétise la situation de l'architecture des BD existantes dans les trois pays au démarrage du projet :

Tableau 7 : Synthèse des lacunes des BD des trois pays

Pays	Lacunes et insuffisances
Algérie (ANRH)	Beaucoup d'informations non prises en compte par la BD se trouvent dans des fichiers EXCEL disparates. L'architecture de la BD ne permet pas certains traitements élaborés et les requêtes complexes Les liaisons BD – SIG n'ont pas été prévues. Mauvaise prise en charge des coordonnées des points d'eau : <ul style="list-style-type: none"> - confusion entre Lambert et UTM, entre Lambert Sud et Nord - absence d'un champ pour les unités géographiques - Pas de n° de fuseau pour les UTM
Libye (GWA)	La base de données existante avait besoin d'être normalisée : tables et relations manquantes, clé primaire des points d'eau inadaptée L'essentiel des données est sur support papier, la base de données venant d'être livrée par l'ACSAD Le SIG n'est pas intégré à la BD. Problèmes pour les coordonnées UTM (manque le n° de fuseau), coordonnées
Tunisie (DGRE)	Les différentes BD sont gérées de façon séparée. Risques importants d'incohérences Codification des données à revoir Difficulté d'utilisation et impossibilité d'effectuer des traitements de synthèse Non intégration du SIG dans les BD Un seul type de coordonnées est prévu

1.2.2 Etat de l'information

Sur le plan des contenus, un inventaire détaillé de l'information disponible a été effectué. Le but de ce diagnostic est de cerner la codification utilisée et de mettre les outils de transfert des données dans la nouvelle base de données. La situation au démarrage du projet se présentait comme suit :

1.2.2.1 ANRH (Algérie)

i) Contenu de la base BADGE :

La base de données gérée par l'antenne régionale de Ouargla renferme 4900 points d'eau. Les points d'eau captant les deux nappes principales sont au nombre de 3000 et se répartissent dans les Wilaya suivantes : Adrar, Bechar, Biskra, El Oued, Ghardaia, Illizi, Laghouat, Ouargla, Tamanrasset, Tindouf.

Les points d'eau situés dans les wilaya de Tebessa, Khenchela et Djelfa et qui sont dans la zone du SASS se trouvent dans les bases de données gérées par les antennes régionales de Constantine et de Djelfa.

L'existence d'une base de données centrale renfermant tous les points d'eau aurait permis d'extraire tous ceux qui sont concernés par le projet à l'aide de requêtes simples comme l'appartenance à une zone d'extension ou le captage de nappes données.

Telles qu'elles se présentent, ces données comportent bon nombre d'anomalies qui n'autorisent pas leur utilisation directe :

- **coordonnées pratiquement toutes erronées ou inexploitables:**
 - absence d'un champ pour mentionner le système de projection (il y en a plusieurs en Algérie)
 - interversion des longitudes et latitudes
 - absence de précision du fuseau pour les UTM
 - omission d'une colonne pour préciser la mention « Est » ou « Ouest » par rapport au méridien de Greenwich.
 - Omission des unités pour les coordonnées géographiques (grades ou degrés).
- **valeurs de débit, de niveau et de résidu sec pas toujours rattachées à des dates**
- **champs importants inexistantes ou non renseignés** (aquifères, altitude, profondeur, date d'arrêt, hauteurs des crépines, ...).

L'étude BRL(1998) a été l'occasion de réaliser un travail important de vérification de ces données par l'équipe « modélisation » de l'ANRH et des corrections importantes ont été effectuées. Quelques champs nécessaires au modèle numérique ont été complétés (coordonnées, débits et niveaux). Ce travail ayant été réalisé sous EXCEL, le résultat de cette valorisation n'a pas été réintroduit dans BADGE.

ii) Fichier des foggaras

Les caractéristiques des foggaras (700 environ) étaient stockées dans des fichiers EXCEL (un fichier par wilaya). Le département informatique de l'ANRH a procédé au transfert de ces fichiers vers BADGE, mais les corrections se font toujours sur les fichiers EXCEL.

Les coordonnées et débits ne sont que partiellement renseignés.

iii) Données d'inventaires

Les résultats des derniers inventaires réalisés dans la zone du SASS entre 1991 et 1998, traités et validés sur le plan de leur identification-localisation sont stockés dans des fichiers EXCEL. Un important travail de rapprochement avec les données figurant dans BADGE a été réalisé par l'équipe ANRH.

Ces inventaires ont été effectués soit par l'ANRH, soit par les Directions de l'Hydraulique de Wilaya (DHW). Mais dans les deux cas, un nombre important de points d'eau ne disposent pas des données indispensables à l'identification et à la localisation des points d'eau :

- numéro d'identification : l'opération d'attribution d'un identifiant, est réalisée à partir d'un positionnement sur une carte topographique, est du ressort du siège. (Actuellement l'ANRH),

- coordonnées ,
- date de début et d'arrêt du forage pour définir la période de l'historique.

Plusieurs artifices ont du être utilisés par l'équipe de l'ANRH pour reconstituer les historiques et positionner les points d'eau. La même valeur de débit est attribuée aux années où des mesures sont inexistantes (jusqu'à la date d'arrêt des pompages si elle est mentionnée).

iv) Autres données disponibles

- Fichiers utilisés dans le cadre des études ERESS et RAB-80: couvrant également la partie tunisienne, ils sont disponibles sur disquette au format texte de longueur variable. l'option de saisie manuelle a dû être retenue car moins coûteuse. Ces données concernent essentiellement les historiques (1950 – 1981) de prélèvement et de niveaux.
- Données de prélèvement sur les forages exploités par les pétroliers : ces données ont été fournies par SONATRACH. Elles ont le même format que les données d'inventaires et sont également sur fichiers EXCEL.

1.2.2.2 DGRE (Tunisie)

Pour ce qui est de la DGRE, la plupart des données postérieures à 1990 existent au format Dbase ou Excel. Ces fichiers se présentent par CRDA qui sont au nombre de 6 pour la zone du SASS (Kebili, Tozeur, Tataouine, Gabes, Gafsa et Medenine) et par thème (caractéristiques des forages, exploitation et piezométrie).

Les informations antérieures à 1990 ont été introduites manuellement par l'équipe de la DGRE à partir des fiches.

Les données DGRE ne souffrent pas de grosses contraintes et ont été les plus faciles à transférer. Ceci est largement dû au fait qu'il existe un suivi annuel des débits et niveaux et que les annuaires sont régulièrement édités.

Quelques lacunes ont tout de même été constatées :

- le numéro IRH ne se présente pas de façon uniformisée ;
- les coordonnées exprimées en degrés sont difficiles à repérer ;
- les données concernant les dates de début et fin de travaux ne sont pas uniformes (format texte libre).

1.2.2.3 GWA (Libye)

Etant nouvellement installée (Novembre 1999), la base de données de la GWA ne contenait pas d'informations. Celles-ci se trouvent le plus souvent sur support papier (fiches de forages, rapports d'étude, ...) et ce de façon très synthétique (les chiffres concernant les prélèvements par exemple se présentent par groupe d'exploitation et non par points d'eau). Comme le nombre de forages étaient relativement limité, la saisie manuelle par l'équipe du SASS a été adoptée.

i) Fichier de points d'eau

Un fichier EXCEL contenant les caractéristiques essentielles des points d'eau a été préparé pour les besoins du projet. Ce fichier comporte également des valeurs de débit, de niveaux statiques et de résidu sec.

Ce fichier livré avec quelques lacunes :

- au niveau des coordonnées :
 - les mêmes colonnes regroupe les coordonnées géographiques et UTM
 - le numéro de fuseau n'est pas précisé

- au niveau des dates de mesure des valeurs de débits, niveaux et résidu sec

Par ailleurs, il semble que les unités de débits sont exprimés parfois en l/s et parfois en m3/h et rien ne permet de les distinguer.

ii) **Autres données disponibles**

Les informations ayant servi aux études réalisées par GEFLI (1978), GEOMATH (1994) et BRL (1997) ont également été récupérées dans la base de données à partir de fichiers manuels.

1.2.3 Synthèse des données en termes de contenus

Le tableau ci-après récapitule la nature et le volume de données, concernant la zone du SASS, disponibles au démarrage du projet et au tout début de l'opération de collecte.

Tableau 8 : synthèse des données fournies au démarrage du projet par les pays

Origine	Informations disponibles sur support informatique	Nombre	Format
ANRH	- Caractéristiques des points d'eau de la zone Sud (DRS) non vérifiées.	3000	ACCESS
	- Données d'inventaires (91 – 98)	3000	EXCEL
	- Données de base issues de la table ACCESS avec coordonnées corrigées et répartis par aquifère		EXCEL
	- points d'eau SONATRACH - inventaire des foggaras (par groupe)	140 176 groupes	
DGRE	- Caractéristiques des points d'eau : un fichier par arrondissement concerné	500	Dbase
	- Historique exploitation 82 – 99. Un fichier par arrondissement		Dbase
	- Historique piézométrie 82 – 99 : un fichier par arrondissement		Excel
GWA	Caractéristiques des points d'eau, contenant également des données hydrodynamiques, débit, niveau et résidu sec	168	EXCEL

Les informations non encore informatisées se retrouvent généralement dans les rapports d'études ou sur des fiches manuelles. Ces informations concernent en gros les études :

- ERESS et RAB-60 couvrant les parties algérienne et tunisienne
- les études réalisées dans la partie libyenne (GEFLI, GEOMATH, BRL)
- BRL-1998 relative au développement des régions sahariennes (partie algérienne).

Ces données complètent celles fournies par les pays sur support informatique.

1.3- Options fondamentales de développement

1.3.1 Choix organisationnels

Partant de la situation existante au sein de chaque pays, des objectifs assignés au projet et du contexte technologique du moment, une solution globale organisationnelle a été définie pour mettre en œuvre le nouveau système d'information.

Globalement, pour recueillir et gérer les informations du SASS, on retrouve trois niveaux de traitement :

- **le niveau 1 régional** : antenne régionale pour l'ANRH, CRDA pour la DGRE et région pour la GWA.
- **Le niveau 2 siège** : service de gestion des bases de données nationales
- **Le niveau 3 SASS** où est gérée la base de données commune à l'ensemble du bassin.

Chaque niveau comporte des informations propres en plus des informations communes que l'on retrouve au niveau supérieur. Dans le cadre de ce projet, l'intérêt a été porté sur les niveaux 2 et 3. Il appartient aux pays de délimiter les structures des BD régionales et les mécanismes de mise à jour des bases nationales.

La solution technique souhaitée par l'ensemble des équipes consiste donc à adapter les structures des BD nationales (niveau 2) afin de les rendre réellement relationnelles, de corriger les incohérences constatées et d'améliorer les codifications en vigueur pour les adapter aux besoins du SASS.

De ce fait, le projet SASS s'intègre parfaitement dans les activités des pays dans le domaine de la gestion des données. Il représente en quelque sorte **un projet pilote d'organisation et de traitement des informations hydrogéologiques**.

Mais ce choix nécessite une participation active des équipes des pays et une formation plus importante pour que ces dernières soient en mesure de prendre elle-mêmes en charge les tâches de mise en place du système, de maintenance et d'adaptation aux besoins nationaux.

La stratégie de mise en place progressive du système d'information est représentée par le schéma suivant :

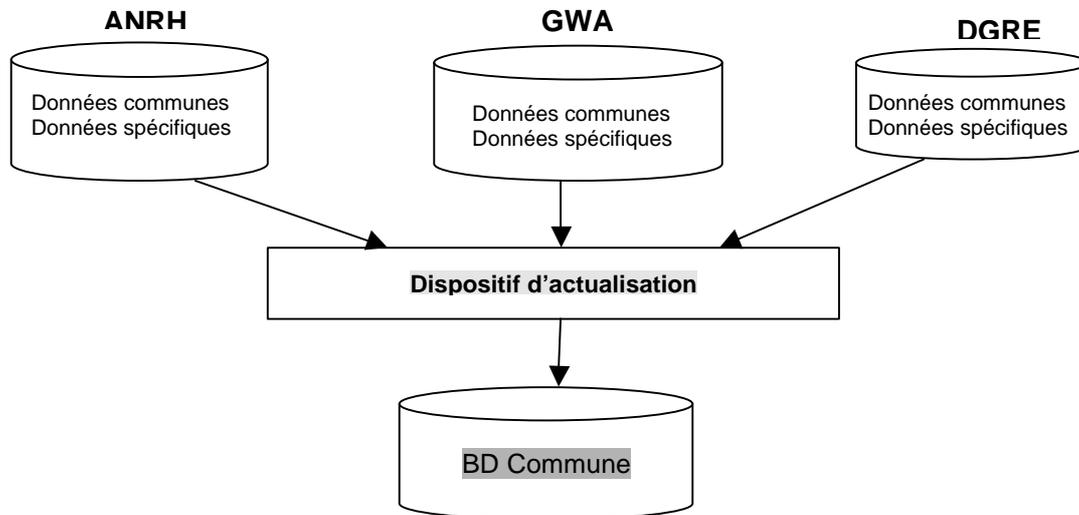
Tableau 9 : Etapes de mise en place du SI à court et moyen terme

Phase	Niveau régional	Niveau national	Niveau SASS
Pour les besoins du modèle		<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la structure des BD - Harmonisation des codifications - Récupération des données hétérogènes 	<ul style="list-style-type: none"> - Conception d'une base de données commune et d'un SIG sur la zone du SASS - Rassemblement de toutes les données disponibles à ce jour - Mise au point d'outils permettant l'interfaçage avec le modèle numérique
Pour le mécanisme de concertation	Constitution de bases régionales compatibles avec possibilités d'actualisation des BD centrales	<ul style="list-style-type: none"> -Mise au point des mécanismes de mise à jour de la base commune -Intégration de données socio-économiques -SIG plus détaillé 	<ul style="list-style-type: none"> - Mise au point d'outils de gestion concertée à l'échelle du bassin

Légende :

- en bleu les actions achevées en totalité durant la durée du projet
- en vert celles qui ont été réalisées en grande partie
- en noir les tâches qu'il est souhaitable de réaliser pour un bon fonctionnement du SI.

Pour répondre aux besoins immédiats du projet, la solution organisationnelle suivante a été retenue :



Ce schéma qui symbolise la solution organisationnelle retenue d'un commun accord avec les équipes nationales, se traduit par une architecture globale identique pour les trois pays qui peuvent incorporer les données spécifiques. De ce fait la tâche d'administration et de maintenance est facilitée. Au niveau du SASS, une base commune dont la structure est issue de la structure globale est mise en place pour contenir seulement les données nécessaires au projet.

Ceci s'est traduit par la conception d'un modèle conceptuel de données (MCD) répondant à l'ensemble des préoccupations et des objectifs actuels et futurs du projet SASS. Ce MCD a été par la suite adapté pour prendre en charge les besoins des pays et servir pour extraire un noyau commun évolutif installé au SASS.

Des procédures de mise à jour régulières sont définies en même temps que les droits d'accès et privilèges des différents utilisateurs vis à vis de cette base commune.

L'objectif principal étant la préparation des données pour le modèle numérique, la base de données commune a été réalisée en premier après avoir validé le modèle conceptuel global.

L'organisation choisie s'appuie sur :

- la mise en place d'une base de données commune au niveau du SASS (qui peut devenir la future BD de la structure de gestion concertée),
- l'adaptation des BD nationales pour les rendre conformes aux règles de bases relationnelles et pour harmoniser les données dans le but de faciliter les actualisations,
- la définition de procédures claires de mise à jour dans les deux sens,
- la mise en place de mécanismes de sécurisation des données (autorisations d'accès, niveaux d'utilisation, ..).

Les trois pays ont bénéficié de ces améliorations au niveau conceptuel et sont en mesure de poursuivre les extensions souhaitées afin d'utiliser ce système en tant qu'outil de gestion des données à l'échelle régionale ou centrale (siège des trois administrations).

Les mécanismes de mise à jour en cas de modification se basent sur le principe de la réplication qui est fourni dans la plupart des SGBD du marché.

1.3.2 *Choix techniques*

La solution technique a été adoptée en tenant compte des points suivants :

- format et mode d'introduction des données pour le modèle numérique
- tendances technologiques du moment
- l'existant au sein des trois pays
- la simplicité de mise en œuvre et la maîtrise par les équipes nationales de projet.

Le contexte technologique au démarrage du projet se caractérisait par la puissance de plus en plus accrue des SGBD « bureautique » qui les rapprochent des véritables SGBD. Cette option ne devait donc pas être écartée, et plus particulièrement ACCESS qui dans sa version récente dispose de fonctionnalités intéressantes.

En effet, dans sa version 2000, ACCESS possède des caractéristiques qui permettent de gérer des bases de données assez volumineuses (jusqu'à 2 Go) dans un environnement réseau et même en Intranet. Ce dernier dispose d'utilitaires intéressants comme :

- la réplication qui permet la mise à jour d'une base centrale par des BD régionales : l'actualisation des données après modification par les équipes des pays ou par le SASS, est réalisée à l'aide d'un mécanisme qui synchronise le contenu de toutes les BD en maintenant la cohérence des données.
- l'accès concurrent aux données dans un environnement multi – utilisateur
- une sécurisation élaborée des données : possibilité de créer plusieurs groupes ayant chacun des autorisations et droits d'accès.
- la possibilité de migration aisée vers des systèmes plus importants tels que SQL/SERVER par le biais d'un simple utilitaire livré avec le produit.

Le choix s'est donc porté sur ACCESS car la nature des traitements et le volume de données gérées par le projet SASS ne nécessitent pas un SGBD plus important. Ce dernier est largement répandu et les équipes des trois pays en possède une maîtrise suffisante pour exploiter et administrer la base de données.

Les logiciels et équipements ainsi retenus sont les suivants:

SGBD : **ACCESS** pour son utilisation et sa maîtrise dans les trois pays et sa facilité d'interfaçage avec le SIG. La version 2000 permet en outre une migration aisée vers SQL-SERVER envisagé par la DGRE et l'ANRH.

Logiciel SIG : **ARCVIEW** pour sa simplicité, sa puissance, sa compatibilité parfaite avec ACCESS et son usage assez généralisé dans le domaine des ressources en eau. Doté d'un langage de développement puissant, il permet l'écriture d'utilitaires personnalisés nécessaires pour effectuer les liens SIG-Modèle numérique.

Extension **SPATIAL ANALYST** sous Arcview acquise pour réaliser les opérations d'interpolation et d'élaboration de cartes iso-valeurs.

Extension **IMAGE ANALYSIS** sous Arcview pour le traitement des cartes scannées et leur numérisation.

Des configurations matérielles et logicielles ont été définies au cas par cas, selon la règle du respect du minimum requis pour exploiter les logiciels et la base des données pour les

besoins du projet. Quelques acquisitions spécifiques ont été réalisées comme opérations de soutien aux pays.

A l'aide de ces logiciels, un système de gestion et de traitement des données sera réalisé à partir d'un modèle de données, d'un inventaire exhaustif des procédures de traitement et du mode organisationnel retenu.

Le passage de l'état initial au nouveau système s'est faite à l'aide de procédures manuelles ou automatiques clairement définies qui prévoient entre autre : des changements de codification, des contrôles de validité, des transformations de type.

Pour une parfaite maîtrise de ce système et de ses composants, ateliers de formation destinés aux différentes équipes ont été organisés: initiation aux bases de données, maîtrise d'ACCESS, formation sur les SIG en général et au logiciel ARCVIEW .

Liste des équipements et logiciels par pays

Tableau 10 : liste des équipements et logiciels acquis par le projet

Organisme	équipements et logiciels
ANRH	1 Pentium III : 256 Mo, DD 8Go, Ecran 19", lecteur ZIP 250, Windows NT Office 2000 professionnel (SGBD ACCESS) Logiciel SIG Arcview 3.2 Extension Spatial Analyst pour Arcview Extension Image Analysis pour Arcview 1 Pentium III supplémentaire (volume de données plus important)
DGRE	1 Pentium III : 256 Mo, DD 8Go, Ecran 19", lecteur ZIP 250, Windows 98 Office 2000 professionnel (SGBD ACCESS) Logiciel SIG ArcInfo version réseau Mise à jour de la version ARCVIEW 3.0 vers 3.2 Extension Spatial Analyst pour Arcview Extension Image Analysis pour Arcview
GWA	1 Pentium III : 256 Mo, DD 8Go, Ecran 19", lecteur ZIP 250, Windows 98 Office 2000 professionnel (comprenant le SGBD ACCESS) Logiciel SIG Arcview 3.2 Extension Spatial Analyst pour Arcview Extension Image Analysis pour Arcview Extension ArcView pour la prise en charge de la langue arabe
Bureau du SASS (Tunis)	1 Pentium III : 256 Mo, DD 8Go, Ecran 19", lecteur ZIP 250, Windows 98 Office 2000 professionnel (comprenant le SGBD ACCESS) Logiciel SIG Arcview 3.2 Extension Spatial Analyst pour Arcview Extension Image Analysis pour Arcview Extension ArcPress pour ArcView

L'ébauche du système d'information a été élaborée lors de l'atelier effectué du 01/12 au 04/12/1999 (voir rapport de phase 1) et qui a regroupé les équipes de projet. Les informations numériques et géographiques devant constituer ce système ont été identifiées ainsi que les codifications à adopter. En résumé, cet atelier a permis :

- d'identifier l'ensemble des entités devant constituer le système d'information y compris les informations de type spatial
- d'adopter une codification commune pour la base de données du SASS et compatible avec celles utilisées par les pays
- de proposer diverses solutions de développement selon le logiciel de modélisation qui aura été retenu.

- d'élaborer une stratégie de transfert des fichiers existants et de saisie des données manuelles : historiques anciens (1950-1981), informations se trouvant dans les rapports d'études, ...

1.3.3 Contenu du système d'information envisagé

Une liste exhaustive des différentes entités devant figurer dans le système d'information a été élaborée en collaboration avec les équipes des pays. Cette liste prend en compte :

- les besoins immédiats pour le modèle
- les contraintes constatées dans les structures des BD nationales
- les possibilités d'évolution
- l'intégration du SIG dans le système d'information.

Cet inventaire a été réalisé après une initiation aux concepts des SI et à la démarche méthodologique.

Tableau 11 : liste des entités constituant le SI

Entité	Signification
Point d'eau ou ouvrage	Ouvrage d'eau souterraine pouvant être un forage, un puits, une source, un piezomètre, ...
Unité Hydrogéol. ou unité aquifère	Entité naturelle délimitée dans l'espace selon des critères hydrogéologiques. C'est une unité d'évaluation et de gestion des ressources.
Carte Topo	Référence de la feuille dans laquelle le point d'eau a été inventorié. L'identifiant de cette entité consiste en l'échelle + n° de carte
Région Administrat.	Unité administrative de premier niveau (Gouvernorat, wilaya, province)
Zone géophysique	Etendue délimitée ayant subi une étude géophysique. La clé d'accès étant la référence de l'étude.
Utilisateur	Dénomination de l'utilisateur des eaux de l'ouvrage : Nom d'une agglomération, entreprise de distribution d'eau, périmètre irrigué, unité industrielle ou touristique, ...
Destination	Code et dénomination de la destination de l'ouvrage, une fois mis en exploitation.
Type	Type d'ouvrage (forage, puits, source, ...)
Etat	Etat actuel du point d'eau
Objet	Objet du point d'eau au moment de sa réalisation (reconnaissance, exploitation, ...)
Usage	Usage du point d'eau : domestique, irrigation, tourisme, ...
Etage	Etage géologique des couches traversées par le point d'eau (la codification internationale est adoptée suivie du nom local quand il existe)
Couche Lithologique	caractéristiques des formations rencontrées qu'elles soient aquifères ou non.
Stratigraphie	Relation décrivant la stratigraphie des couches traversées par le point d'eau
Tubage	Relation décrivant les équipements du point d'eau
Bassin versant	Entité naturelle de surface
Poste climato	Poste d'observation des paramètres climatologiques
Historique climat	Relation contenant l'historique des valeurs d'observations climatologiques
Source pollution	Point identifié susceptible d'engendrer une pollution : rejets urbains, unité industrielle, exploitation agricole, ...
Date	Entité créée pour permettre d'établir des relations avec le point d'eau. Ces relations consistent en les observations et mesures chronologiques (piezométrie, prélèvements, ...).
Piezométrie	Chronique des niveaux piézométriques . la clé d'accès se compose de l'identifiant du point d'eau suivi de la date de mesure.
Prélèvements	Chronique des prélèvements . la clé d'accès se compose de l'identifiant du point d'eau suivi de la date de mesure.
chimie	Historique des résultats d'analyses chimiques. la clé d'accès se compose de l'identifiant du point d'eau suivi de la date de mesure.

2- MODELE CONCEPTUEL DES DONNEES ET DOSSIER DE REALISATION

2.1 Description du MCD

Une des caractéristiques de la démarche adoptée est la séparation entre structure de données et les traitements subis par celles-ci.

En d'autres termes, et pour aboutir à un système d'information ouvert et évolutif, il est fait abstraction, dans un premier temps, des procédures de traitement qui, elles sont sujettes à des changements. L'accent est donc mis sur la partie la plus stable que sont les données en cernant de façon précise :

- les ensembles d'informations (entités)
- la nature des liens existants entre eux
- les règles de gestion associées à ces entités.

Cette approche qui permet d'élaborer une représentation la plus proche possible du réel perçu vise la production d'un modèle conceptuel de données (MCD) qui synthétise les entités et les relations à l'aide d'un formalisme qui découle des règles existantes ou envisagées :

- un point d'eau peut capter 1 ou plusieurs aquifères
- un point d'eau à une date donnée fournit un certain débit
- un point d'eau peut servir à plusieurs utilisateurs
- un usager peut être alimenté par plusieurs points d'eau
- un point d'eau possède un numéro de maille dans un maillage donné.

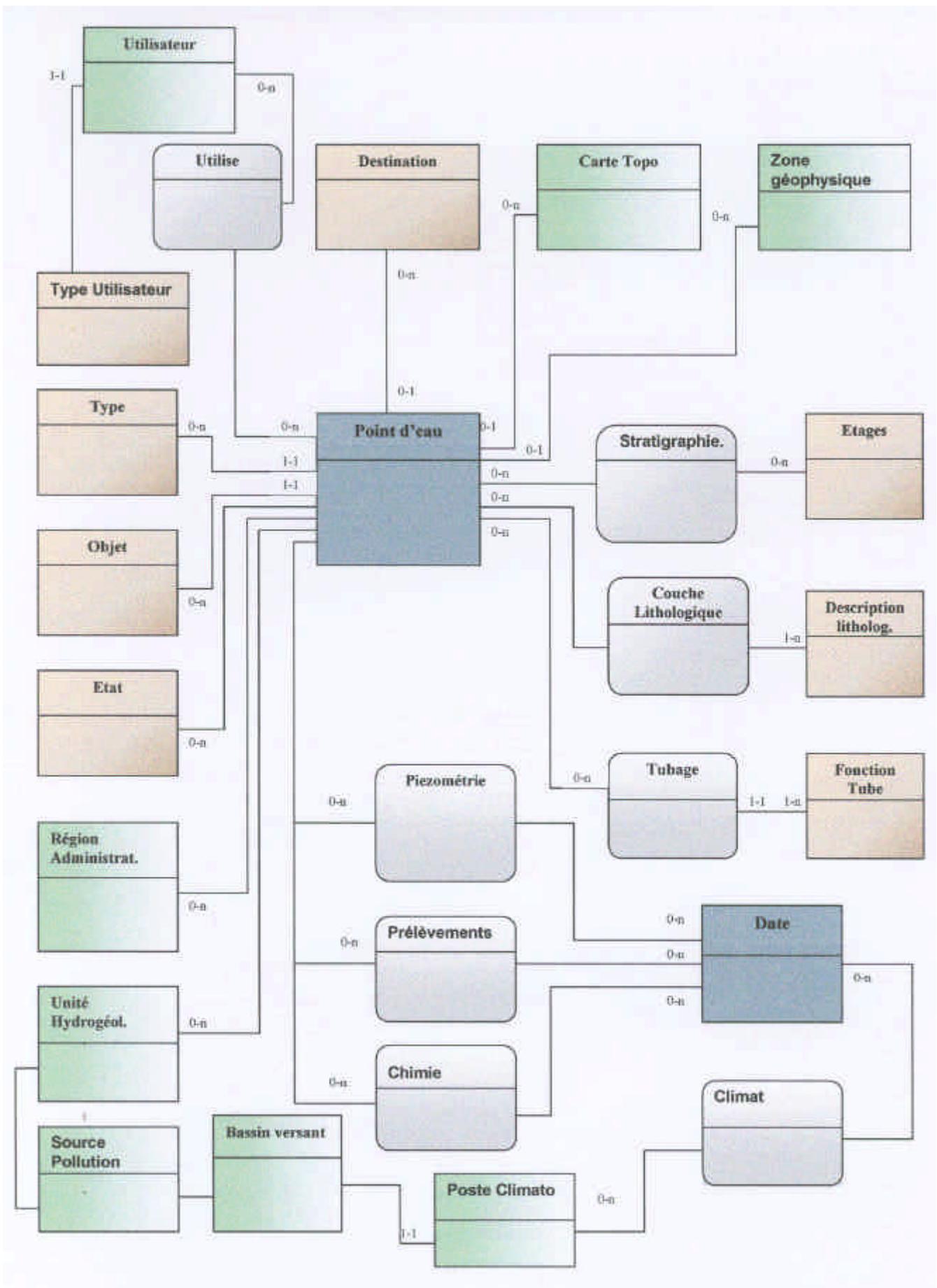
Les modes de traitement ne sont abordés qu'après validation du MCD par les pays.

Un autre atelier organisé en Mars 2000 a permis de procéder à la validation du MCD du SASS (qui couvre également les préoccupations des pays) :

- identification des entités qui participent au SI et leur identifiants,
- relations et cardinalités,
- liste détaillée des propriétés de chaque entité.

Notons que ce MCD est indépendant de la machine et du SGBD sur lequel le système sera implémenté. Les règles de passage au modèle relationnel, puis au modèle logique sur le SGBD se fait grâce à des règles claires.

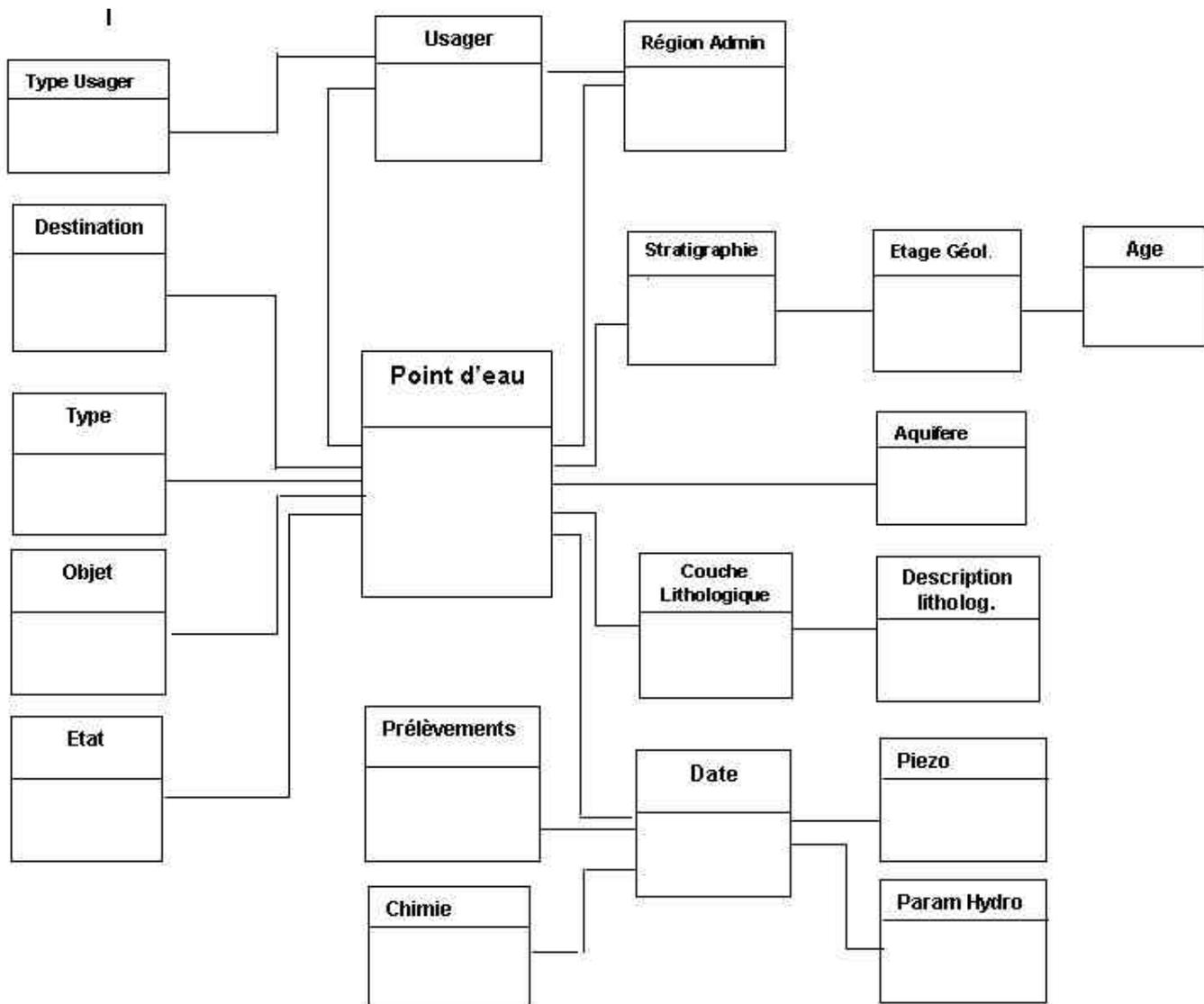
Modèle conceptuel global



Partant de ce modèle conceptuel conçu pour des besoins très larges, un sous modèle réduit a été extrait pour prendre en charge les informations nécessaires au projet SASS, qui constitue un sous ensemble du modèle global.

L'architecture ainsi obtenue est montrée par le schéma ci-après :

Modèle conceptuel pour les besoins du projet



Les éléments relatifs à l'équipement des forages, aux liaisons avec les données hydrologiques ont été supprimés du modèle étant donné que le projet ne les utilise pas.

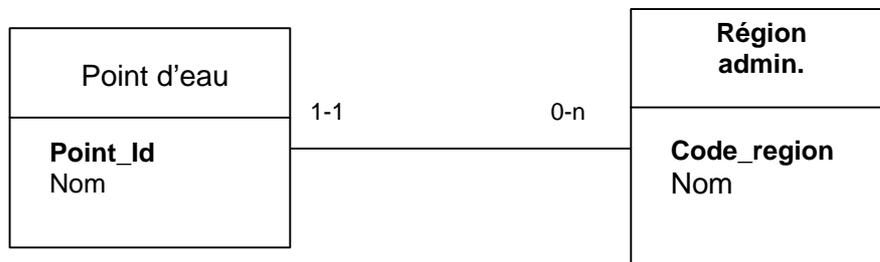
Leur intégration éventuelle ne posera pas de problèmes. Il en est de même pour d'autres entités non prévues, à partir du moment où la même démarche est adoptée.

2.2 modèle relationnel

Le passage au modèle relationnel est une étape qui prépare l'implémentation du MCD sur le SGBD. Selon la nature des relations et en fonction des cardinalités issues des règles de gestion, des procédures de passage sont appliquées.

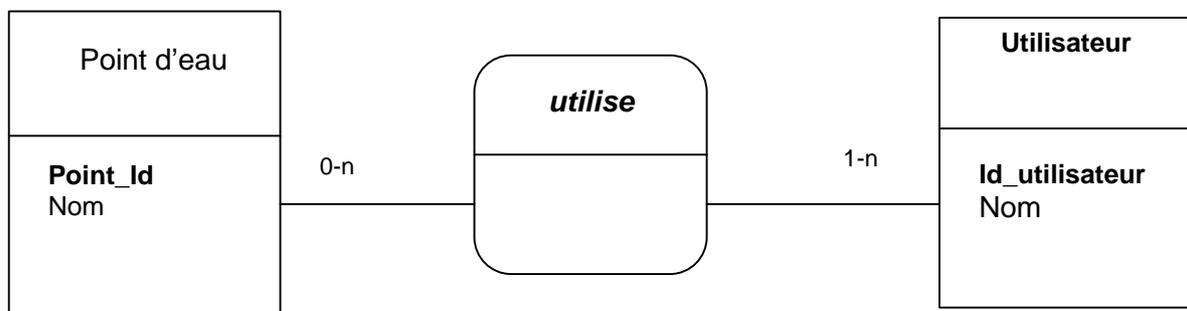
La nature des relations liant deux entités peuvent se résumer comme suit :

Cas n° 1 :



Cette relation traduit le fait q'une région administrative contient zéro ou plusieurs points d'eau et que par conséquent, un point d'eau appartient obligatoirement à une région administrative.

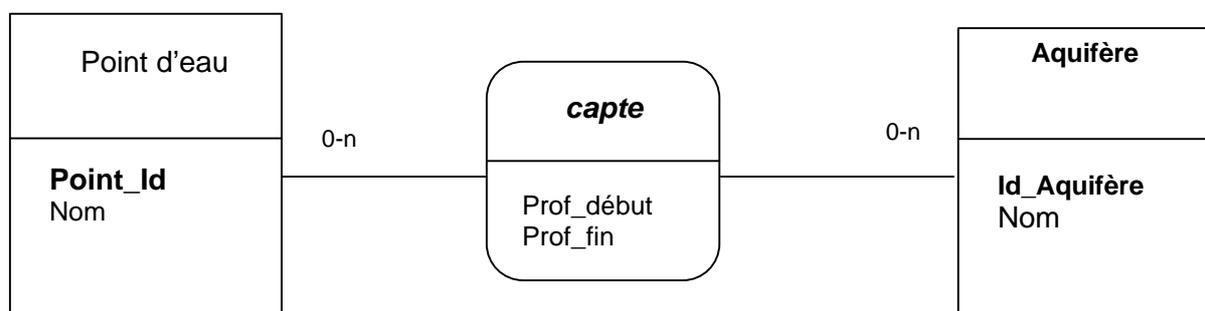
Cas n° 2 :



Entre les entités «*Point d'eau*» et «*utilisateur*» la liaison peut être formulée de la façon suivante :

- un même point d'eau est destiné à zéro (s'il n'est pas exploité) ou plusieurs usagers.
- un utilisateur quant à lui, peut être alimenté par un ou plusieurs points d'eau.

Cas n°3 :



Ici la relation «*capte*» renferme elle-même des attributs ou propriétés

Les règles suivantes sont appliquées :

- toutes les entités deviennent des tables et leurs attributs des champs
- pour les associations de type « *1-n* », l'identifiant de l'entité principale migre vers l'entité secondaire.

Pour l'exemple qui illustre le cas n°1, le passage au modèle relationnel engendre la création de deux tables « points d'eau » et « Région Admin ». La table « points d'eau » va comporter un champ supplémentaire qui est « code_region ».

- les associations de type 1-n (1-n (cas n°2) sont traitées comme suit :
 - appliquer la règle 1
 - créer une troisième table qui comprendra comme attribut les clés des deux autres tables

L'exemple du cas n°3 se traduira, en plus de la création des tables « points d'eau » et « utilisateurs », par une troisième table «**Utilise**» contenant les identifiants des deux premières.

- les associations porteuses d'informations (cas n°3) se traitent de la façon suivantes :
 - les associations deviennent des tables.
 - Pour les clés, appliquer les règles précédentes.

Le résultat est identique au cas n°2, sauf que la table intermédiaire ainsi créée va comporter en plus de l'identifiant, les attributs « prof_deb » et « prof_fin ».

2.3 Implémentation sous ACCESS

Après avoir validé le modèle de données (atelier du 28 au 31/03/2000), il a été procédé à sa traduction vers le SGBD ACCESS selon les règles énumérées plus haut.

2.3.1 Termes utilisés

Table : ensemble de données se rapportant à un sujet particulier. Une table représente un objet essentiel d'une base de données ACCESS où sont stockées les données. La table « *points* » contient les caractéristiques des points d'eau. Une table renseignée contient plusieurs enregistrements (lignes).

Table liée (ou attachée) : table se trouvant dans une autre base de données (qu'elle soit de type ACCESS ou non).

Champ : élément d'une table servant à contenir une information. Une table comporte un ou plusieurs champs. (colonnes).

Clé primaire : identifiant unique de chaque ligne d'une table. Une clé peut être soit un champ, soit un mélange de plusieurs champs.

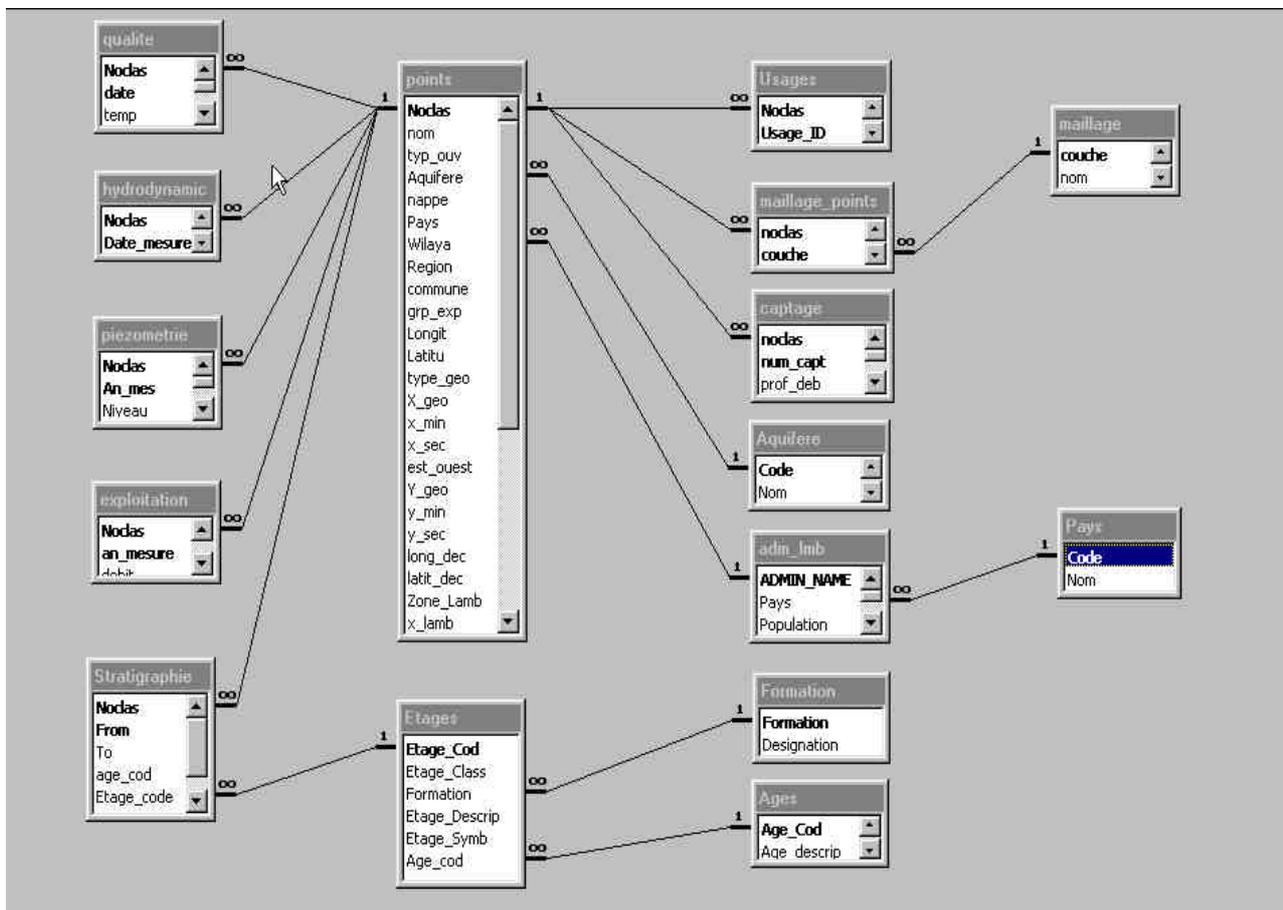
Intégrité référentielle : mécanisme qui préserve les relations définies entre plusieurs tables lorsque des enregistrements sont modifiés ou effacés. L'intégrité référentielle garantit la cohérence des valeurs de clés entre les tables.

Requête : objet d'une base ACCESS qui sert à afficher, modifier ou analyser les données provenant d'une ou plusieurs tables.

2.3.2 Schéma de la Base de données

L'implémentation sous le SGBD ACCESS a tenu compte des spécificités de ce dernier et en intégrant les informations nécessaires aux liens BD-modèle numérique. En effet il a été ajouté à la structure de la BD certaines tables spécifiques, comme :

- « maillage » décrivant les caractéristiques des maillages (la possibilité de réaliser plus d'un maillage est envisagée)
- « points-maillage » : qui comporte le numéro de maille de chaque point d'eau dans le maillage considéré.



L'ajout de ces tables est dicté par le choix du logiciel PM5 en tant que modèle numérique.

Des relations sont établies entre les différentes tables selon les règles recensées lors de l'étude conceptuelle. Ces relations permettent de maintenir à chaque modification l'intégrité du système:

- on ne peut pas par exemple créer un historique d'un point d'eau si celui-ci ne figure pas dans la table «**POINTS**»
- si l'identifiant d'un point est modifié, l'ensemble des tables en relation sont automatiquement mises à jour.
- si on tente de supprimer une wilaya qui comporte au moins un point d'eau, le système affiche un message d'erreur.

Ces relations sont à la base de l'élaboration de requêtes et autres analyses de l'information.

Cette structure représente un sous ensemble du modèle conceptuel global ; seules les informations nécessaires au projet SASS ont été prises en compte. Ce qui a donné les tables décrites en annexe 1.

2.3.3 Mise en cohérence des BD nationales avec celle du SASS

La base de données commune du SASS implémentée sous ACCESS peut être mise à jour de plusieurs façons :

- par formulaires de saisie
- par requêtes d'importation à partir des fichiers existants
- par mise à jour à partir des bases de données des pays, dans le cas où ces dernières sont parfaitement compatibles avec la BD commune.

Dans le cadre du projet et pour répondre aux besoins immédiats de préparation des données au modèle numérique, les deux premiers modes ont été utilisés :

- des requêtes, fonctions de conversion et modules, ont été élaborés pour transférer les données fournies par les pays sur support informatique
- les formulaires de saisie ont servi pour introduire les données recueillies par l'équipe du SASS à travers les documents et rapports d'études réalisées dans la région.

Mais il est souhaitable qu'à l'avenir, pour les actualisations, le troisième procédé puisse être mis en oeuvre.

C'est dans ce but qu'un premier travail d'adaptation des bases de données nationales a été réalisé au sein des trois administrations dans le but de les rendre conformes au schéma adopté et de faciliter l'opération de collecte et de transmission des données vers le SASS.

Les structures des trois BD ont été revues et adaptées afin qu'elles soient en parfaite compatibilité avec le modèle de données qui a été conçu.

Tableau 12 : correspondance entre les tables de la BD du SASS et celles des BD nationales

Désignation entité	Appellation dans les trois administrations			
	ANRH	DGRE	GWA	BD commune
Ages géologiques	Ages	Ages	Ages	Ages
Etages géologiques	Etages	Etages		Etages
aquifères	Unité_hydrog	nappe	Aquifer	Aquifere
Carte_topo	Carte_topo	Carte_topo	Topo_map	
Chimie	A_chimie	Qualité	Chemical	Qualite
Descriptions lithologiques	Litho_point	Litho_point	Lithology	Litho_point
Formations géologiques	Formation	Formation	Formation	
Historique de prélèvements	A_Débits extraits	Exploitation	ExploitationData	Exploitation
Lexique	U_lexique	Lexique	Lexique	Lexique
paramètres hydrodynamiques	Param_hydro	Param_hydro	hydrodynamic	Hydrodynamic
Pays				Pays
Piezométrie	A_piezométrie	Piezométrie	Periodical data	Piezometrie
Points d'eau	A_Ouvrage	Point d'eau	Wells	Points
Regions administratives	Wilaya	gouvernorat	Province	Admin_sass
Source de pollution	Source_pollution	Source_pollution	Source_pollution	
Stratigraphie	Stratigraphie	Stratigraphie	Formation Members	Stratigraphie
unité lithologique	lithologie	lithologie	Lith_Describ	lithologie
utilisateur	Utilisateur	Utilisateur	User	
utilise	Utilise	utilise	Well-user	usage

Ce tableau montre également les tables qui ont été créées à l'occasion du projet SASS, soit totalement (motif sombre), soit à partir de champs figurant dans d'autres tables pour respecter les règles des bases relationnelles (motif plus clair). La table «lexique» qui regroupe toutes les tables de codification ; c'est à dire comportant un code et une désignation (usage, objet, type usager, ...), a été uniformisée.

Cette opération a concerné les points suivants :

- Restructurations plus ou moins importantes qui peuvent se résumer comme suit :
 - ajout des tables inexistantes
 - restructuration de tables et champs
 - modifications au niveau de la codification (lexique)
 - élaboration des relations manquantes entre les tables (pour que le SGBD assure les contrôles d'intégrité)
- Adaptations et harmonisation globale des codifications pour la base de données commune
- Définition d'une stratégie de reprise des informations existantes pour faciliter le passage à la nouvelle situation

Ce travail reste bien entendu à compléter par leur mise en œuvre concrète et par le transfert de toutes les données existantes. De la même manière, les procédures de mise à jour des BD nationales par les BD régionales doivent être mises en place.

Le tableau suivant synthétise les transformations apportées à chacune des BD des trois pays.

Tableau 13 : Adaptations et améliorations apportés au BD nationales

Organisme	Adaptations effectuées
ANRH	<ul style="list-style-type: none"> - Ajout des tables : construction, diagraphie, unité lithologique, étages et âges géologiques, utilisateur, poste climato, historique climato. - Modification de structure pour la quasi totalité des tables - Arrangement du lexique et création de tables séparées : wilaya, unité hydrogéologique, bassin, lithologie et transfert des données correspondantes (celles-ci étaient gérées au niveau du lexique). - Extraction des paramètres hydrodynamiques qui se trouvaient dans la table A_Ouvrages. - Adaptation des codifications
DGRE	<ul style="list-style-type: none"> - Regroupement en une base unique et mise en cohérence des BD disparates - Création des relations manquantes entre les entités pour assurer les contrôles d'intégrité - Ajout des tables Aquifères, Régions hydrologiques, Secteur hydrologique, Bassins versants, Gouvernorats, Délégations, Arrondissements - Révision de la structure de la table « Points d'eau » et importation des données disponibles relatives au SASS - Adaptation du lexique aux besoins du SASS en tenant compte des codifications existantes à la DGRE. - Conversion et transfert des données d'exploitation et de piézométrie dans la nouvelle structure.
GWA	<ul style="list-style-type: none"> - Restructuration de certaines tables : Point d'eau, chimie, lithologie - Ajout de tables inexistantes : carte_topo, utilisateurs, unité hydrogéologique, paramètres hydrodynamiques, poste_climato et historique climat - Uniformisation du lexique commun et établissement de correspondances entre les descriptions française et anglaise.

Les améliorations et adaptations ainsi réalisées ne touchent donc qu'aux aspects conceptuels (structures des BD) même si, partiellement, certaines données ont été également transférées. Il appartient aux équipes des pays de rendre opérationnelles ces BD et d'assurer leur gestion. Pour préparer cela une formation au SGBD ACCESS a été dispensée aux experts nationaux (voir contenu en annexe).

2.4 Stratégie de sécurisation des données

Que ce soit au niveau des BD nationales ou au sein du SASS, outre l'administrateur du système, cinq grandes familles d'utilisateurs ont été identifiées :

- **l'administrateur du système** : qui doit disposer de toutes les autorisations et de tous les accès
- **l'équipe chargée de la mise à jour des données** : droits d'ajout et de modification des données
- **l'équipe modélisation** : possibilités de mise à jour des tables intéressant les liens BD – Modèle (maillage par exemple)
- **les décideurs** : navigation guidée et requêtes de synthèse
- **les autres utilisateurs (invités)** : navigation guidée (consultation seulement).

La BD SASS pourra être consultée par les trois pays mais aucune mise à jour n'est permise (le groupe 2 n'existe pas dans ce cas).

Le tableau suivant montre la nature des traitements permis à chacun des groupes d'utilisateurs :

Tableau 14 : les différents groupes d'utilisateurs et leurs autorisations

Groupe	privileges
1. Administrateur	- modification de la structure des tables - mise à jour des tables système - transfert des données des trois pays (ou services régionaux pour les BD nationales)
2. équipe chargée de la mise à jour des données	- exploration guidée - accès aux formulaires de mise à jour.
3. Equipe modèle	- toutes requêtes sélection : numériques ou spatiales - mise à jour des tables intéressant le modèle - procédures de génération du maillage et d'affectation de n° de maille aux points d'eau. - Lancement des modules de préparation des données pour PM5
4. décideurs	- autres requêtes de synthèse - cartographie thématique , graphes, tableaux récapitulatifs
5. autres	- exploration guidée

Des comptes et codes d'accès ont été attribués à chacun des groupes pour l'accès à la BD commune.

Pour ce qui est des BD nationales, l'administrateur désigné définira lui-même les autorisations d'accès en fonction du contexte et de l'organisation en place. Il pourra les étendre ou les limiter en fonction des règles en vigueur.

L'incorporation des données nouvelles issues des pays pourra se faire par une procédure utilisant la réplication :

«Processus de copie d'une base de données visant à ce que deux copies ou davantage puissent échanger des mises à jour de données ou de formulaires, d'états ou d'autres objets répliqués. Cet échange porte le nom de **synchronisation**. Chaque copie de la base de données est appelée **réplica** et contient un jeu commun de tables, de requêtes, d'états, de formulaires, de macros et de modules. Chaque réplica peut également contenir des objets locaux qui n'existent que dans le réplica concerné».

Définition fournie par *MicoSoft*

Le problème de mise à jour se pose si on ne travaille pas avec une seule base de données centralisée mais avec des copies externes, comme c'est le cas pour le SASS. Lorsque différents utilisateurs saisissent ou modifient des données il faut synchroniser ces dernières afin qu'ils puissent travailler avec le même fond. Pour que cette synchronisation soit possible il faut que la base de données soit convertie en réplica qui est établi suite à une réplification, cette dernière est une fonction offerte par les systèmes de gestion des base de données. Après plusieurs mises à jour sur une base de données distante une synchronisation réussie rendra tous les réplicas cohérents, on peut avoir autant de réplicas que nécessaire mais il ne peut y avoir qu'un seul réplica maître. Ces réplicas contiennent toutes les données de la base de données mais dans le cas où on n'a besoin que d'une partie des données ; une solution s'impose, elle consiste à créer un réplica partiel en appliquant un filtre à une ou plusieurs tables afin d'extraire les données dont on a besoin.

Exemple: chacun des trois pays a besoin seulement des données concernant la zone qu'il gère, alors un réplica partiel lui est établi avec comme filtre le champ « Pays ». Cette base de données ainsi répliquée sera utilisée normalement au sein de ces pays pour leurs besoins propres et à tout moment, une synchronisation peut être réalisée au niveau du SASS (où se trouve le réplica maître). Ce qui éviterait les conflits et rendrait toutes les données cohérentes entre elles.

Pour que cette synchronisation, qui est effectuée de façon automatique par le SGBD ACCESS soit fiable ; il faudrait que les informations communes aux trois pays soient mises à jour au niveau du réplica maître par l'administrateur de la base SASS.

Pour les actualisations futures, il ne sera donc pas nécessaire d'introduire les données au niveau de la base de données centrale : seuls les pays seront habilités à le faire chacun pour la partie qui le concerne (réplicas partiels)

Dans le cas où cette possibilité ne peut être mise en œuvre, une solution de repli est prévue qui consiste à mettre à jour et saisir de nouvelles données directement dans la BD commune à l'aide des formulaires et modules développés à cet effet.. Pour cela des fiches de saisie (voir annexe) ont été conçues.

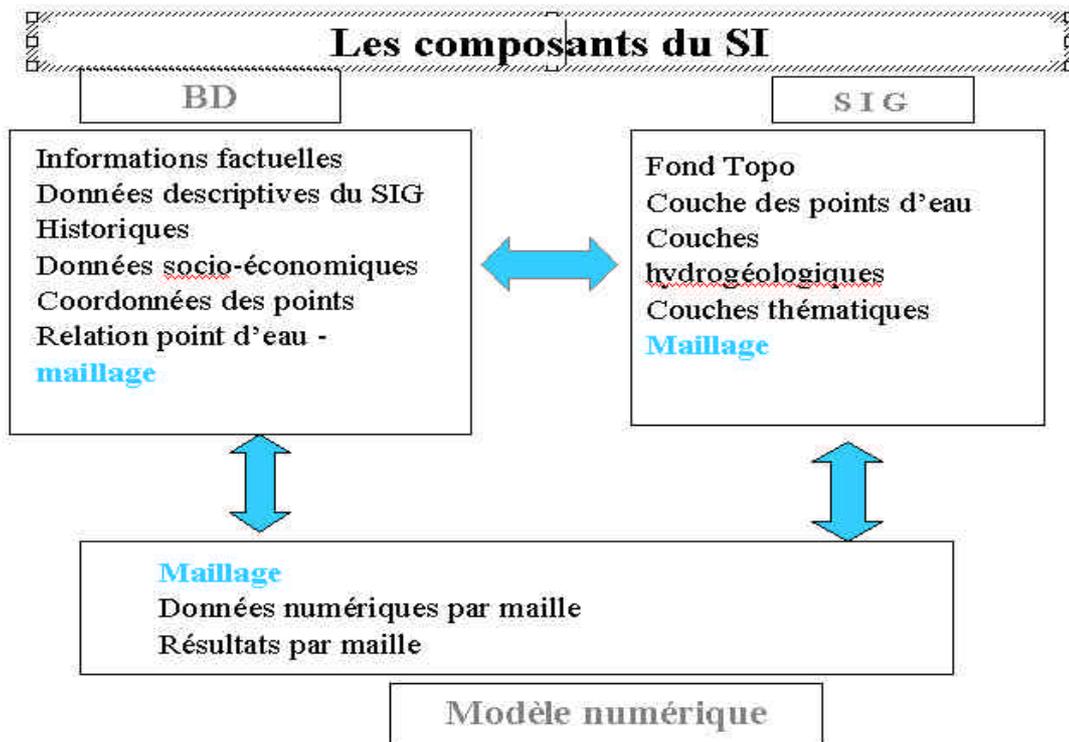
2.5 Description du SIG

2.5.1 Intégration du SIG dans le SI global

Le SIG est conçu pour faire partie intégrante du SI global en ce sens que toutes les informations descriptives des objets géographiques sont prévues dans la structure de la base de données. Le but étant que chaque information soit stockée à un seul endroit (non redondance).

Le second objectif concerne les liens BD - modèle et SIG - modèle qu'il est nécessaire de réaliser de façon automatique et transparente pour l'utilisateur.

Le Système d'Information comporte ainsi trois éléments principaux qui sont : la BD, le SIG et le modèle numérique. Le maillage du modèle, qui est en même temps une table de la BD et une couche du SIG, permet d'assurer ces liens, comme l'illustre le schéma suivant :



Les liens BD – SIG se traduisent par :

- l'intégration des données descriptives des couches géographiques dans la BD afin de pouvoir les utiliser dans les requêtes même en dehors du SIG. Les redondances sont évitées, l'information n'étant stockée qu'à un seul endroit.
- la création de couches SIG pour l'ensemble des données susceptibles d'être cartographiées ou de faire l'objet de requêtes spatiales : au moment de la conception de la BD, un inventaire de ces entités a été dressé (zone de prélèvement, aquifère, unités administratives, ...)

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

Les connections BD – modèle consistent en la préparation des données d'entrée et se traduisent essentiellement par :

- le calcul des prélèvements en chaque maille du modèle
- la constitution automatique des fichiers de base utilisés par le logiciel PM5 (celui-ci ayant été choisi comme logiciel de modélisation).

Deux solutions sont possibles pour gérer l'ensemble des informations dans une même structure de données et répondre aux besoins du projet :

- au sein de l'environnement ARCVIEW et on accède aux informations de la BD
- sous ACCESS et dans ce cas il doit être possible de visualiser les couches du SIG.

Quelque soit la solution adoptée, des modules d'interfaçage sont nécessaires pour gérer globalement toutes les informations et pour assurer les liens entre les données géographiques et leurs attributs descriptifs.

2.5.1.1 Solution ARCVIEW

Le logiciel ARCVIEW 3.2 est livré, en plus de l'intégration des formats DBASE et INFO en mode natif, d'une extension d'accès aux bases de données «*Data Base Access Extension*» qui permet de se connecter, par le biais du protocole ODBC, à l'ensemble des SGBD du marché.

Un utilisateur initié à ces procédures est en mesure de réaliser ce type de traitement au sein du logiciel ARCVIEW. Il existe néanmoins des traitements particuliers qui ne peuvent être réalisés sans le développement de modules spécifiques, surtout si ceux-ci sont répétitifs.

Dans ce cas l'usage du langage « **AVENUE** » fourni également avec ARCVIEW 3.2 devient indispensable.

Cette solution comporte les inconvénients suivants :

- c'est un langage qui n'est pas maîtrisé par les experts des pays => difficultés de maintenance
- ESRI a tendance à abandonner quelque peu ce langage : dans ses nouveaux produits, c'est plutôt le langage **Visual Basic** qui est proposé
- Les délais de réalisation des interfaces sont plus importants : il ne dispose pas d'outils de développement rapide (interface conviviale, explorateur d'objets, assistants, ...).

2.5.1.2 Solution ACCESS - MapObjects

Cette solution suppose l'acquisition d'un utilitaire spécial qui permet de développer les utilitaires d'accès aux couches SIG pour permettre les opérations principales d'affichage, de sélection et de manipulation d'objets géographiques en dehors du logiciel SIG.

ESRI propose « *MapObject* » qui est un ensemble de composants utilisables à partir de tout autre langage évolué (VB, C++, DELPHI, ...) pour réaliser les tâches essentielles du SIG : visualisation des couches ARCVIEW, requêtes spatiales, contrôle des fenêtres cartes, ...

Ainsi, il est possible de réaliser les interfaces BD – SIG - modèle au sein de l'environnement ACCESS, c'est-à-dire en restant dans la base de données qui, il faut le souligner, est la plus fréquemment utilisée.

Les avantages de cette solution sont les suivants :

- le langage de développement reste la VBA qui est répandu, facile d'utilisation et donc rend la maintenance plus aisée,
- l'utilisateur est toujours dans l'environnement de la base de données où il effectue le plus gros des traitements : consultation et mises à jour des données, requêtes statistiques et de synthèse, recherches multicritères, ...

Le seul inconvénient réside dans la nécessité d'acquérir «*MapObjects*». La version «MapObjectLT» qui est nettement moins coûteuse a été choisie et acquise par le projet SASS.

Même si cette version est limitée, elle permet néanmoins de réaliser toutes les opérations requises par le développement des interfaces :

- visualisations des couches ARCVIEW avec contrôle des fenêtres cartes (Zoom, Pan, Identify, ...)
- sélections géographiques et requêtes sur les attributs
- élaboration de cartes thématiques

La seule limitation concerne l'impossibilité de créer des fichiers SHP, ce qui est indispensable pour générer le maillage par exemple.

Pour contourner cette contrainte, il existe la solution de développer en VBA les fonctions de lecture / écriture des fichiers au format shp dont la structure détaillée a été trouvée dans la documentation d'ESRI.

La solution «*MapObjectsLT*» a donc été retenue pour élaborer les modules nécessaires aux interfaces BD – SIG - modèle.

2.5.2 Les couvertures du SIG

L'ensemble des couches du SIG élaboré dans le cadre du projet sont dans le système de projection Lambert Sud qui possèdent les caractéristiques suivantes :

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

Les cartes ont été réalisées au format SHP d'ARCVIEW 3.2. Il s'agit des couches suivantes :

2.5.2.1 Topographie et fonds de base

- Réseau hydrographique
- Courbes de niveau : équidistance 100 m
- Chotts et dépressions
- Points côtés
- Principales agglomérations issues de la DCW et de la numérisation des cartes ERESS
- Routes principales
- Unités administratives (wilaya, gouvernorat)
- Limites des communes couvrant la partie algérienne acquises auprès de l'INCT.

Ce fond a été constitué en grande partie par les bureaux d'études IMAGIS (Alger) et SOMAPHO (Tunis).

2.5.2.2 Modèle numérique de terrain couvrant la zone d'étude

- Grille de 1 km de côté traitée à l'aide de « *Spatial Analyst* » qui offre la possibilité d'extraire les courbes de niveau et points côtés

2.5.2.3 Hydrogéologie

- Points d'eau : lien direct avec la BD
- Limites des systèmes aquifères principaux (CI et CT)
- Failles
- carte piézométrique initiale
- Limites de l'artésianisme

2.5.2.4 Paramètres hydrauliques

- Carte des transmissivités

2.5.2.5 Zones de prélèvement

Limite des groupes d'exploitation

La digitalisation de ces entités a été faite en partie pour la Libye et la Tunisie.

2.5.2.6 Géologie

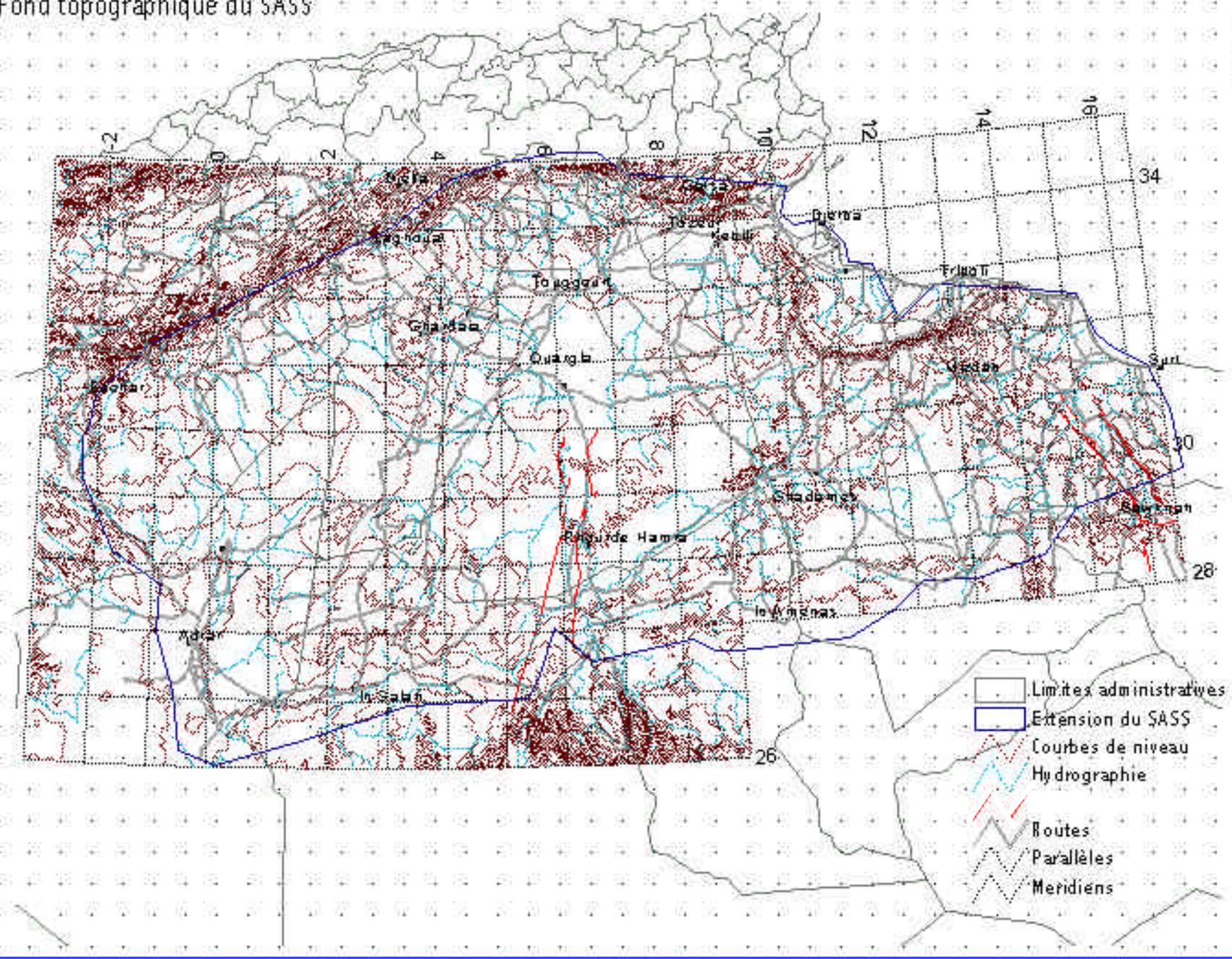
Carte géologique de la zone du SASS au 1/2.000.000

Cette carte a été dressée dans le cadre du projet. Elle fait la synthèse de l'ensemble de l'information géologique sur les affleurements des différentes couches.

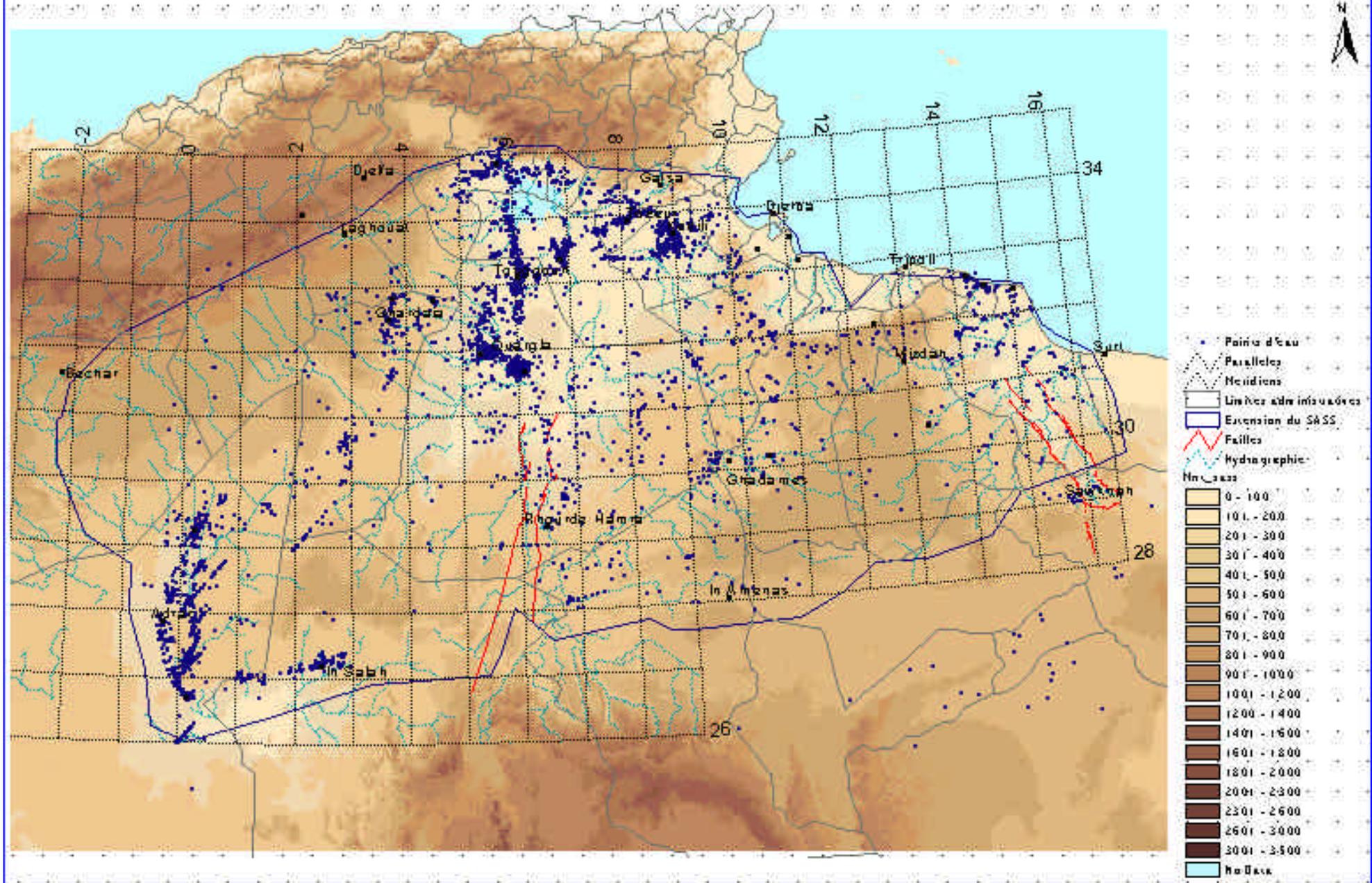
- maillage du modèle PM5

Un maillage pour chaque couche du modèle : CI, CT, grès supérieurs et Turonien.

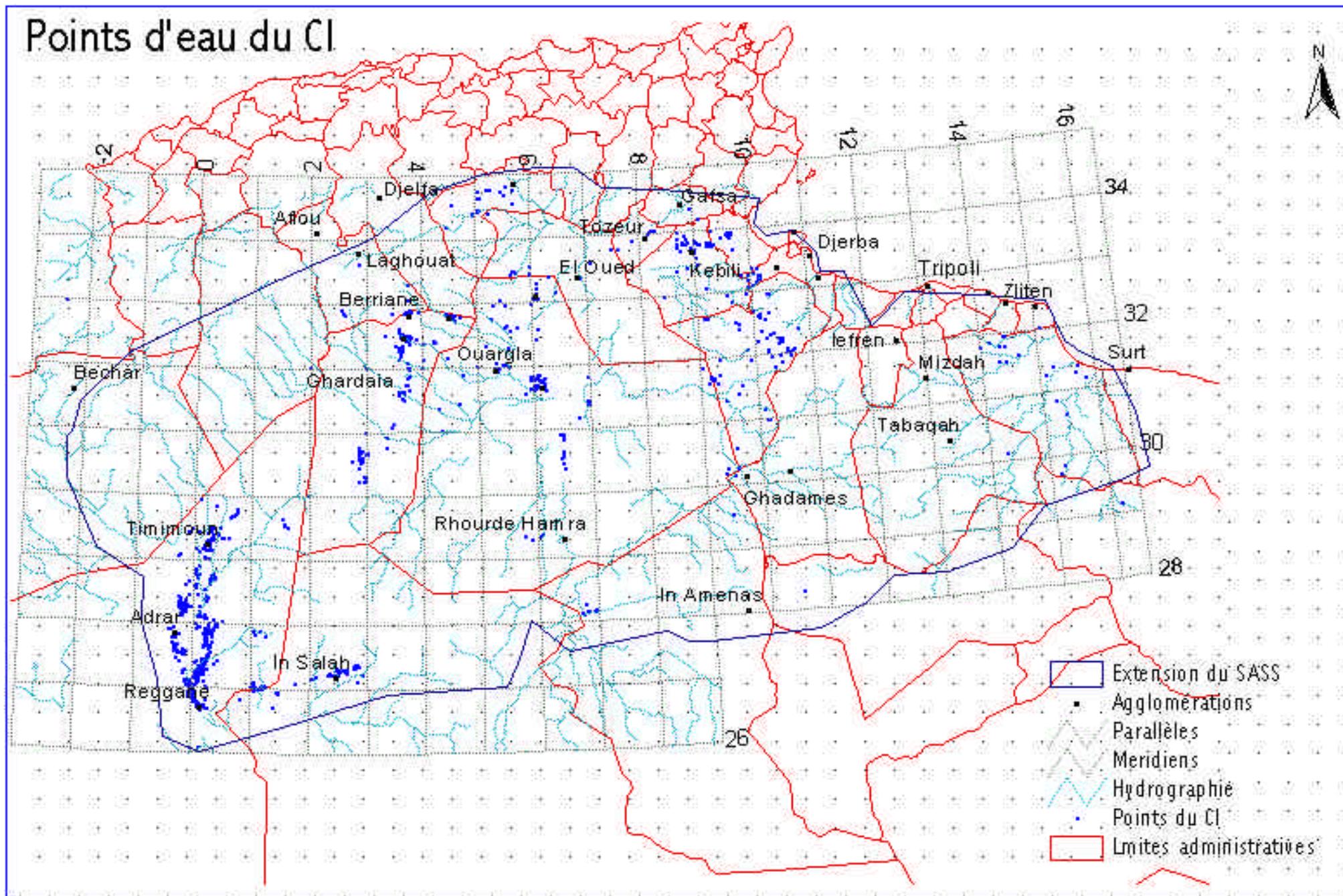
Fond topographique du SASS



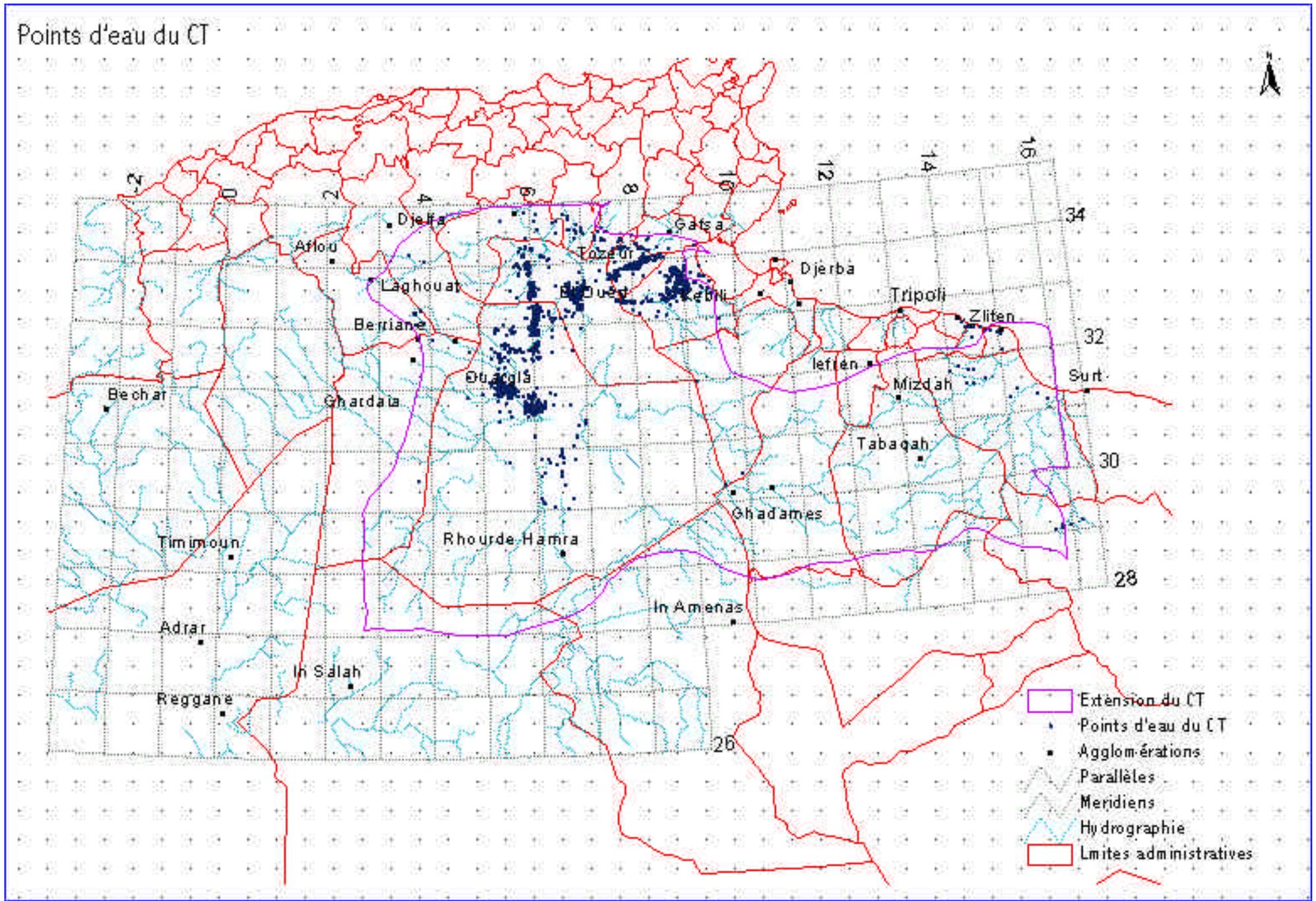
Modèle numérique de terrain

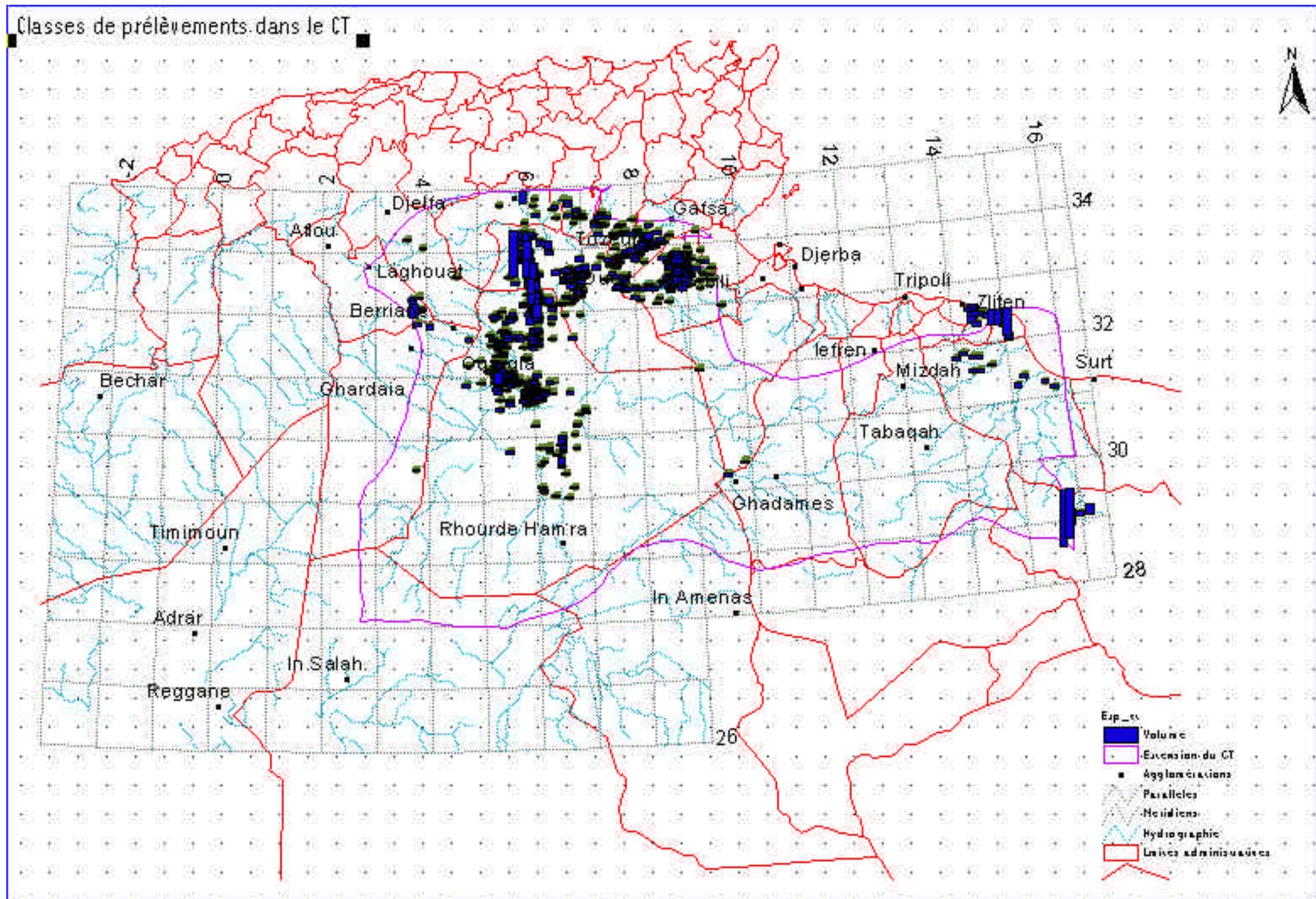


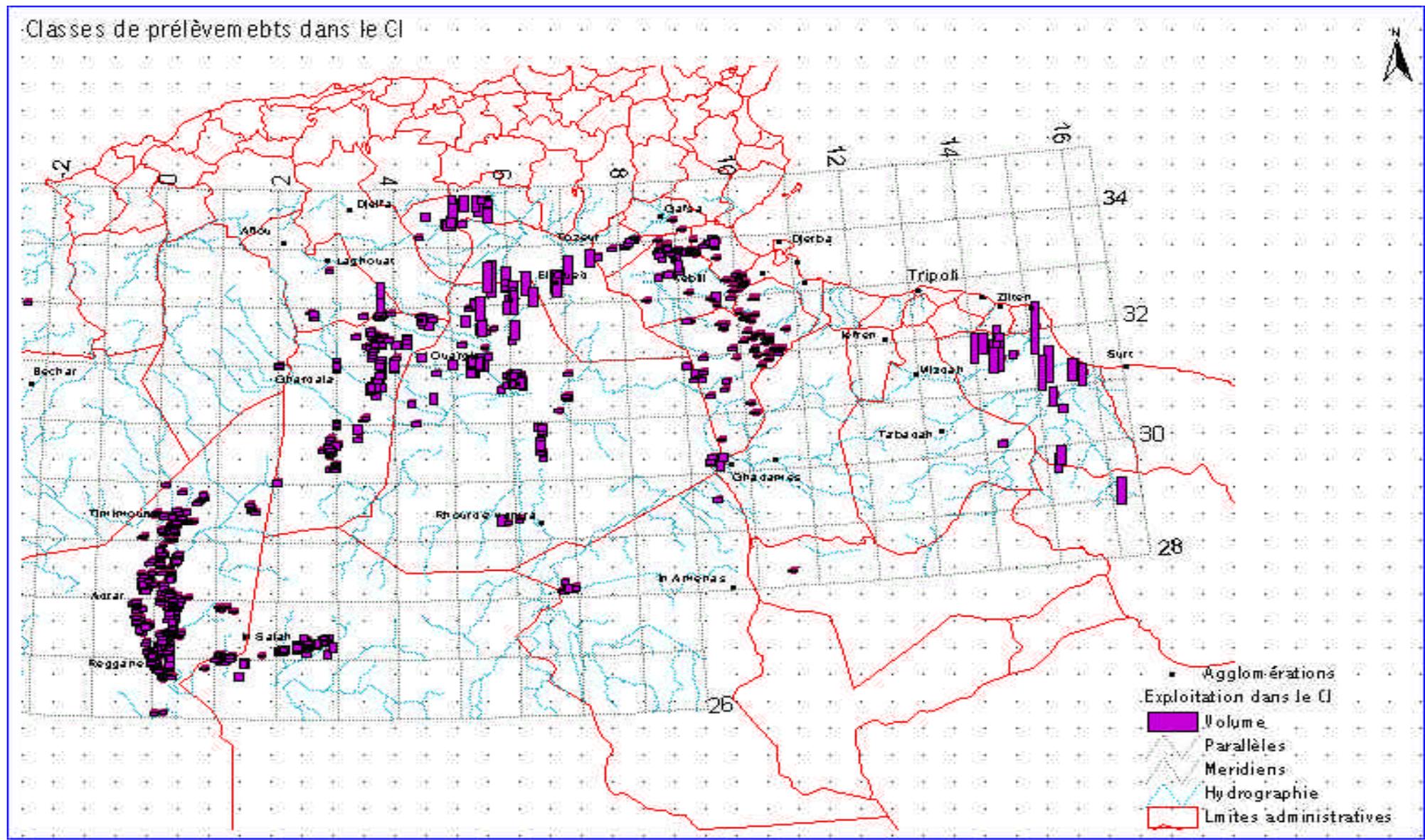
Points d'eau du CI



Points d'eau du CT







3 DESCRIPTION DES PRODUITS FINAUX REALISES

La réalisation de la base de données du SASS et des outils de gestion et de traitement a donné lieu à des produits finaux opérationnels, testés et utilisés dans le cadre du projet. Ces produits sont décrits de façon sommaire dans le présent chapitre (pour de plus amples détails, se reporter aux annexes 2 et 3) :

- la base de données et les procédures de gestion
- le SIG et les scripts développés pour les besoins spécifiques du projet
- les outils de traitement composés des requêtes statistiques, de l'interface BD – PM5 et des liens BD - SIG

3.1 La base de données

Pour permettre une utilisation souple du système, il a été retenu de fractionner la base de données ACCESS en deux parties :

- une première partie contenant uniquement les tables réunies dans un fichier de base de données : partie « **Données** »
- une deuxième partie contenant les outils de gestion, les requêtes et états, ainsi que les modules et fonctions spécifiques dans un autre fichier ACCESS : partie « **Programmes** »

Ce procédé offre divers avantages, entre autres :

- une plus grande protection des données contre les erreurs éventuelles de manipulation
- la possibilité de partage de la base contenant les données et donc une utilisation dans un environnement Multi-Utilisateur : base de donnée centralisée
- des possibilités plus grandes d'évolution et de développement d'outils spécifiques
- la possibilité d'utiliser un SGBD autre que ACCESS pour gérer la base de données centrale

Tableau 15 : Fichiers ACCESS composant la BD du SASS

Fichier ACCESS	Contenu	Observation
Sagesse_data.mdb	Tables de données	Peut être partagée Seul un administrateur peut y accéder directement
Sagesse.mdb	Formulaires, Procédures et fonctions spécifiques Requêtes, états	Peut être installée sur plusieurs postes clients (en réseau) Ajout possible de fonctions spécifiques
System_sag.mdw	Groupes d'utilisateurs Droits d'accès	Gérée par le SGBD Maintenue par l'administrateur

La connexion « *programmes* » - « *données* » se fait à l'aide du mécanisme de lien (attache) qui consiste à accéder et mettre à jour les informations se trouvant dans une base distante de type ACCESS ou autre (SQL SERVER, ORACLE, ...).

Plusieurs utilisateurs peuvent se partager une même et unique base de données => unicité de la source de données. De plus chaque utilisateur peut développer des programmes et requêtes spécifiques en plus de ceux qui ont été réalisés durant le projet.

La protection des données est assurée, puisqu'on peut pas accéder directement aux tables à la base « Données » que si on est administrateur.

Par l'intermédiaire de la base « Programme », les accès sont réglementés par les autorisations attribuées par l'administrateur aux différents groupes. Chaque groupe disposant d'un compte et d'un mot de passe.

3.1.1 Présentation des tables de données

La partie « Données » se compose des informations suivantes classées par catégorie :

- Identification, localisation et caractéristiques des points d'eau
- Description lithologique, géologie, toit et mur des couches captées
- Informations descriptives des entités spatiales (région administrative, zone de prélèvement, aquifère, ...)
- Historiques : niveaux, exploitation, qualité
- Données sommaires sur l'usage de l'eau
- Tables de liaison avec le modèle PM5: maillage, relation points d'eau – maillage, valeurs d'alimentation aux mailles
- Dictionnaire de codification
- Les tables utilitaires utilisées par le système pour son fonctionnement.

3.1.1.1 Table « points »

Elle contient toutes les informations relatives à l'identification, et à la localisation des points d'eau.

L'identifiant ou clé primaire de chaque enregistrement est le n° de classement (« NoClas »). Il a été conservé la codification qui existe déjà au sein des pays pour des raisons pratiques. Les risques de doublons sont inexistantes parce que la manière de coder le champ diffère d'un pays à l'autre.

De plus, l'adoption d'une codification spécifique SASS aurait nécessité de renuméroter tous les points d'eau et d'assurer la correspondance code national – code SASS.

Codification en vigueur

ANRH : le code comporte 9 positions alphanumériques ayant le format «A999-99999»

- A999 : représente le n° du carreau dans lequel est situé l'ouvrage dans un quadrillage de 1 grade carré dans le système Lambert Paris. Les ordonnées sont exprimées à l'aide d'une lettre (A à V) et les abscisses en nombres .
- 99999 : est le n° séquentiel du point d'eau dans la grille.

DGRE : le n° IRH, code attribué par le bureau d'inventaire, se présente sur 8 positions numériques au format 99999-99-9

- 99999 : N° chronologique dans la région
- 99 : 00, 01, 02 ou 03 servant à indiquer les remplacements successifs
- 9 : N° de région

GWA : la codification employée est du type *T/2B/0030/0/85*. Ce code se décompose comme suit :

- lettre représentant le lieu où l'autorisation est délivrée (T pour Tripoli par exemple)
- 9A, le code du secteur dans la région
- 9999, étant le n° séquentiel du point d'eau
- 9 prend les valeurs 1 s'il s'agit d'un forage de remplacement, 0 sinon.
- 99 : ces deux derniers chiffres désignent l'année de réalisation.

Les points d'eau ne disposant pas d'identifiant national ont été codifiés au SASS.

3.1.1.1.1 Coordonnées

Les informations de localisation ont été enrichies et mise en cohérence. Deux catégories de coordonnées sont possibles : degrés décimaux et Lambert. Les champs suivants ont été créés pour cela :

- « **Type géo** » : qui peut prendre les valeurs « *D* » si les coordonnées sont exprimées en degrés, « *G* » si elles sont en grades et « *L* » si elles sont données directement en Lambert.
- « **Long_dec** » et « **Latit_dec** » qui contiennent les coordonnées en degrés décimaux. Ces champs sont calculés automatiquement lors de l'entrée des données.
- « **Zone_UTM** » : pour préciser le n° de fuseau UTM (valeur comprise entre 29 et 33).

3.1.1.1.2 Type de point d'eau

Les types suivants ont été répertoriés : forage, source, foggaras, piezomètre, forage artésien, forage pétrolier, sondes à main (DGRE).

Pour les besoins du projet, d'autres types ont été créés : groupe d'exploitation, groupe de foggara.

3.1.1.1.3 Aquifère

Ce champ fait la liaison avec la table « *Aquifer* » et peut contenir les valeurs suivantes :

Tableau 16 : codification des aquifères et numérotation PM5

Code	Nom	Couche_modele
CI	Continental Intercalaire	5
CT	Complexe Terminal	2
GS	Gres superieur	4
IN	Indeterminé	0
TU	Turonien	3

3.1.1.2 Table «*Exploitation*»

Deux champs renferment l'information sur les prélèvements : le débit exprimé en l/s et le volume annuel exprimé en m³/an. La saisie de l'un des deux champs déclenche le calcul automatique de l'autre.

Elle renferme les historiques annuels de prélèvement. A chaque donnée est rattachée la source d'information qui l'a fournie :

Tableau 27 : Liste des différentes sources des historiques de prélèvement

Origine	Signification
ERESS :	Historiques utilisés dans l'étude ERESS
Invent Foggara :	Données issues des inventaires sur les foggaras
Invent. ANRH :	Inventaires réalisés par l'ANR ou par les DHW et contrôlés par l'ANRH
RAB :	Historiques utilisés dans le cadre du projet RAB
SASS :	Données collectées et saisies par l'équipe du SASS
DGRE :	Historiques constitués par la DGRE
GWA :	Informations fournies par la GWA

3.1.1.3 Table « Piezometrie »

Il a été prévu deux champs pour le stockage des données : le niveau statique et le niveau piézométrique. Cette situation a été dictée par le fait que certaines valeurs de n'ont été retrouvées que sous forme de niveaux piézométriques .

En cours de saisie, une seule donnée est saisie, l'autre étant calculée automatiquement quand l'altitude du point d'eau est renseignée.

Comme pour les prélèvements, un champ destiné à contenir l'origine de l'information a été créé :

Tableau 18 : Origines de l'information piézométrique

Origine	
ANNUAIRE PIEZO.	Annuaire piézométriques de la DGRE
ANRH	Données fournies par l'ANRH
ARMINES_ENIT	Historiques de niveaux utilisés dans le cadre de l'étude ARMINES/ENIT
BRL	Etude BRL (1994) : partie libyenne
BRL (1998)	Etude BRL (1998) : partie algérienne
DRE_1981	Historiques constitués par la DGRE
ERESS	Etude ERESS
GEOMATH	Etude GEOMATH (partie libyenne)
GWA	Données fournies par la GWA
RAB	Historiques utilisés dans le cadre du projet RAB
Rapport inédit_DGRE	Recueillies dans des rapports inédits

3.1.1.4 Tables relatives à la géologie

L'organisation des données géologiques se fait au moyen des tables :

- « Ages » qui contient les âges géologiques codifiés comme suit :

Tableau 19 : Contenu de la table des âges géologiques

Age_Cod	Age_descrip
02	Quaternaire
03	Quaternaire Neogene
04	Neogene
05	Neogene Paleogene
06	Palaeogene
07	Cretace
08	Cretace Jurassique
09	Jurassique Triassique
10	Trias
11	Carbonifere
12	Devonien
13	Silurien
14	Ordovicien
15	Ordovicien Cambrien
16	Precambrien

« *Etages* » où sont listés les étages se rapportant à un âge géologique donné.

Tableau 20 : Exemple des étages et formation du néogène

Etage_Cod	Etage_Class	Formation	Age_cod
0400	N	MP	04
0401	N2	MP	04
0402	N1	MP	04
0403	N13	MP	04
0404	N12	MP	04
0405	N11	MP	04
0406	N-Pg	MP	04

- « *formation* » qui représente la dénomination des formations litho-stratigraphiques existantes dans la zone du SASS. A titre d'exemple, voici les étages appartenant au secondaire :

Formation	Designation
SenC	Senonien Carbonifere
SenL	Senonien Lagunaire
Trias	Trias
Tu	Turonien

- « *stratigraphie* » qui contient la description des différentes couches traversées par le sondage.

Un module a été développé pour le transfert automatique des données géologiques issues du logiciel « ROCKWORKS ». Il met à jour l'ensemble des tables concernées par le domaine « Géologie ».

Les données de la table EXCEL créée par ROCKWORKS sont réparties à travers les tables ACCESS prévues à cet effet, comme le montre l'exemple suivant :

ID	X	Y	Z	MP	Em	Ei	Pal	Sen	Sen	Tu	Ce	CIK	LIK	Tria	Palz	Td
Ab 2	-	185	679	679	659	659	659	659	659	659	609	529	-538	-538	-538	-538
Al 1	-	-	440	440	440	440	440	370	370	370	350	327	-251	-251	-251	-351
Aj 1	-	105	540	540	540	540	540	540	540	540	540	468	-658	-758	-758	-758
AMg	-	16	659	659	499	499	499	499	499	499	499	499	169	169	169	169
Arb 1	265	2	175	175	-40	-40	-40	-40	-200	-500	-	-784	-1532	-	-	-
Baa	3	220	430	430	300	300	300	300	130	-70	-	-366	-1225	-	-	-



BAR	283	302	46	46	-	-	-	-	-534	-624	-	-	-2989	-	-	-
-----	-----	-----	----	----	---	---	---	---	------	------	---	---	-------	---	---	---

Noclas	From	To	age_cod	Etage_code	Formation
Ab 2	0	20	06	0613	Em
Ab 2	20	70	07	0710	Cen
Ab 2	70	150	07	0711	CIK
Ab 2	150	1217	08	0801	LIK

Table
Stratigraphie

En plus de la série de lignes concernant la stratigraphie, un enregistrement est créé dans la table « Points ». les champs « Noclas », « X_lamb », « Y_lamb » et « profondeur » sont mis à jour automatiquement par le module de transfert.

3.1.1.5 tables de liaison avec le modèle PM5

La liaison BD – Modèle est prévue par le biais des tables :

- « aquifer » en y incorporant le champ n° de couche PM5
- « Points-maillage » qui contient pour chaque point d'eau son n° de maille
- « Aliment » où figurent les valeurs d'alimentation des aquifères en m3/s au centre des mailles.

Table « Points-maillage »

Elle assure le lien entre le point d'eau et son numéro de maille dans un maillage donné. L'affectation se fait automatiquement par le système, à l'aide d'une procédure qui est développé plus loin, en fonction des coordonnées du point d'eau.

C'est en fait la table qui réalise l'interface entre la BD et le modèle PM5 au moment de la préparation des données d'entrée.

Cette approche, permet une meilleure souplesse dans la gestion et l'actualisation des données car l'information de base n'est plus la maille, mais le point d'eau : un changement de maillage n'affecte en rien ces données de base (information originale). Il devient désormais possible, grâce à cette architecture, de réutiliser l'ensemble des données collectées et mises en forme durant le projet SASS, ce qui n'est pas le cas pour les autres études réalisées jusqu'ici.

Table «*Aliment*»

Cette table a été créée pour contenir les valeurs d'alimentation des aquifères (recharge), car le modèle PM5 ne fait pas la distinction entre prélèvement et recharge (il a besoin de la somme algébrique des deux valeurs).

Sa structure ressemble à celle de la table « *points* », mais ne contient que l'identifiant (qui peut être le n° de maille par exemple), l'aquifère, les coordonnées et la valeur de la recharge en m3/s.

3.1.2 La partie «*programmes*»

Quant à la partie « Programmes », elle regroupe les autres objets ACCESS nécessaire à la gestion et le traitement des données. Un certain nombre d'outils ont été développés pour permettre :

d'entrer des informations, de les visualiser et de les corriger

d'interroger le système pour extraire des tableaux synthétiques et d'analyse croisée, et préparer les traitements de modélisation

de réaliser automatiquement les transformations de coordonnées et de préparer les représentations cartographiques

d'actualiser le système et de mettre en cohérence les informations recueillies par les équipes des pays.

3.1.2.1 Les formulaires de saisie et de modification des données

Pour procéder à la saisie et à la mise à jour des données, un certain nombre de formulaires ont été réalisés. Mais ils n'ont pas été réellement exploités, la totalité des données ayant été transféré par le biais de requêtes. Ils sont néanmoins utiles pour afficher la totalité des données relatives à un point d'eau, réaliser des visualisations graphiques et rechercher des enregistrements répondant à un critère déterminé.

Ils pourront être adaptés et complétés pour une exploitation au niveau des BD nationales.

Un formulaire à plusieurs onglets a été créé pour contenir l'ensemble des informations concernant un point d'eau. Une zone commune comprenant le numéro d'identification et le nom du point d'eau courant (voir annexe 2).

Les avantages fournis par l'usage des formulaires sont multiples :

- saisie des données contrôlées et donc plus fiable
- possibilité d'opérer simultanément sur des informations issues de plusieurs tables en relation (sous formulaires)
- meilleure souplesse offerte par les contrôles (listes déroulantes, boutons, ...)

3.1.2.2 Requêtes

Les requêtes réalisées durant le projet SASS peuvent être classées en quatre catégories :

- de mise à jour des données : de loin les plus nombreuses car elles ont permis de convertir, transférer et organiser les données issues des fichiers existants.
- statistiques et de synthèse utilisées pour le contrôle des données
- spécifiques préparant les traitements pré-modèle et les liens BD - SIG
- de sélection et d'affichage d'informations diverses.

3.1.2.3 Les modules

Les traitements les plus importants concernent les interfaces BD – SIG et BD – PM5 :

- procédure de constitution du fichier « *well.dat* »
- génération automatique du maillage selon les paramètres fournis par l'utilisateur
- synchronisation BD – SIG en cas de modification des coordonnées des points d'eau au niveau de la base de données.
- Affectation automatique de numéros de mailles PM5 à tous les points ayant des coordonnées.

Mais de nombreuses procédures et fonctions ont été développées à l'aide du langage VBA pour exécuter des tâches spécifiques. Elles sont appelées par les formulaires et par les requêtes (voir annexe 2 pour plus de détail):

3.2 Les outils d'analyse de données

3.2.1 Les requêtes statistiques

Tableau 21 : Pourcentage de lacunes pour les champs d'identification - localisation

Champ	Désignation	Valeurs non nulles	Pourcentage de lacunes
NoClas	N° d'identification	5598	25,14%
nom	Nom du point d'eau	7202	3,69%
typ_ouv	Type de point d'eau	7467	0,15%
Aquifere	Code aquifère	7172	4,09%
Pays	Code pays	7469	0,12%
Wilaya	Région administrative	6241	16,54%
long_dec	Longitude en degrés décimaux	6575	12,08%
latit_dec	Latitude en degrés décimaux	6580	12,01%
x_lamb	X Lambert	7061	5,58%
y_lamb	Y Lambert	7061	5,58%
Datfin	Date de réalisation	5192	30,57%
Altitu	Altitude	2651	64,55%
ProInv	Profondeur totale du point	5064	32,28%

3.3 Le logiciel SAGESSE

La constitution de la base de données du SASS a donné lieu à la mise en place d'un nombre considérable d'outils ayant servi à :

- transférer les données mises à disposition par les pays pour le projet,
- introduire des données nouvelles,
- procéder aux vérifications et corrections par formulaires et de façon interactive,
- élaborer des requêtes statistiques et de synthèse permettant de contrôler à tout moment la fiabilité des données recueillies
- réaliser l'interface avec le modèle PM5 et à automatiser ainsi la préparation des données pour ce dernier.
- Assurer les connections BD – SIG à travers les fonctions spécifiques.

Ces outils développés dans l'environnement ACCESS au fur et à mesure que se sont constitués les contenus la base de données, ont été regroupés au sein d'un package unique baptisé « **SAGESSE** » (**S**ystème d'**A**ide à la **G**estion des **E**aux du **S**ahara **S**eptentrional).

L'idée d'élaborer un tel package répond au souhait de mettre en place progressivement un dispositif permanent de recueil et de gestion des informations relatives au bassin du SASS. En effet « **SAGESSE** » comporte tous les éléments de base pour constituer un véritable tableau de bord pour le suivi de l'exploitation des eaux du bassin.

Destiné principalement aux utilisateurs du SASS (décideurs, équipe chargée du modèle numérique, administrateur de la BD..), SAGESSE est conçu comme un explorateur qui affiche les informations recueillies durant le projet sous forme tabulaire ou géographique. Le basculement entre ces deux modes ainsi que le contrôle des couches SIG se font sur simple click et ce, sans quitter l'environnement ACCESS.

Il a été réalisé pour regrouper et valoriser l'ensemble des travaux réalisés dans le domaine de l'organisation et de la gestion des données recueillies et les traitements divers ayant été développés dans le cadre du projet.

Ce produit, qui au départ avait pour seul objectif l'interfaçage avec le modèle PM5, a été enrichi et progressivement transformé en un véritable instrument de gestion qui peut être précieux aussi bien pour les pays que pour la structure de concertation qui serait mise en place.

3.3.1 Caractéristiques générales

SAGESSE a été élaboré pour les opérations de consultation et de mise à jour des données, de préparation des entrées pour le modèle PM5 et également pour visualiser des tableaux synthétiques.

Son architecture ouverte permet l'exploration guidée par le logiciel et la possibilité de développer des requêtes et traitements supplémentaires non prévus et ce directement sous l'environnement ACCESS.

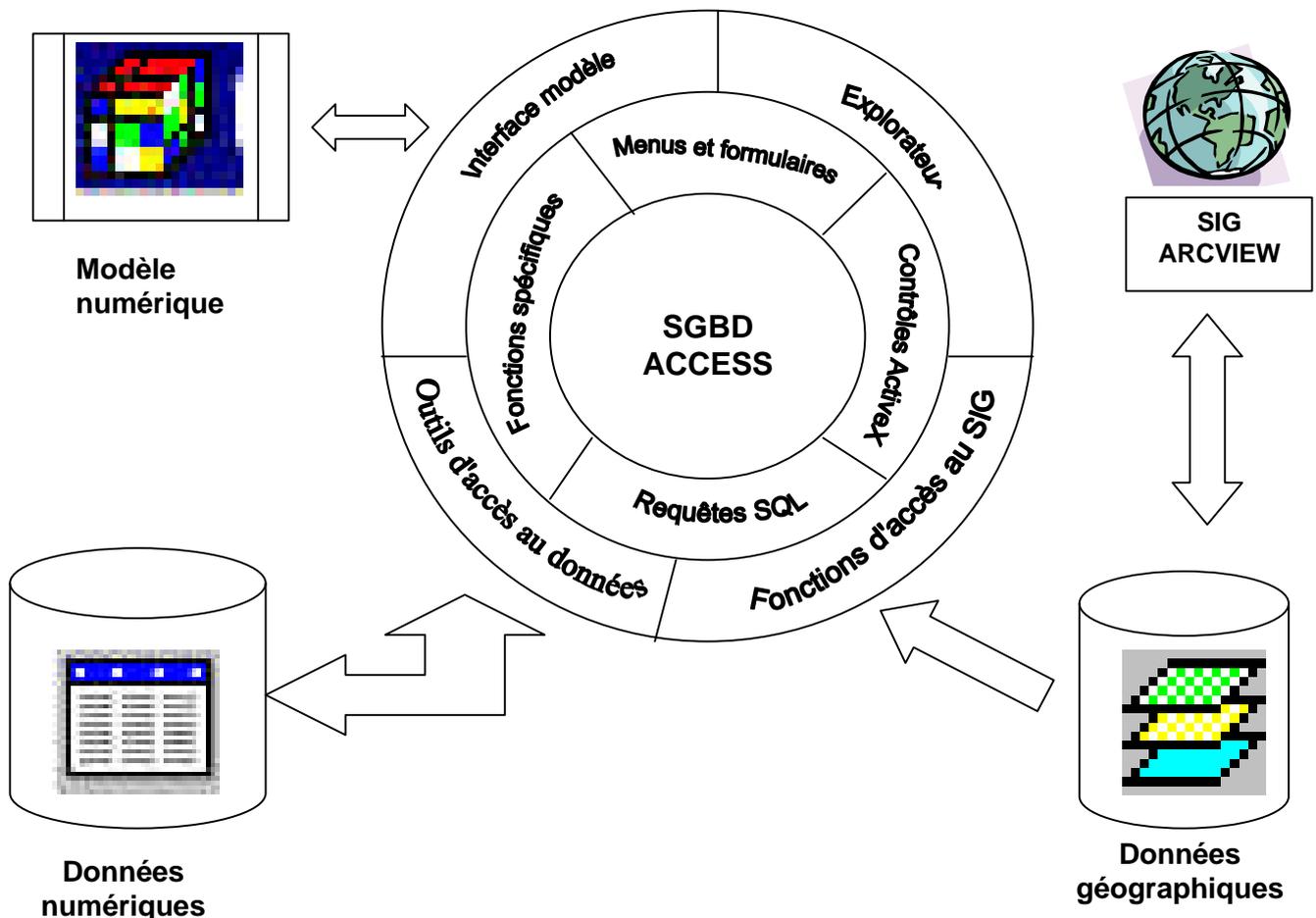
Parmi les fonctionnalités innovantes du système, on peut citer :

- Les informations nécessaires au modèle numérique proviennent directement de la base de données : ce qui offre les avantages suivants :
 - les données collectées sont réutilisables pour les études d'actualisation futures,
 - Le système développé est utilisé aussi bien pour la modélisation (but principal) que pour satisfaire les besoins des décideurs : statistiques, tableaux synthétiques, cartes thématiques.
 - l'utilisateur n'aura pas à se soucier du format des fichiers d'entrée pour le logiciel « modèle », ni de celui des résultats => moins de dépendance vis à vis des logiciels de modélisation.
 - les informations ne sont pas introduites par maille, mais par point d'eau : ce qui garantit une meilleure souplesse. Le maillage est dynamique.

- Le SIG s'intègre judicieusement avec la base de données permettant ainsi :
 - des visualisations cartographiques des thèmes essentiels sans quitter ACCESS,
 - une mise à jour automatique de la couche « point d'eau » à chaque fois que les coordonnées sont modifiées ou après introduction de points d'eau nouveaux,
 - l'affectation automatique, par requête spatiale, d'un numéro de maille aux points d'eau.

3.3.2 Structure du système

C'est un système ouvert et évolutif élaboré à l'aide d'outils standards sous l'environnement ACCESS : composants ACTIVEX développés par Microsoft et ESRI, langage de programmation VBA. Ceci offre les avantages d'une administration non coûteuse du système et d'une maintenance évolutive et corrective relativement aisée.



Autour des noyaux constitués par le SGBD, un certain nombre de développements ont été réalisés à l'aide du langage VBA et grâce à des composants dédiés (boîtes de dialogue, fonctions d'accès au SIG,).

Ces fonctions permettent essentiellement :

- d'accéder aux fonctionnalités du SIG sans charger ce dernier pour effectuer la plupart des opérations de visualisation cartographiques.
- d'explorer le contenu de la BD avec des clés d'entrée diverses
- de préparer de façon aisée les données nécessaires au modèle

L'interface graphique est composée d'un formulaire principal de consultation qui sert également de menu général, qui permet d'accéder aux autres fenêtres :

- formulaire « *données générales* » pour saisir et corriger les données
- formulaires : « *graphiques Exploitation* », « *graphique piézométrie* » et « *graphique résidu sec* »
- fenêtre de préparation des données pour le modèle PM5 ou Wingép

Le Formulaire « **principal** » qui s'exécute automatiquement au démarrage sert à guider l'utilisateur dans l'exploration de la BD. La visualisation peut être numérique ou géographique.

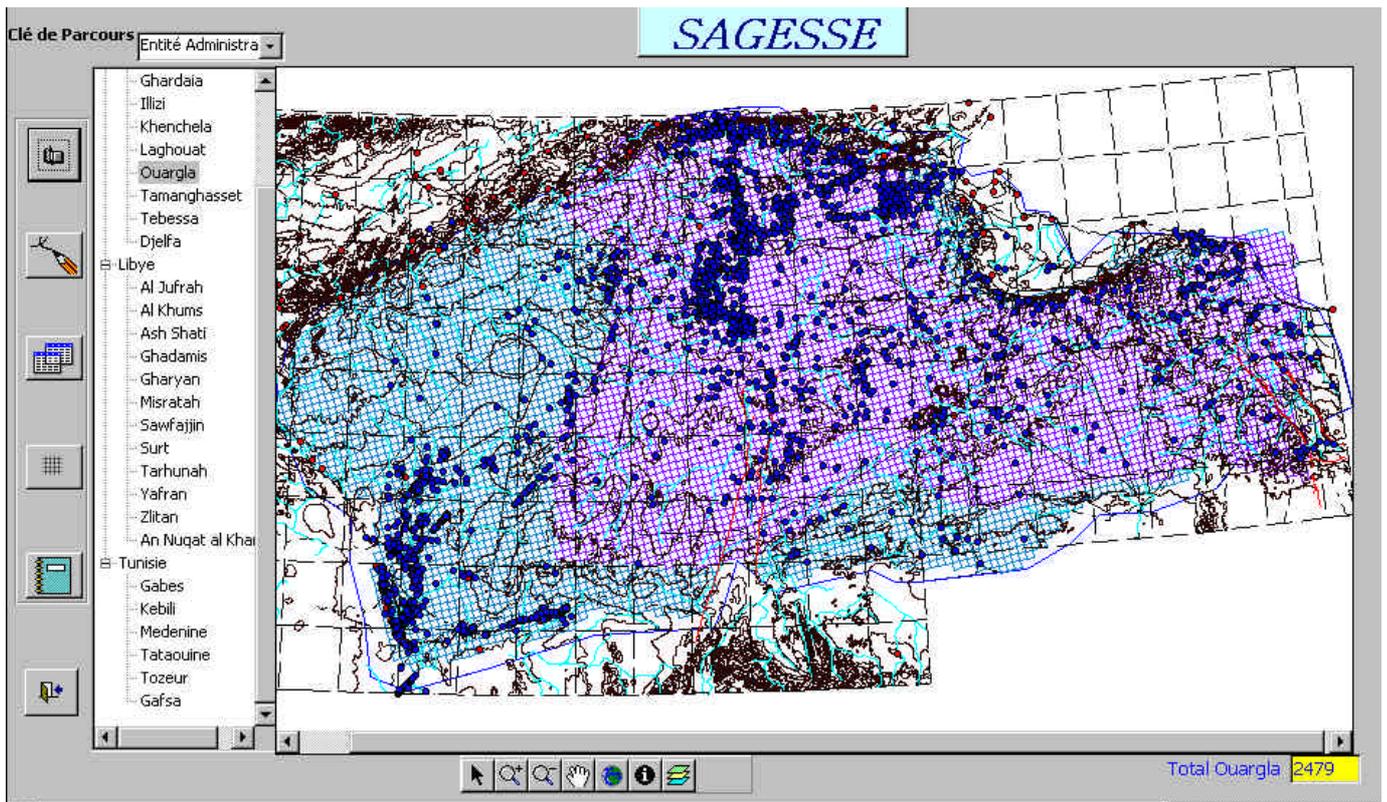
Formulaire principal

ID	Couche	Nom	Type	Longitude	Latitude	Altitude	Profond.	Stat.	Date For.
000000	general		Forage				1171	<input type="checkbox"/>	01/01/50
0060003	FERRELIET 2		Forage	442760.58	13773403	463.2	150	<input type="checkbox"/>	18/03/93
0070003	DAKLET G.		Forage	502037.01	25551110	600	100.2	<input type="checkbox"/>	01/05/54
0070005	OUED MEHA		Forage	305730.50	62501145		150	<input type="checkbox"/>	01/01/56
0070008	OUED MEHA		Forage	500125	2500260		1639.7	<input type="checkbox"/>	01/01/55
0070009	ERG EL ANN		Forage	501635.32	24502745		1650	<input type="checkbox"/>	01/01/55
0070010	BELTHT		Forage	476720.12	20948075	630	201.2	<input type="checkbox"/>	17/04/62
0070019	ERG EL ANN		Forage	501724.74	25004393	682	250.5	<input type="checkbox"/>	01/05/57
0070020	ERG EL ANN		Forage	506056.22	20426463	707	290	<input type="checkbox"/>	20/01/57
0070024	HASSI FIMEL		Forage	515856.91	24713747	720	90	<input type="checkbox"/>	01/01/77
0070052	HASSI GARA		Forage	515856.21	1178.07773		220	<input type="checkbox"/>	01/01/94
0080005	AIN LEBAU		Forage	591362.91	21016333	499.27	440	<input type="checkbox"/>	12/12/37
0080019	DEL ATEUF		Forage	588000.73	20780251	452.72	450	<input type="checkbox"/>	15/12/56
0080020	BENI OUBIE		Forage	590209.06	20572210	497	435	<input type="checkbox"/>	26/11/49
0080021	F DE MELIC		Forage	542355.65	20459479	404.25	435	<input type="checkbox"/>	01/02/92
0080022	BERRIAME 3		Forage	600643.63	25465634		3000	<input type="checkbox"/>	01/01/52
0080023	NIERI EL B		Forage	600694.76	24565734	390	150.1	<input type="checkbox"/>	01/01/55
0080024	ABEN DE		Forage	588078.22	21063485	512.1	400	<input type="checkbox"/>	01/07/56
0080025	BERRIAME 1		Forage	600910.00	24572085		505	<input type="checkbox"/>	01/01/52
0080027	TOUZOUZ 1		Forage	587688.83	21262591	522.3	320	<input type="checkbox"/>	20/03/57
0080030	N 7 DIT BOU		Forage	594332.31	21030809	489.21	380	<input type="checkbox"/>	15/03/57
0080031	BENI ZEBUE		Forage	591334.61	20757525	575	340	<input type="checkbox"/>	20/05/58
0080034	BOU HARAO		Forage	592419.75	21198885	488.48	437	<input type="checkbox"/>	02/05/59
0080035	BERRIAME 2		Forage	592220.62	24270380	520	444	<input type="checkbox"/>	01/01/52
0080036	BEN SEMMFA		Forage	591139.62	21170107	507.1	371	<input type="checkbox"/>	15/05/60
0080084	SIDI ABEZE 1		Forage	593973.38	21015715			<input type="checkbox"/>	
0080101	AIN LEBAU		Forage	591258.32	21065593	501	416.4	<input type="checkbox"/>	20/11/58
0080104	BENI SOUE		Forage	594200.49	20525000	495.7	401	<input type="checkbox"/>	11/10/60
0080112	MELHA 3 G.		Forage	592556.63	20814262	494	490	<input type="checkbox"/>	01/01/58
0080114	EL ATEUF 2		Forage	597505.36	20936009	464.39	423.2	<input type="checkbox"/>	21/01/63
0080118	DAYA BEN D		Forage	584150.37	21672017	531.15	465.7	<input type="checkbox"/>	12/02/65
0080119	BELLOUH		Forage	583388.75	24770889	536	545.8	<input type="checkbox"/>	01/01/66
0080120	F OUAETH		Forage	501624.72	21359411	575.7	540.7	<input type="checkbox"/>	26/11/55

La fenêtre d'exploration des données est en même temps un menu principal à partir duquel on accède à toutes les fonctionnalités du logiciel. L'exploration tabulaire se fait, pour le moment, de deux manières: par entité administrative (pays, wilaya) et par aquifère (couche et type de point d'eau) ; mais Il est possible d'ajouter d'autres clés de sélection ou de développer davantage les clés existantes (exemple : ajout du niveau « *commune* » à la clé « *wilaya* »)

Le bouton  permet de basculer au mode géographique qui affiche une fenêtre carte contenant les couches principales du SIG.

Visualisation de la fenêtre carte



les boutons correspondants aux tâches les plus courantes du SIG ont été incorporés : zoom, Pan, contrôle des couches et possibilité d'accéder aux informations d'un point d'eau à l'aide du bouton « **info** »  après avoir zoomé suffisamment.

La sélection géographique et l'accès aux informations de la BD ne ciblent pour le moment que les points d'eau : seule couche active de la fenêtre carte. Les traitements cartographiques plus élaborés doivent se faire sous ARCVIEW.

Le bouton  permet de contrôler les couches chargées : visibilité ou pas, couleur, affichage ou non de labels.

Couches principales du SIG

SAGESSE utilise pour l'affichage cartographique une partie des fichiers SHP constitués dans le cadre du projet.

- le fond topographique : courbes de niveau, agglomérations principales, réseau hydrographique
- les limites administratives
- les couches représentant les maillages des différentes couches du modèle
- les points d'eau en parfaite synchronisation avec la base de données

3.3.3 Fonctionnalités du logiciel

3.3.3.1 avigation et consultation des données

L'explorateur est un moyen souple et convivial de visualisation des données. Le basculement entre le mode numérique et géographique constitue une facilité supplémentaire pour les utilisateurs.

Plusieurs critères de parcours des données sont disponibles : par région administrative, par aquifère, par type de points d'eau. D'autres clés peuvent être intégrées moyennant de légères modifications dans les formulaires.

3.3.3.2 Edition des données et contrôles

La mise à jour des données se fait à l'aide d'interfaces adaptées qui facilitent la procédure de saisie. Les champs importants sont contrôlés et le système n'accepte que des informations valides.

La structure relationnelle rejette toutes les données qui ne répondent pas aux critères de cohérence

Les tâches d'adaptation à d'autres besoins sont possibles : ajout de champs dans les formulaires, contrôles spécifiques sur les données, incorporation d'autres formulaires.

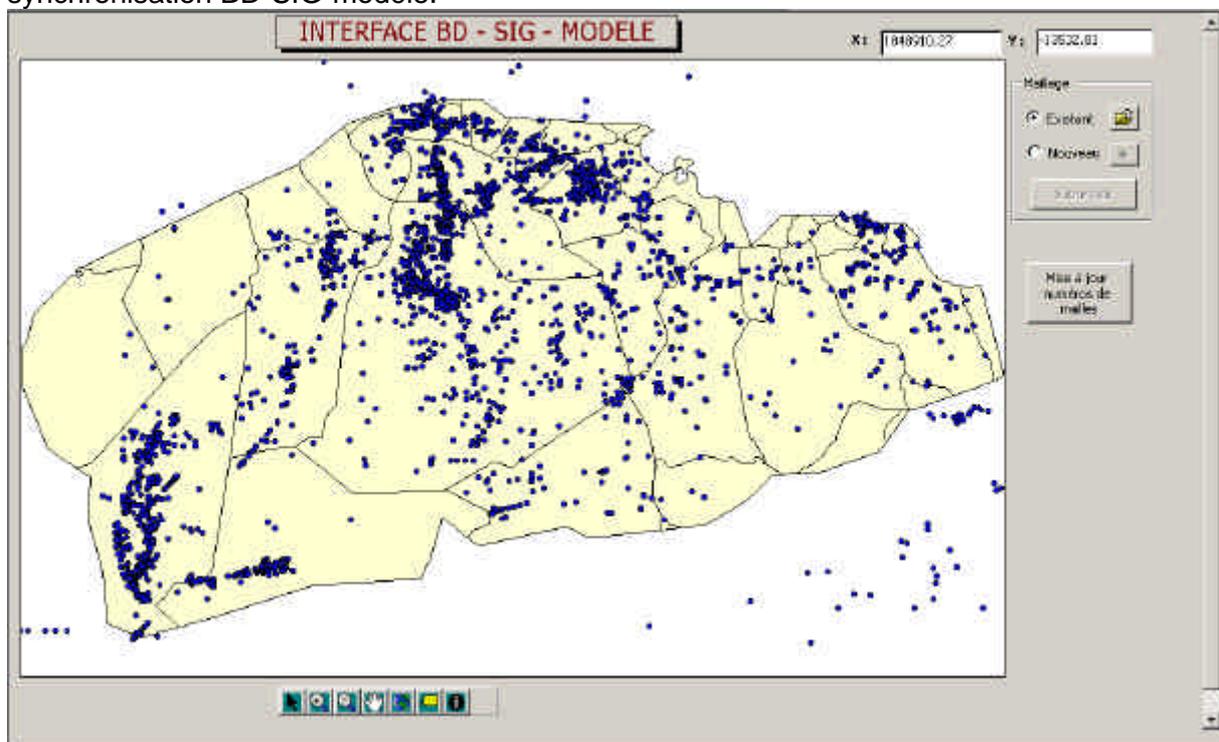
3.3.3.3 liens BD-SIG-modèle

Une des innovations du projet SASS est de ne pas considérer la maille comme l'entité élémentaire d'entrée des données pour le modèle numérique. C'est au point d'eau que sont rattachées les informations quantitatives de prélèvement, de piézométrie, ... et c'est à ce niveau que l'utilisateur effectue les modifications. Les regroupements et totaux par maille, sont quant à eux, réalisés au moyen de requêtes exécutées automatiquement lors de la préparation des données pour le modèle.

Ainsi, les changements au niveau des paramètres du maillage ne constituent plus une contrainte.

Cette vision permet une meilleure souplesse mais exige qu'une connexion permanente soit établie entre la base de données et le SIG pour que toute modification sur les points d'eau se répercutent immédiatement et de façon transparente au niveau des données par maille.

Un formulaire a été élaboré pour réaliser ces opérations de connexion et pour assurer la synchronisation BD-SIG-modèle.



A partir de ce formulaire trois tâches fondamentales peuvent être lancées par l'utilisateur :

- génération d'un maillage pour le modèle
- affectation automatique d'un numéro de maille à tous les points d'eau comportant des coordonnées Lambert
- synchronisation permanente BD – SIG afin de garder la cohérence entre la table « *points* » et la couche SIG correspondante.

3.3.3.3.1 *génération automatique du maillage*

Le premier traitement consiste à générer un maillage adapté au modèle PM5 et suffisamment paramétré pour fournir plus de souplesse à l'utilisateur.

Un module a été développé dans SAGESSE pour fabriquer un maillage régulier avec les paramètres suivants : taille de la maille en mètres, nombre de mailles en X et en Y, Origine du point de départ, angle d'orientation :

Ce maillage peut ou non être circonscrit dans un polygone représentant les limites d'une zone (extension du CI par exemple). Une fois créé, ce maillage est enregistré en tant que couche SIG au format SHP. Ceci permet l'élaboration des requêtes diverses par maille et facilite le transfert des données vers le modèle PM5.

Formulaire d'entrée des paramètres du maillage

param_maillage : Formulaire

Saisie des paramètres du maillage

X origine : 199627.734 Y origine: -571752.875

Nombre de mailles ex X : 140 Nombre de mailles ex Y : 72

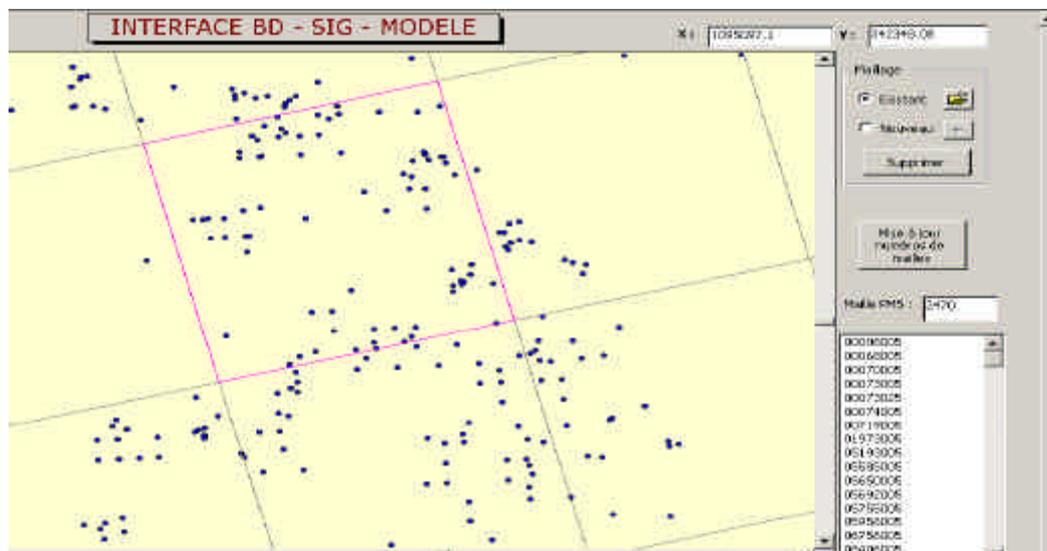
Angle en ° : 14.973 Taille des mailles en mètres : 12500

Limites du maillage : [dropdown]

Nom du fichier SHP : [text field] [file icon]

Lancer Annuler

Une fois créée, il est possible de charger la grille sur la fenêtre carte et de procéder à des visualisations par maille :



En sélectionnant une maille, cette dernière est mise en évidence et on peut par exemple lister tous les points d'eau qu'elle contient.

La sélection d'un point quelconque dans la liste produit le fait apparaître dans une autre couleur au sein de la fenêtre carte pour le mettre en relief.

3.3.3.3.2 Affectation d'un numéro de maille aux points d'eau

Le lien BD – modèle se fait par l'affectation à l'aide d'une procédure VBA, d'un numéro de maille à chaque point d'eau dans le maillage considéré. Ces valeurs sont mises à jour automatiquement au sein de la base de données.

Cette opération est nécessaire à chaque fois qu'une mise à jour les numéros de maille s'impose, c'est-à-dire après les événements ci-après :

- modifications au niveau des coordonnées des points d'eau
- ajout de nouveaux points d'eau
- création d'un nouveau maillage ou modification des paramètres d'un maillage donné.

La procédure est lancée en cliquant sur le bouton



3.3.3.3.3 Préparation des fichiers PM5

Cette opération se base :

- sur des requêtes ACCESS mettant en jeu les tables « *points* », « *exploitation* » / « *piézométrie* », « *maillage* »
- des fonctions écrites en VBA qui transcrivent ces requêtes dans le format exigé par PM5.

Plusieurs fichiers sont ainsi générés couvrant les besoins de l'équipe chargée du modèle numérique:

- Somme des prélèvements par maille
- Forages témoins pour la piézométrie
- Observations de niveaux piézométriques en certains points.

Les procédures de récupération des résultats et leur stockage dans la BD ou le SIG sont également possibles. Celles-ci vont permettre de dresser les différentes cartes de paramètres hydrauliques calculés par le modèle.

3.3.3.4 Explorateur de requêtes

Un nombre important de requêtes et de traitements synthétiques, ayant été réalisés durant le projet, ont fait l'objet d'un regroupement au sein d'un explorateur de requêtes pour permettre leur utilisation aisée. Comme le montre l'image suivante :

	Pays	origine	Nombre
Relation prelevements p	A	ANRH	1803
synthese exploitation pa	A	BRL (1998)	22
Volumes par usage et p	A	ERESS	122
Requetes de synthese	A	RAB	28
Exploitation according to	L	BRL	45
Forages dont age est su	L	BRL (1998)	1
Forages par classes de	L	ERESS	1
Statistiques points d'eau	L	GEOMATH	119
Nombre de points par f	L	GWA	26
Nombre de mesures exp	T	ANNUAIRE PIEZO	171
Nombre de mesures piezo par origine	T	ARMINES_ENIT	131
Nombre de mesures pie:	T	DRE_1981	94
Nombre de points par pe	T	ERESS	4
Nombre de points par tr	T	RAB	5
Nombre de points par ty	T	Rapport inédit_DGRE	232
Nombre par aquifere et j			
Nombre par aquifere et i			
mesures piezo avant 81			
Piezomètres par maille			
points avec exp en 200			

Il est possible d'incorporer d'autres requêtes au sein de cet explorateur : seuls les administrateurs sont habilités à réaliser ces ajouts.

3.3.3.5 Conversion des coordonnées

Lors de la saisie des données, le système calcule automatiquement les coordonnées en degrés décimaux.

La conversion en Lambert se fait par un utilitaire développé dans le cadre du projet SASS à l'aide du langage « Avenue »

Cette extension effectue directement sur la table « Points » la conversion en Lambert des coordonnées géographiques et met automatiquement à jour les champs correspondants.

2^E PARTIE

ANALYSE ET SYNTHÈSE DES INFORMATIONS COLLECTÉES DANS LE CADRE DU SASS

4. DONNEES DISPONIBLES REUNIES PAR LE PROJET ET DONNEES COMPLEMENTAIRES RECOLTEES

Une masse considérable d'informations concernant la zone du SASS est sensée être disponible vu le nombre d'études réalisées depuis 1970. Mais cette information est en réalité très fragmentaire et donc pas exploitable sans mise en forme et traitements préalables. Cette situation est due à divers facteurs :

- souvent les données réunies durant ces études ne sont pas mémorisées et se trouvent dispersées dans les rapports
- les bases de données n'ont pas été suffisamment bien conçues pour prendre en charge les traitements de modélisation
- les informations originales par point d'eau sont difficiles à retrouver car toutes les données étaient exprimées par maille

4.1 Organisation de la collecte des données

Deux sources principales ont été utilisées pour la collecte de données :

- fichiers existants au niveau des pays énumérés plus haut
- informations provenant des études antérieures et se trouvant sur des fichiers EXCEL ou sur support papier

Pour le premier groupe, des requêtes et procédures automatiques ont été utilisées pour les importer dans la BD. Une saisie manuelle a été effectuée pour le deuxième groupe.

Dans les deux cas des procédures ont été développées pour la mise en forme, le contrôle et l'intégration dans la base commune.

La diversité des sources d'informations et l'opération de transfert dans la base de données ont nécessité un travail important de vérification, de correction et d'homogénéisation afin de rendre ces données exploitables.

L'opération de collecte s'est effectuée en deux étapes pour ce qui concerne les données disponibles au niveau des trois pays. La première phase a été l'occasion de mettre au point les procédures de mise à jour par requêtes. La deuxième phase est surtout qualitative puisque faisant suite aux résultats de l'opération d'analyse de données et de détection des anomalies.

4.1.1 Collecte initiale

Cette procédure entamée avant la mise en place des interfaces d'entrée des données sous ACCESS, a permis d'activer l'opération de mise en place des contenus de la BD. Mais en contrepartie, une étape d'analyse et de validation a été nécessaire afin de détecter et de corriger les erreurs éventuelles engendrées par la diversité des sources de collecte et l'absence de contrôles au moment de la saisie.

4.1.1.1 Fichiers ANRH

Trois types de données ont été transmises par l'ANRH et ce pour les deux aquifères principaux (CI et CT) :

- Caractéristiques des points d'eau : un fichier EXCEL par aquifère
- Données d'inventaires et historiques de débits
- Historiques piézométriques.

Tableau 22 : liste des fichiers fournis par l'ANRH

Nom du Fichier	Description	Nombre de lignes
Forage ci unique	Caractéristiques des points d'eau du CI	898
Forage ct unique	Caractéristiques des points d'eau du CT	1750
Ciunique	Inventaires réalisés dans le CI	1830
Ctunique	Inventaires réalisés dans le CT	1900
Fic1piezCI	Historique Piézométrique dans le CI	1320
Fic1piezCT	Historique Piézométrique dans le CT	2296

i) Caractéristiques des points d'eau :

Ce fichier contient, en plus des informations sur l'identification des points d'eau, les données sur les captages et les analyses chimiques.

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table ACCESS de destination
Wilaya	Wilaya où se situe le point d'eau	Standardisation des noms	Points
Aquifère	CT ou CI		
NOCLAS	N° de classification des points d'eau	Standardisation du format des représentations « L999-99999 »	
LOG	Existence des LOG (oui ou non)		
DATFIN	Date de fin de réalisation	Conversions en type date	
LONGIT	Longitude au format texte exprimée en deg. Min sec	Correction des séparateurs degrés, minutes, secondes	
LATITU	Idem	Idem	
ALTITU	Altitude du point d'eau	Suppression des caractères non numériques	
PROINV	Profondeur totale en m	Suppression des caractères non numériques	
DEBEXP	Débit d'exploitation en l/s		
ANEXPL	Année de la mesure de ce débit d'exploitation	Conversion en date	
NIVREP	Niveau statique		
NIVREP	Niveaux corrigés tenant compte du signe (artésianisme)	Transformation en valeurs	
DATPOM	Date de l'essai de pompage		Paramètres hydrodynamiques
débit (l/s)	Débit de l'essai	Suppression des caractères autres que numériques	
rabattement	Rabattement		
TR(m2/s)	Transmissivité ou perméabilité	Correction manuelle	

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table ACCESS de destination
	Coefficient d'emmagasinement	Très peu de données	
RS(mg/l)	Résidu sec	Conversion en numérique	Qualité
ANMESUR	Année de mesure du résidu/sec	Transformation en date	
ca			
mg			
k			
na			
cl			
so4			
co3			
co2			
ph			
temp°C			
date	Date de l'analyse chimique		
haut crépinée	Hauteurs crépinées (début et fin en m)	Unification des séparateurs, puis extraction des différentes couches et conversion des profondeurs en numérique.	Captage
Formation captée	Nom de la formation captée	Attribution d'un nom identique à la même formation	
DEBPOM	Débit nominal		Exploitation
DEBEXP	Débit d'exploitation en l/s		
ANEXPL	Année de la mesure de ce débit d'exploitation	Conversion en date	

La première étape a consisté à importer ces deux fichiers « Forages CI » et « forages CT » en vue de constituer une table des points d'eau ayant un identifiant unique transcrit de la même façon.

Une fois importé dans ACCESS, plusieurs requêtes « mise à jour » ont du être écrites et notamment pour:

- éclater les colonnes LONGIT et LATITU, après leur transformation en numérique, en trois rubriques (degrés, minutes et secondes). Ces trois attributs serviront pour le calcul des coordonnées en degrés décimaux puis en Lambert (liens avec le SIG).
- Ajouter des champs supplémentaires du fait que la table contiendra les données issues des trois pays (pays, type de coordonnées, Est ou Ouest) et attribution automatique de valeurs à ces champs.

ii) **Fichiers inventaires :**

Ces fichiers constituent un complément pour la table des points d'eau et contiennent les historiques de débits pour la période 1982-2000. Un traitement particulier a été effectué sur ces fichiers :

- traitement similaires au fichier « caractéristiques »

- reconstitution des numéros de classement quand ceci est possible
- comparaison avec le fichier des points d'eau (recherche de correspondance pour éviter les doublons).

Ce troisième point est particulièrement complexe car de nombreux points inventoriés n'ont ni nom, ni n° de classement, ni coordonnées. Une liste de ces forages a été transmise à l'ANRH. Quand une de ces rubriques existe, un rapprochement a été effectué avec la table « *points* ».

La structure du fichier est la suivante :

Tableau 23 : structure des fichiers d'inventaire

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table destination
Nom	Nom du point d'eau		Points
N° BIRH	N° de classement	Standardisation du format	
Année de Réalisation	Année ou date de réalisation	Conversion en date (si année seulement compléter mois et jour par « 01/01/ »)	
Nappe	CI ou CT		
Région	Wilaya ou « foggara »	Supprimer « foggara ». ces valeurs sont mises dans une colonne « type_ouv »	
WILAYA	Nom de la wilaya	Uniformisation des noms	
Longitude(géo)	Longitude (deg-min-sec)	Arranger séparateurs	
Latitude(géo)	Latitude (deg-min-sec)	idem	
Longitude(déc)		Ignoré (ne tient pas compte des longitudes négatives)	
Latitude(déc))		ignoré	
Altitude	Altitude		
Profondeur	Profondeur		
Débit initial	Débit initial (à la date de réalisation)	Conversion en numérique et en volume annuel	
Débit actuel	Débit actuel (année d'inventaire)	Idem	
Année d'inventaire	Année ou période d'inventaire	Si période comprenant début et fin, extraire l'année fin. Conversion en numérique	
Source d'inventaire	Organisme ayant réalisé l'inventaire		
1982	Débit de l'année 1982 en l/s	Conversion en volume annuel	
...	...		
2000	Débit de l'année 2000 en l/s		
Niveau statique	Niveau statique	Niveau statique relevé	Piezométrie
Année d'inventaire			
Heures	Nombre d'heures de pompage		néant
Jours	Jours		
mois	Mois		
Débit annuel saisi	Volume annuel saisi sur le terrain		
Débit annuel calculé	volume annuel calculé en utilisant les colonnes heures, jours et mois		
Diff. de débit (saisi- calculé)	Ecart saisi - calculé		
Débit fictif continue	Volume ramené en l/s		
Etat du forage	Etat du forage	N'a pas été importé (a servi pour reconstituer l'historique)	

Cette troisième partie du tableau n'a pas été traitée et le sera dans la base de données propre à ANRH. Seuls les résultats issus de ces rubriques et constitués par les colonnes « 1982 » à « 2000 » ont été exploités car au niveau du SASS, le niveau annuel est amplement suffisant.

L'importation de ces fichiers « *inventaires* » s'est réalisée en plusieurs étapes, la première étape a consisté en la recherche de correspondance avec la table « *points* » et transfert des données vers cette dernière et ce, selon la règle suivante :

- si le point d'eau existe dans les deux fichiers (n° de classement identique) : les informations du fichier « *inventaire* » mettent à jour les données de la table « *Points SASS* »
- si le point d'eau n'a pas de n° d'inventaire :
 - a) soit il y a correspondance au niveau du nom et dans ce cas le n° est extrait de la table point d'eau et la règle (a) est appliquée
 - b) soit le nom n'existe pas et un numéro fictif de classement est attribué au point d'eau. L'enregistrement est ensuite ajouté à la table « *point* ». C'est un nouveau point d'eau.

Cette règle risque tout de même d'engendrer des doublons car ne tenant pas compte de la comparaison des coordonnées, mais il a été privilégié le risque de doublons par rapport au risque de perte d'informations. De plus, les coordonnées ne sont pas toujours exactes du fait de leur transformation préalable du Lambert ou UTM vers les degrés. Une vérification systématique par l'ANRH est prévue pour épurer la base de données et éliminer les points d'eau redondants.

Ensuite, l'importation des données sous ACCESS a été effectuée dans les trois tables concernées, à savoir :

- « *points* » pour les informations d'identification – localisation
- « *exploitation* » en ce qui concerne les historiques. Ces historiques regroupent les débits initiaux, les débits relevés lors de l'inventaire et la série reconstituée par l'équipe de l'ANRH (1982-2000).
- « *piézométrie* » dans laquelle a été ajoutée la valeur de la colonne « niveau statique », l'année de cette mesure étant l'année d'inventaire.

iii) Fichiers « piézométrie »

Ils ont pratiquement la même structure que les fichiers d'inventaire. Il a été procédé à la comparaison des valeurs piézométriques contenues dans ce fichier avec celles du fichier « *caractéristiques* », qui se trouvent être identiques. Les seules valeurs transférées sont celles des forages « *Sonatrach* ».

4.1.1.2 Fichiers DGRE

Trois types de fichiers ont été communiqués par la DGRE. Ces fichiers sont tous au format DBASE et leur structure est homogène :

i) Caractéristiques des points d'eau

Fichiers d'identification – localisation des points d'eau situés dans les gouvernorats de Tozeur, Kebili, Gabes et Tataouine. Ces fichiers ont la structure suivante :

Tableau 24 : Structure des fichiers DGRE

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table destination
NIRH	N° d'identification	Arrangement au format fixe à 8 caractères numériques	Points
NOM	Nom du point d'eau		
NAPPE	Nom de la nappe		
LATI	Latitude en grades	Uniformisation des séparateurs	
LONG	Longitude en grades	Idem	
ALTI	Altitude en m		
DATDEB	Date de début des travaux	Transformation en type date	
DATFIN	Date de fin de réalisation	Idem	
PROF	Profondeur		
ARRONDIS	N° d'arrondissement	Libellé au lieu du n°	
FORMCAPT	Formation captée		Captages
COT_DEB	Côte début en m		
COT_FIN	Côte fin en m		
DATE	Date de l'essai		Paramètres hydrodynamiques
DEBIT	Débit de l'essai		
RABAT	Rabattement		
NS	Niveau statique		
RS	Résidu sec	Conversion en mg/l dans le fichier Tozeur	Qualité

L'importation de ces fichiers s'est effectuée après création des rubriques communes et homogénéisation avec le fichier des points d'eau issu des données ANRH.

- création des rubriques communes (pays, aquifère (CI ou CT), type de coordonnées) et mise à jour des valeurs correspondantes
- extraction des attributs grades, minutes et secondes et calcul des degrés décimaux (après conversion et application du coefficient correcteur **2,5969213** pour les longitudes correspondant à la longitude de Paris par rapport à Greenwich)
- mise en forme des champs « date »

Le champ « *DATFIN* » a été reconstitué comme suit quand il n'est pas renseigné :

- égal à « *DATDEB* » si celui-ci existe
- égal à *DATE* (date de l'essai)

ii) Fichiers « exploitation »

Ce sont des fichiers au format Dbase pour Tozeur et Kébili et EXCEL pour Gabès – Tataouine. Leur structure est la suivante :

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table destination
NIRH	N° d'identification	Le n° a été arrangé par la DGRE	Exploitation
NOM	Nom du point d'eau		
NAPPE	Nom de la nappe		
Q_1982	Volume en 1982 (m3)		
...	...		
Q_1999	Volume en 1999 (m3)		

iii) Fichiers « piézométrie »

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table destination
NIRH	N° d'identification	Le n° a été arrangé par la DGRE	Piézométrie
NOM	Nom du point d'eau		
TN	Côte du terrain naturel		
NS_1982	niveau en 1982 (m)		
NS_1999	niveau en 1999 (m)		

4.1.1.3 Fichiers GWA

La GWA a transmis au SASS un fichier EXCEL comportant les caractéristiques de 168 forages. Ce fichier ne comporte pas d'anomalies et n'a donc pas subi de traitements importants à l'exception des points qui n'ont pas d'identifiant et pour lesquels il a été attribué un n° fictif de classement.

Le fichier contient les colonnes suivantes :

Colonne	Signification	Traitements effectués	Table destination
well no	Identification du point		Points
Other_no	Deuxième identifiant		
location	Localité		
xd	degrés		
xm	Minutes		
xs	Secondes		
Long_dec	Longitude en degrés décimaux		
Yd	Degrés latitude		
Ym	Minutes		
Ys	Secondes		
Lat_dec	Latitude en degrés décimaux		

T.D	Profondeur		
G.L (m.a.s.l)	Altitude		
Compl. Date	Date de réalisation	Uniformisation et conversion	
Tapped from	Profondeur début du captage	Ajout de séparateurs et standardisation	Captage
Tapped To	Profondeur fin du captage		
S.W.L	Niveau statique		Paramètres hydrodynamiques
Yield	débit		
D.D	rabattement		
Tp	Transmissivité en descente		
Tr	Transmissivité en remontée		
T.D.S	Résidu sec		Qualité
T	Température		

Il manque deux champs importants : l'aquifère (CI ou CT) et la région administrative où est situé le forage. Le champ aquifère a été rempli manuellement à l'aide du formulaire. Quant au champ Wilaya, il a été reconstitué à l'aide du SIG pour les points ayant des coordonnées.

4.1.2 Compléments parvenus en mars 2001

4.1.2.1 Fichiers ANRH

Les modifications suivantes ont été opérées suite aux recommandations de l'expert chargé du modèle :

- vérification des données de prélèvement qui après simulations se sont avérées aberrantes par endroit. Il faut souligner que ces valeurs ont été reconstituées par l'équipe ANRH puisque issues d'inventaires imprécis.
- Elimination de doublons engendrés par des inventaires réalisés aux mêmes endroits par la DHW (Direction de l'Hydraulique de Wilaya)
- Intégration de nouveaux inventaires réalisés en 98 et 99.
- Identification des points dont le numéro de classement n'était pas transmis initialement.
- Vérification de toutes les coordonnées.
- Ajout de la colonne « usage ».

4.1.2.2 Fichiers DGRE

La DGRE a procédé aux vérifications des données relatives à la partie tunisienne dont la saisie a été faite au SASS. Ces données ont porté sur les historiques de prélèvement et de piézométrie.

De nouveaux points d'eau ont été communiqués : points d'eau situés dans les gouvernorats de GABES, GAFSA, et MEDENINE + points d'eau de TOZEUR et KEBILI non transmis initialement.

Un travail de correction important a été réalisé pour attribuer les bons numéros de classement et pour corriger les coordonnées.

Il faut souligner que la DGRE a transmis les données directement sous forme de tables ACCESS.

4.1.2.3 Fichier GWA

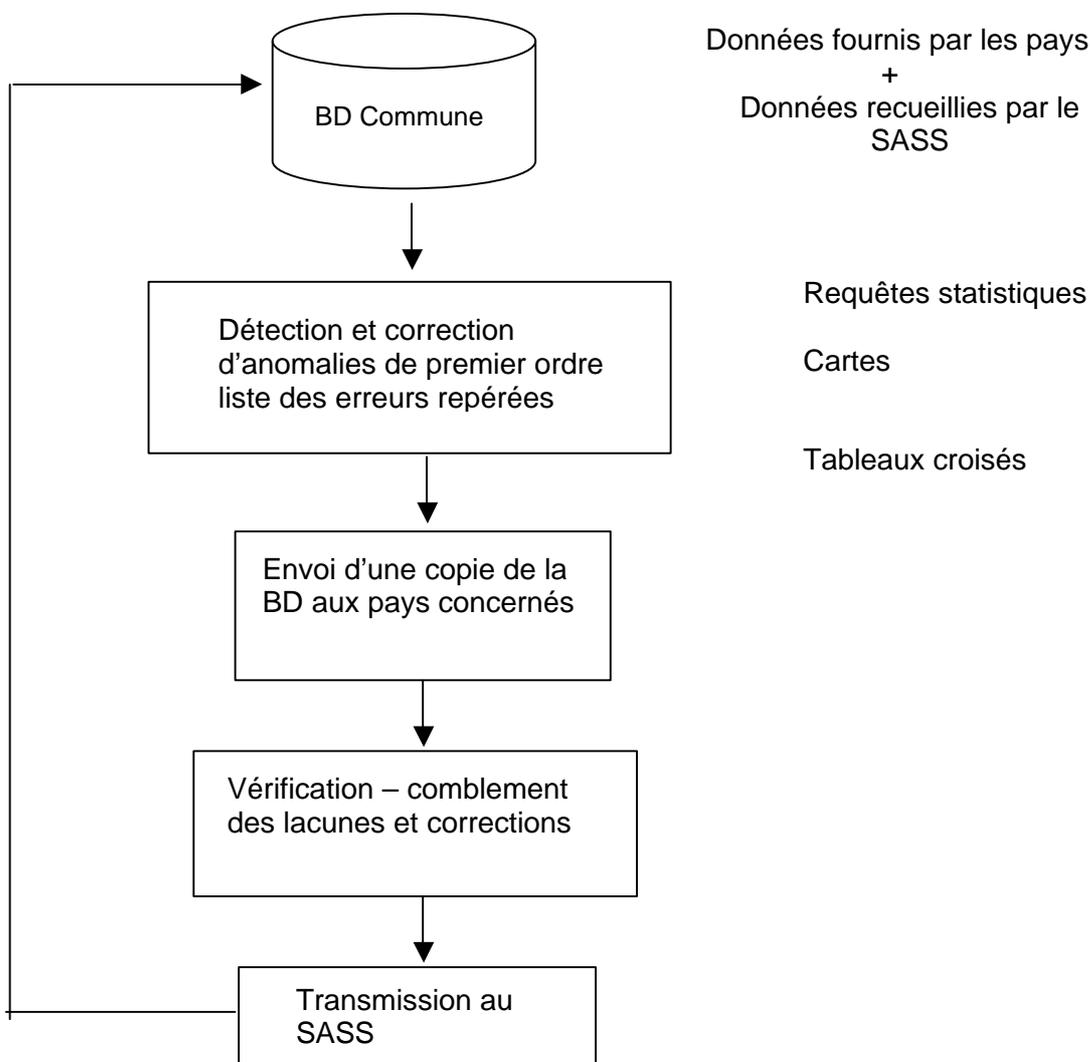
Pour la partie libyenne, un complément d'information a été transmis sur support papier et a été introduit dans la BD commune à l'aide des formulaires.

Ces données ont concerné :

- les données de prélèvement par groupe d'exploitation
- les historiques de piézométrie issus du réseau national
- les historiques de salinité (Résidu sec).

Certaines coordonnées UTM ont été transformées en géographique par l'équipe de la GWA puis mises à jour dans la BD.

4.2 Procédure de validation



Cette procédure a servi durant le projet à faire les différentes mises à jour : corrections, ajout de nouvelles données, reconstitution de lacunes, ... Les fichiers EXCEL sont de moins en

moins utilisés et de nouvelles traditions se sont instaurées progressivement consistant à opérer directement sur la base de données et non sur des fichiers libres.

Les actualisations à venir seront encore moins lourdes, grâce notamment :

- à la réduction très significative des erreurs aberrantes,
- à l'homogénéisation des formats, codes et procédures,
- aux nouvelles fonctionnalités de mises à jour et de contrôle des données au moment de la saisie
- au mécanisme de réplication (garantie de cohérence entre les BD)

4.3 Informations collectées

4.3.1 Données ANRH

Trois types de données ont été transmises par l'ANRH et ce pour les deux aquifères principaux (CI et CT) :

- Caractéristiques des points d'eau : un fichier EXCEL par aquifère
- Données d'inventaires et historiques de débits
- Historiques piézométriques .

Deux grandes catégories d'informations ont été fournies par l'ANRH :

- informations préparées pour les besoins de l'étude BRL
- derniers inventaires réalisés durant la période 91 – 99

le tout se présentant au format EXCEL

Les données ANRH sont celles qui ont posé le plus de difficultés. Ceci s'explique d'abord par le volume plus important d'informations, mais aussi par la manière dont les inventaires ont été réalisés :

- absence de numéro de classement pour la plupart des forages,
- beaucoup de champs non renseignés
- présence de doublons par les coordonnées et par les noms de forages
- reconstitution des historiques de débits, les mesures régulières n'étant pas disponibles
- absence de mesures régulières de niveaux

Plusieurs corrections ont été nécessaires pour parvenir à les importer dans la base ACCESS (voir annexe 2):

- uniformisation de colonnes : afin de pouvoir regrouper ces fichiers. Il a été nécessaire de mettre au même endroit les colonnes portant la même information (la rubrique « *niveau* » par exemple n'a pas été mise au même endroit pour l'ensemble des fichiers).
- correction des types de données : concernent surtout les colonnes de type « date » et « numérique » (date de fin de forage, date de l'essai de pompage et de mesure du Résidu sec, débit, niveau, altitude, ...) qui ont été fournies sous un format texte.
- homogénéisation du n° de classement qui constitue la clé primaire au niveau de la base de données et qui doit être représenté de la même façon (L000-00000).

- correction des valeurs de coordonnées et la standardisation de leur format en vue de leur importation dans ACCESS.

4.3.1.1 Validation des données

La complexité des problèmes conjuguée au volume très important d'informations ont conduit à rechercher dans un premier temps des méthodes et outils basés sur un traitement statistique et sur les requêtes spatiales à l'aide du SIG. (voir rapport *d'analyse des données hydrogéologiques du SASS*).

Globalement la procédure a touché les domaines qui influent directement sur le modèle numérique, à savoir :

- la localisation des points d'eau
- leurs caractéristiques hydrauliques
- les historiques piézométriques
- les prélèvements

Identification et localisation des points d'eau :

La représentation cartographique des points d'eau a permis de mettre en évidence certaines anomalies telles :

- l'absence de coordonnées
- les erreurs dans les unités géographiques (degrés / grades)
- l'interversion des longitudes et latitudes

D'autre part, beaucoup de points d'eau ne possèdent pas de coordonnées du tout (points issus des inventaires). Une liste de ces points a été établie, puis transmise à l'équipe de l'ANRH. La priorité a été accordée à ceux qui disposent d'un historique de prélèvement. Cette liste comporte également les points d'eau ayant des lacunes au niveau des champs primordiaux qui sont :

- Numéro d'identification,
- Nom du point d'eau,
- Unité administrative,
- Type de point,
- Aquifère,
- Date de réalisation,
- Profondeur,
- Profondeurs captées,
- Altitude du point d'eau,
- Données hydrogéologiques : niveau, débit, Rabattement, RS.

Le cas des données d'inventaires

La plupart des points d'eau figurant dans les fichiers d'inventaire ne disposent ni d'un numéro d'identification, ni de coordonnées. La démarche suivante a été adoptée pour leur transfert dans la BD :

Recherche manuelle et rapprochement au moyen des champs : nom, aquifère, date de réalisation, profondeur, altitude. Si le point existe dans la BD, mettre à jour ses données par celles de l'inventaire. Sinon il fait l'objet d'une numérotation sous forme « **X000-00000** » comme s'il s'agissait d'un nouveau forage.

Cette méthode qui a pour avantage d'exploiter toute l'information collectée, risque d'engendrer des doublons.

Un certain nombre de requêtes numériques et spatiales ont été mises au point pour atténuer ces effets : recherches par nom, coordonnées, profondeur et altitude quand ces informations existent

Ces traitements ne pouvant pas être réalisés de manière systématique, ont été effectués au cas par cas, manuellement.

Ces données, une fois mises en forme ont été transmises à l'ANRH pour compléter les lacunes des points d'eau importants et qui disposent d'un historique d'exploitation. Les coordonnées de ces points ont été reconstituées pour les besoins du modèle.

4.3.2 Données DGRE

Trois types de fichiers ont été communiqués par la DGRE. Ces fichiers sont tous au format DBASE et leur structure est homogène (voir annexe 2)

▪ **caractéristiques des points d'eau**

fichiers d'identification – localisation des points d'eau situés dans les gouvernorats de Tozeur, Kébili, Gabes, Tataouine et Gafsa.

Pour permettre leur importation, des traitements préalables ont été réalisés sur ces fichiers :

- adaptation des formats et types de données
- corrections des colonnes contenant les coordonnées
- éclatement de colonnes présentées sous forme groupée

Il a été également nécessaire de procéder à la correction des coordonnées et leur transformation en degrés décimaux : uniformisation des positions et symboles séparateurs puis transformation grades – degrés décimaux (avec ajout du coefficient correcteur « 2,5969213 » qui correspond au changement d'origine Paris – Greenwich).

▪ **Fichiers « exploitation »**

Ce sont des fichiers au format EXCEL concernent les gouvernorats concernés. Ces données se rapportent aux historiques 1981-1999, les données antérieures ayant été prises en charge par le SASS.

▪ **Fichiers piézométrie**

Concernent les historiques des niveaux sur la période 1981-2000 (une mesure par an).

Les fichiers issus des BD « exploitation », « piézométrie » ont été transférés par des programmes réalisés pour la circonstance, tandis que les données de caractéristiques des points d'eau ont été incorporées par requêtes.

4.3.3 Données GWA

Le plus gros des informations ont été saisies au niveau du SASS, car provenant de sources diverses et non disponibles dans la BD libyenne: rapports d'études, fiches manuelles,...

Un fichier contenant les caractéristiques des points d'eau a été fourni par la GWA. Son transfert n'a pas posé de problèmes majeurs, mise à part le fait que certaines coordonnées exprimées dans le système UTM ne comporte pas le n° de fuseau.

Les historiques de prélèvement ont été fournis par groupe d'exploitation et non par point d'eau.

Quant aux historiques de piézométrie, ils ont été livrés sous forme de fiches manuelles, puis saisis au SASS.

4.3.4 Contribution de l'équipe de projet

L'équipe de projet au niveau du SASS a procédé à la mise à jour des données qui ne pouvaient pas être prises en charge par les équipes des pays. Ces données touchent principalement les domaines suivants :

4.3.4.1 les informations géologiques

- établissement et interprétation des coupes de forages et entrée des données géologiques dans la base de données.
- Elaboration de la carte géologique

Les données géologiques traitées et transférées dans la BD concernent 83 forages répartis sur toute la zone du SASS.

4.3.4.2 Les historiques de prélèvement et de piézométrie

Les données de prélèvement et de piézométrie relatives à la période 1950-1981 ont été dans leur grande majorité recueillies et saisies par l'équipe de projet.

Les sources suivantes ont été utilisées :

- l'étude ERESS complétée par le RAB et l'étude ARMINES/ENIT
- les études récentes réalisées par BRL (1994 et 1998), GEFLI et GEOMATH

Ces données, une fois regroupées dans la BD ont été transmises aux pays pour contrôle et validation.

4.3.4.3 Les données de qualité (salinité)

Les historiques de salinité ont dans leur grande majorité été saisis par l'équipe du SASS. Des sources diverses ont été consultées voir volume 2-SASS.

4.4 Synthèse des données recueillies dans le cadre du projet

Après divers allers – retours entre le SASS et les trois administrations pour corrections et comblement des lacunes, le niveau maximum de fiabilité des données a été atteint. Toutes les possibilités ont en effet été exploitées pour ce faire :

- outils de vérification et de détection d'anomalies
- corrections manuelles
- recoupement entre divers type de données
- déplacements des équipes nationales vers les structures régionales pour valider certaines informations.

Les tableaux suivants indiquent le volume de données recueillies à ce jour.

Caractéristiques générales :

Pays	Caractéristiques points d'eau	Paramètres hydrodynamiques	profondeurs de captage	Usages
Algérie	6147	4176	1009	893
Libye	1054	374	116	29
Tunisie	1172	240	157	146
Total SASS	8373	4790	1282	1068

Historiques :

Pays	Exploitation		Piézométrie		Salinité	
	Nombre de points	Période	Nombre de points	Période	Nombre de points	Période
Algérie	1654	1950-2000	2135	1950-2000	1091	1889-2000
Libye	36	1980-2000	184	1970-2000	237	1970-2000
Tunisie	837	1950-2000	420	1950-2000	365	1947-2000
Total SASS	2527		2739		1693	

4.4.1 Répartition par origine

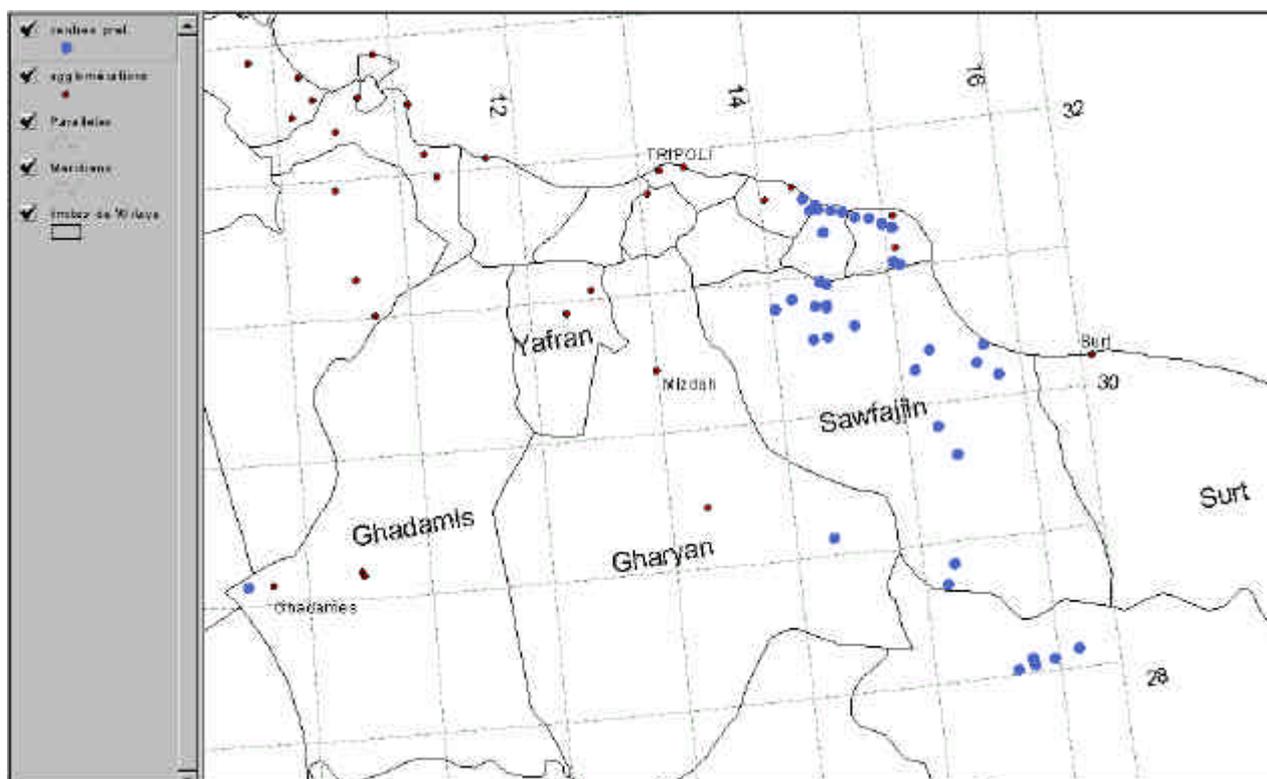
Plusieurs sources d'informations ont été utilisées pour la collecte des données :

- BD nationales pour les caractéristiques des points d'eau
- Fichiers EXCEL contenant les données d'inventaires (ANRH)
- Saisie manuelle au sein du SASS pour les historiques : exploitation, piézométrie et résidu sec pour les périodes non couvertes par les BD des pays.

4.4.1.1 Historiques de prélèvements

Pays	Origine des données	Nombre de mesures	Mode d'entrée dans la BD
Algérie	ERESS	120	Saisie par le SASS
	RAB	298	Idem
	Inventaires ANRH	2490	Transfert par programme
	Inventaires Foggaras	176	Idem
Libye	SASS	37	Saisie par le SASS
Tunisie	ERESS	290	Saisie par le SASS
	RAB	280	Idem
	Réseau DGRE	964	Transfert par programme

Les données libyennes sont estimées à partir des renseignements sur les superficies irriguées. Elles sont fournies par centre de prélèvement qui sont donc au nombre de 37 dans les deux aquifères confondus. Ils sont positionnés comme suit :



4.4.1.2 Historiques de piézométrie

Pays	Origine des données	Nombre de mesures	Mode d'entrée dans la BD
Algérie	ERESS	131	Saisie par le SASS
	RAB	30	Idem
	Fichiers ANRH	2050	Transfert par programme
	BRL 98	22	Saisie par le SASS
Libye	ERESS	1	Saisie par le SASS
	GEOMATH	119	
	BRL	45	
	GWA	26	Transfert automatique
Tunisie	ERESS	4	Saisie par le SASS
	RAB	5	Idem
	ARMINES / ENIT	131	Idem
	Réseau DGRE	265	Transfert par programme
	Rapport inédit DGRE	232	Saisie par le SASS

le tableau suivant montre la répartition temporelle des mesures piézométriques collectées pour chacun des deux aquifères principaux :

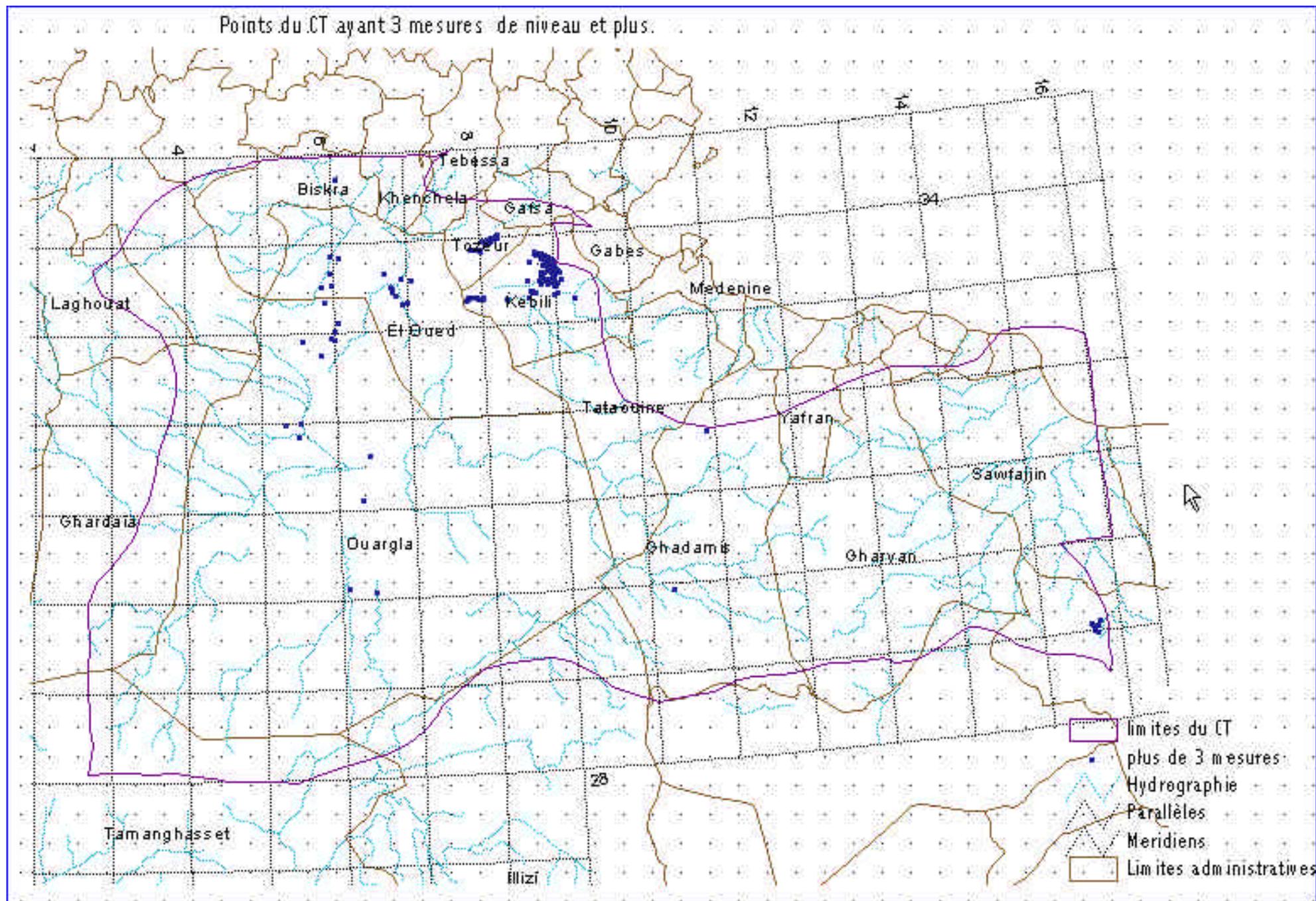
Aquifère	1950	1960	1970	1981	1990	2000
CI	04	13	77	20	56	202
CT	19	60	219	87	146	66

La DGRE et la GWA effectuent un suivi régulier des niveaux par le biais d'un réseau. Ce qui n'est pas le cas de l'ANRH qui recueille ces informations au moment des inventaires ou à l'occasion d'études.

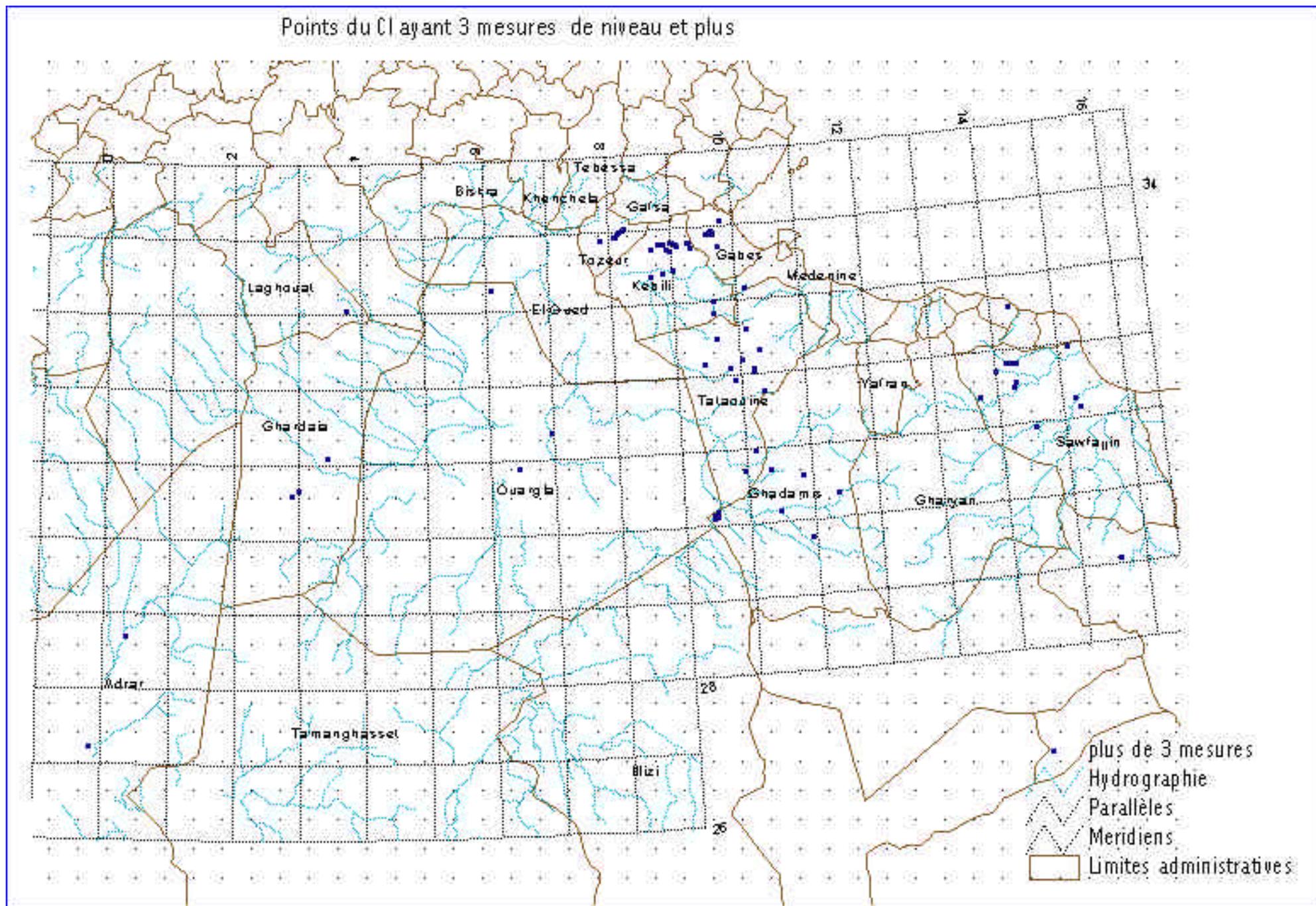
Peu de points d'eau disposent d'un historique de longue durée, en dehors des points d'eau tunisiens. Le tableau suivant montre l'étendue des séries piézométriques :

Pays	Série la plus longue (ans)	Nombre de points ayant 3 mesures et plus
Algérie	7	48
Libye	16	39
Tunisie	25	225

Points du CT ayant 3 mesures de niveau et plus.



Points du CI ayant 3 mesures de niveau et plus



4.4.1.3 Historique salinité (résidu sec)

Pays	Nombre de points avec mesure de RS	Origine de l'information
Algérie	1294	Base ANRH Données des études anciennes
Libye	175	Fiches points d'eau
Tunisie	365	Base de données Etudes précédentes

Le tableau suivant synthétise l'évolution du nombre d'observations de Résidu sec par période :

Période Aquifère	Avant 1972	Entre 1972 et 1981	Entre 1982 et 1990	Après 1990
CI	165	256	262	73
CT	803	1853	803	347

5 TRAITEMENT DES DONNEES ET LEUR VALIDATION

Trois grandes familles de requêtes numériques ont été mises au point pour l'interrogation, le contrôle et la mise à jour des données :

- Tableaux statistiques sur l'état et le volume de données recueillies
- Requêtes de synthèse et tableaux croisés
- Requêtes statistiques de contrôle et d'analyse

Ces requêtes sont complétées parfois par des représentations graphiques et cartographiques pour une meilleure interprétation .

5.1 Requêtes statistiques

Un ensemble de requêtes statistiques ont été élaborées pour évaluer l'état des données recueillies dans la BD. Ces requêtes ont permis de mettre en évidence les lacunes et de déceler les anomalies que comportent les informations collectées.

Il faudrait souligner que c'est probablement la première fois, au sein des trois administrations, que les opérations de contrôle et de correction des données ont lieu sur la Base de Données et non sur des fichiers de travail comme cela se faisait dans le passé.

Ceci représente un acquis important pour les actualisations futures du SASS et constitue un apport certain pour la validation des données de la zone.

L'ensemble des outils ayant été mis à disposition des pays, leur usage pour le traitement des informations dans d'autres régions est possible.

5.1.1 Statistiques sur le taux de remplissage des champs importants

Ces champs sont ceux qui permettent d'identifier, de localiser et de caractériser un point d'eau.

Champ	N° de classement	Dénomination	Aquifere	Wilaya	Longitude	Latitude	Date de realisation	Altitude	Profondeur
Renseignés	8072	7708	7775	6691	7241	7244	5821	3178	5530
Pourcentage	100,00%	95,49%	96,32%	82,89%	89,71%	89,74%	72,11%	39,37%	68,51%

Ces chiffres représentent la situation à la fin de l'opération de collecte, après une longue opération de contrôle, de correction et de comblement des lacunes menée par les équipes nationales de projet et par l'équipe du SASS.

Toujours dans ce même domaine, le nombre de points d'eau dont les champs ci-dessus sont tous renseignés (100% pour l'ensemble) est relativement important comme le montre le tableau suivant :

Aquifère	Alg	Lib	Tun	Ensemble
CI	418	79	59	556
CT	1315		196	1511
Total	1733	79	255	2067



Le nombre total de points d'eau étant de l'ordre de 8000.

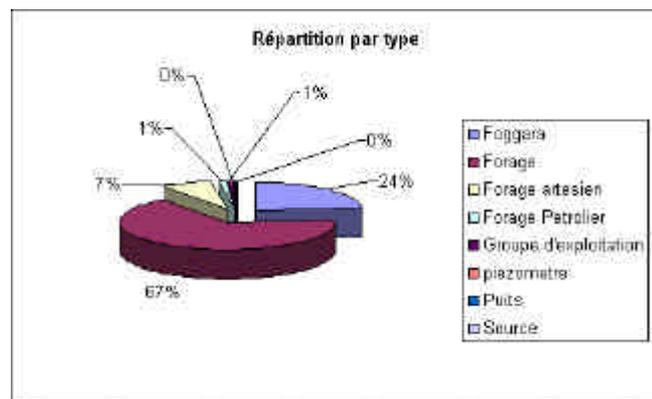
5.1.2 Nombre de points d'eau par Wilaya et par aquifère

Aquifère	Pays	Wilaya	1950	1960	1970	1980	1990	2000
CI	A	Adrar		176	176	177	450	412
		Biskra		1	1	5	19	19
		El Oued	1	1	2	5	13	13
		Ghardaia	3		39	47	119	210
		Illizi					22	29
		Ouargla		1	16	25	83	85
		Tamanghasset	1			1	66	72
	L	Al Jufrah					1	1
		Ghadamis			1	1	1	1
		Gharyan				1	1	1
		Misratah				1	1	1
		Sawfajjin				17	18	18
	T	Gabes	3	2	3	3	11	13
		Kebili	9	4	10	12	31	42
		Medenine					4	11
Tataouine		6	8	31	36	26	45	
Tozeur						10	12	
Total CI			23	193	279	331	876	985
CT	A	Biskra	4	7	7	7		
		El Oued	7	12	21	43	297	396
		khenchela					22	22
		Ouargla	16	20	21	113	966	979
		Tebessa					16	14
	L	Al Jufrah	3	3	5	5	5	5
		Al Khums	1	1	1	2	2	2
		Misratah	4	4	6	6	6	6
		Sawfajjin				2	11	11
		Zlitan	3	3	3	4	5	5
	T	Gafsa					6	5
		Kebili	34	48	65	126	290	341
		Tataouine					1	2
Tozeur		9	17	37	102	127	151	
Total CT			81	115	166	410	1754	1939

Les points d'eau manquants sont ceux dont le champ Wilaya n'est pas renseigné.

5.1.3 Répartition du nombre de forages par Type

Code	CI	CT	Global
Foggara	679		679
Forage	1918	4316	6234
Forage artésien	214	156	370
Forage Pétrolier	33	87	120
Groupe d'exploitation	24	19	43
piezometre	7	12	19
Puits		3	3
Source	8	19	27
Total	2883	4612	7495



5.1.4 Listes des lacunes et anomalies

- Points d'eau sans altitude et ayant des mesures piézométriques
- Liste des doublons par les coordonnées
- Points d'eau situés en dehors du maillage et ayant un historique d'exploitation
- ...

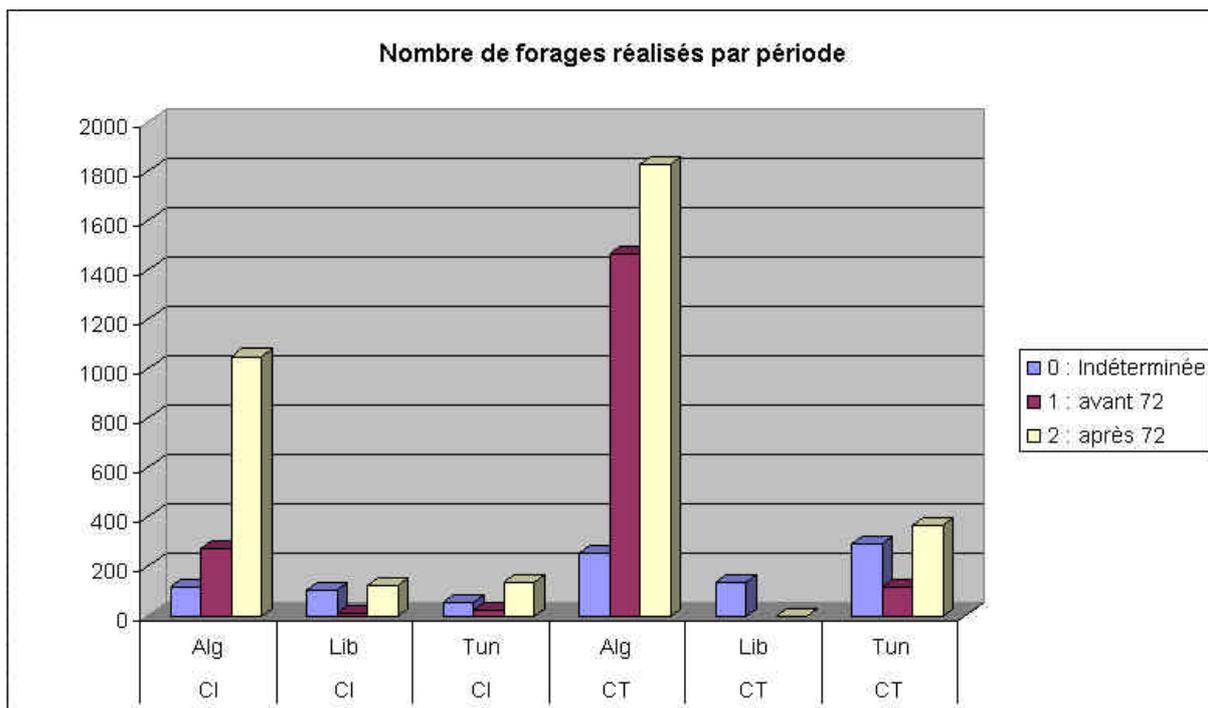
5.1.5 Nombre de forages par période de réalisation

Quatre périodes ont été définies :

- 0 - Indéterminée (points d'eau n'ayant pas de date de réalisation)
- 1 - Avant 1972
- 2 - 1972-1982
- 3 - 1983-1990
- 4 - 1991-2000

Microsoft Access - [R01_nombre par periode : Requête Analyse croisée]							
Fichier Edition Affichage Insertion Format Enregistrements Outils Fenêtre ?							
[Barre d'outils]							
	Aquifère	Pays	0	1	2	3	4
▶		A	114	274	183	483	384
	CI	L	107	9	60	60	4
	CI	T	57	25	16	80	42
	CT	A	257	1465	429	905	491
	CT	L	136			1	
	CT	T	293	117	144	134	88

Le nombre de forages dont la période est indéterminée est trop important. On constate également que la période 83 – 2000 a connu un fort taux d'accroissement qui peut s'expliquer par le développement de l'agriculture.



Le regroupement des périodes montre l'importance du nombre de forages réalisés après l'étude ERESS en 1972.

5.2 Requêtes de synthèse

Statistique des forages par tranche d'âge

Les classes d'âge suivantes ont été définies :

- 1 : <= 20 ans
- 2 : > 20 et <= 40 ans
- 3 : > 40 et <= 60 ans
- 4 : > 60 et <= 80 ans
- 5 : > 80 et <= 100 ans
- 6 > 100 ans

Microsoft Access - [R02_nombre de points par tranche age : Requête Analyse croisée]

Fichier Edition Affichage Insertion Format Enregistrements Outils Fenêtre ?

	Pays	Aquif	1	2	3	4	5	6
▶	A	CI	891	263	129	5	26	36
	A	CT	1492	1024	490	161	116	85
	L	CI	117	147			2	1
	L	CT	2	86				
	T	CI	129	30	10			1
	T	CT	239	193	43	11	3	

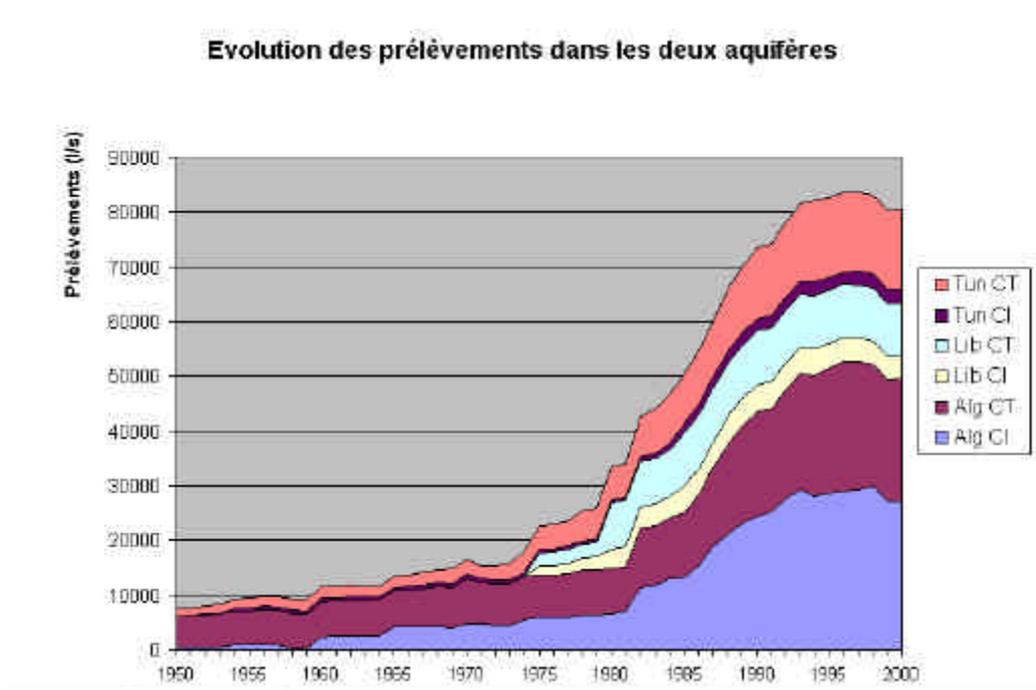
La date d'arrêt du forage n'a jamais été renseignée : ceci explique peut être la présence de forages qui dépassent le siècle. Dans l'exemple suivant, la requête se base également sur les données d'exploitation (un forage n'ayant pas de donnée de prélèvement a de fortes chances d'être arrêté).

Etat des prélèvements des forages ayant plus de 80 ans d'âge

	Pays	Aquifere	Noclas	age	débit (l/s)	Datfin
▶	A	CI	X00100484	116	30	01/01/1885
	A	CI	K00700021	110	6	01/01/1891
	A	CI	L00700002	110	23	02/12/1891
	A	CI	I00800146	101	25	01/01/1900
	A	CI	J00800088	101	40	01/01/1900
	A	CI	J01000814	101	100	01/01/1900
	A	CI	J01100114	101	33	01/01/1900
	A	CI	J01100116	101	7	01/01/1900
	A	CI	J01100135	101	17	01/01/1900
	A	CI	J01100136	101	40	01/01/1900
	A	CI	K00700049	101	3	01/01/1900
	A	CI	K00700056	101	17	01/01/1900
	A	CI	K00700057	101	25	01/01/1900
	A	CI	K00700058	101	11	01/01/1900
	A	CI	K00800018	101	15	01/01/1900
	A	CI	K00800019	101	33	01/01/1900
	A	CI	K00800023	101	12	01/01/1900
	A	CI	L00700034	101	13	01/01/1900
	A	CI	L00700036	101	7	01/01/1900
	A	CI	L00700082	101	15	01/01/1900
	A	CI	L00700084	101	45	01/01/1900
	A	CT	H01100639	101	39	01/01/1900
	A	CT	H01100642	101	1	01/01/1900
	A	CT	H01100649	101	3	01/01/1900
	A	CT	H01100650	101	4	01/01/1900
	A	CT	K01100046	101	2	01/01/1900
	A	CT	L01100047	101	3	01/01/1900

Le nombre de forages dépassant le siècle n'est que de 21 pour les deux aquifères confondus. Ce qui est nettement inférieur aux chiffres du tableau précédent (>120). On remarque le débit élevé du forage **J01000814**.

Graphique d'évolution des prélèvements par aquifère et par pays



Débites globaux par wilaya en 2000

Evolution des prélèvements par aquifère et par wilaya (10⁶ M3/an)

Aquifère	Pays	Wilaya	1950	1960	1970	1980	1990	2000	
CI	Alg	Adrar		0	0	0	163	200.5	
		Biskra		3.2	3.2	14.7	51.3	51.3	
		El Oued	5.5	6.8	13.9	21.8	71.7	71.7	
		Ghardaia	4.9		27.2	39.4	144.2	252.8	
		Illizi					22.9	32.5	
		Ouargla		0.3	34.9	54.5	145.6	148	
		Tamanghasset	5			0.1	84.8	100.4	
	Lib	Al Jufrah					5	14	
		Ghadamis			0.1	4.3	4.3	4.3	
		Gharyan				1.6	1.6	0	
		Misratah				0	20	6	
		Sawfajjin				45	117.6	64.7	
	Tun	Gabes		2.2	7.5	3.4	14.8	24.9	
		Kebili		2.8	5.4	2.1	26.6	38	
		Medenine					0.1	0.1	
		Tataouine	0.1	1.6	14.2	12.2	8	9.1	
		Tozeur					8.4	9.3	
	Total CI			15.5	16.9	106.4	199.1	889.9	1027.6
	CT	Alg	Biskra	3.7	10.1	13.1	10.5		
			El Oued	94.9	95.7	135.2	127.9	201.6	294.2
khenchela							9	9.6	
Ouargla			83.4	93.9	110.6	112.9	387.6	391.3	
Tebessa							8.1	7.2	
Lib		Al Jufrah	2	3	10	94	130	107.8	
		Al Khums	0.5	0.5	1	12	13	14	
		Misratah	28.9	24.7	16.9	58	55.9	57.4	
		Sawfajjin				1	7	27	
		Zlitan	2	3.1	4.6	6	21.2	26.2	
Tun		Gafsa					4.9	2.8	
		Kebili	30.6	50.4	56.5	111.1	240.2	318.2	
		Tataouine					1.4	1.5	
		Tozeur	10.1	15.8	26.9	80	159.1	132.5	
Total CT			256.1	297.2	374.8	613.4	1239	1389.8	
Total général			271.6	314.1	481.2	812.5	2129	2417.4	

Relation age - profondeur - prélèvements

Pays	Aquif	age	Prof Moy	Prelev (MM3)
Alg	CI	1	307,87	15,523
		2	768,62	4,327
		3	494,56	1,181
		4	440	0,024
		5	70,5	0,016
		6	692,54	0,443
	CT	1	142,99	7,422
		2	140,91	6,384
		3	144,41	2,357
		4	130,51	0,406
		5	96,19	0,125
		6	77,37	0,009
Tun	CI	1	1023,49	1,928
		2	719,51	0,368
		3	1143,75	0,086
	CT	1	395,19	4,805
		2	221,78	1,935
		3	157,94	0,229
		4	109,17	0,005
		5	120	0,001

Tranches d'âge :

- 1 : ≤ 20 ans
- 2 : ≤ 40
- 3 : ≤ 60
- 4 : ≤ 80
- 5 : ≤ 100
- 6 : > 100

Cette comparaison ne concerne que l'Algérie et la Tunisie parce que les données de prélèvement pour la Libye sont fournies par groupe d'exploitation (Profondeur inexistante).

5.3 Requêtes de contrôle et d'analyse des données

Ces requêtes ont été élaborées pour tester et détecter les incohérences engendrées par le transfert des données à partir de fichiers hétérogènes. En général, ces requêtes préparent l'élaboration de cartes ou graphiques, mieux indiqués pour ce type de traitement

Parmi ces requêtes, qui seront reprises dans le chapitre suivant consacré au SIG, on peut citer :

- Extraction des points d'eau ayant fait l'objet d'au moins une mesure de prélèvement
- Points d'eau disposant d'au moins une valeur de piézométrie mais dont une, le champ « *altitude* » est manquant
- Préparation de la carte des rabattements (deux mesures de niveau : avant 72 et après 90)
- Liste des points d'eau sensés appartenir à une Wilaya et se trouvant à l'extérieur de celle-ci.
- Préparation de la carte des points d'eau situés en dehors du maillage et disposant d'un historique de prélèvement

5.4 Le SIG et les requêtes spatiales

Les couches du SIG sont constituées du fond topographique traité et homogénéisé par IMAGIS et SOMAPHO, des couches hydrogéologiques et hydrauliques issues de la digitalisation de l'ERESS et complétées par l'équipe du SASS.

A ces couches, ont été rajoutées la couverture des points d'eau issus de la BD, les maillages relatifs aux couches du modèle et bien entendu l'ensemble des cartes thématiques fabriquées à, partir des requêtes ACCESS ou ARCVIEW.

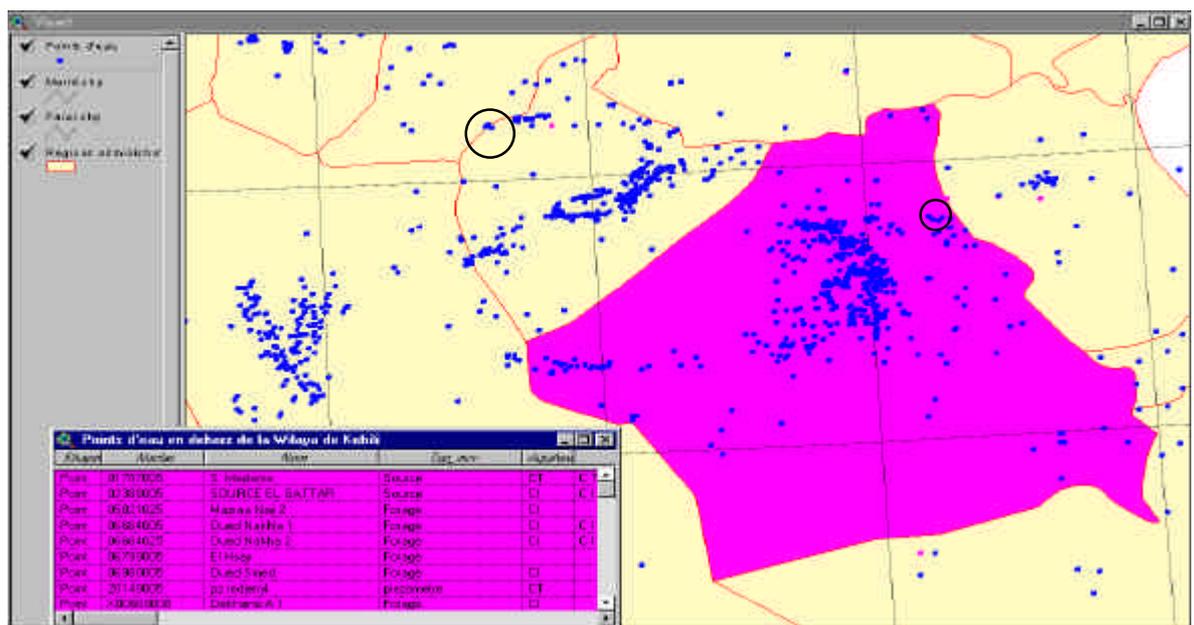
Le SIG joue un rôle important dans le système qui a été mis en place dans la mesure où il est utilisé à chaque étape durant le processus de traitement des données :

- correction ou reconstitution de certains paramètres
- requêtes spatiales de détection d'anomalies
- génération du maillage à l'aide du langage incorporé dans le logiciel SIG
- liaison avec le modèle numérique.

5.4.1 Requêtes spatiales de contrôle des données

Procédures permettant de déceler les anomalies de positionnement des points d'eau (coordonnées, appartenance à une entité spatiale).

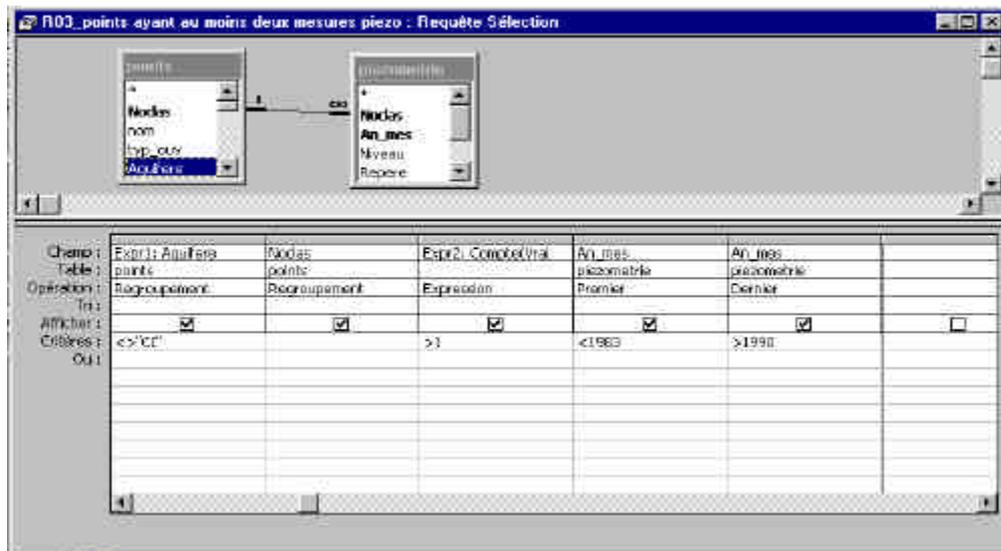
Anomalies de coordonnées ou d'appartenance à une entité



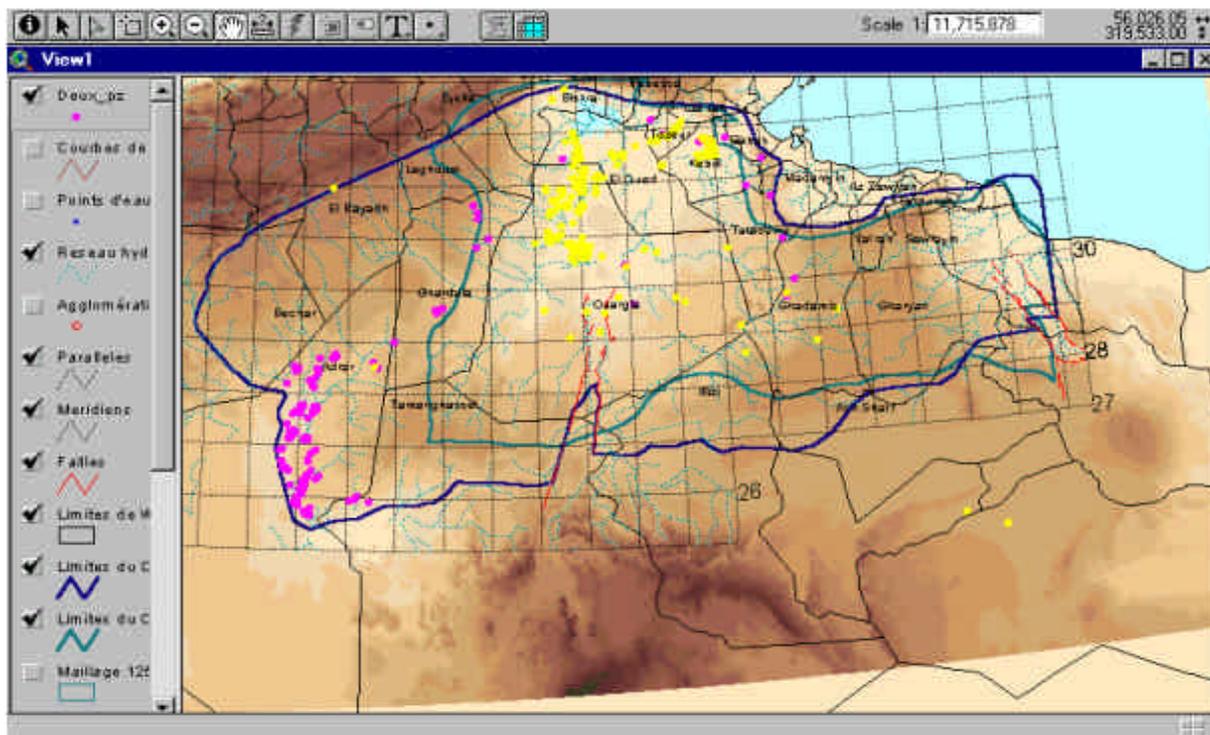
Ici les points sensés appartenir au gouvernorat de Kebili et positionnés à l'extérieur du gouvernorat sont identifiés. Une liste de ces points à vérifier peut être enregistrée dans tous les formats standards (Dbase, Excel, ...).

CARTE DES POINTS NECESSITANT DES MESURES DE NIVEAU OU D'ALTITUDE.

Cette requête a été élaborée dans le but de définir les travaux complémentaires de terrain à réaliser en vue d'avoir des cartes piézométriques de référence pour le modèle. L'opération consiste à extraire de la BD l'ensemble des points d'eau qui disposent d'une valeur de niveau et parmi eux ceux qui nécessitent une mesure d'altitude sur le terrain.



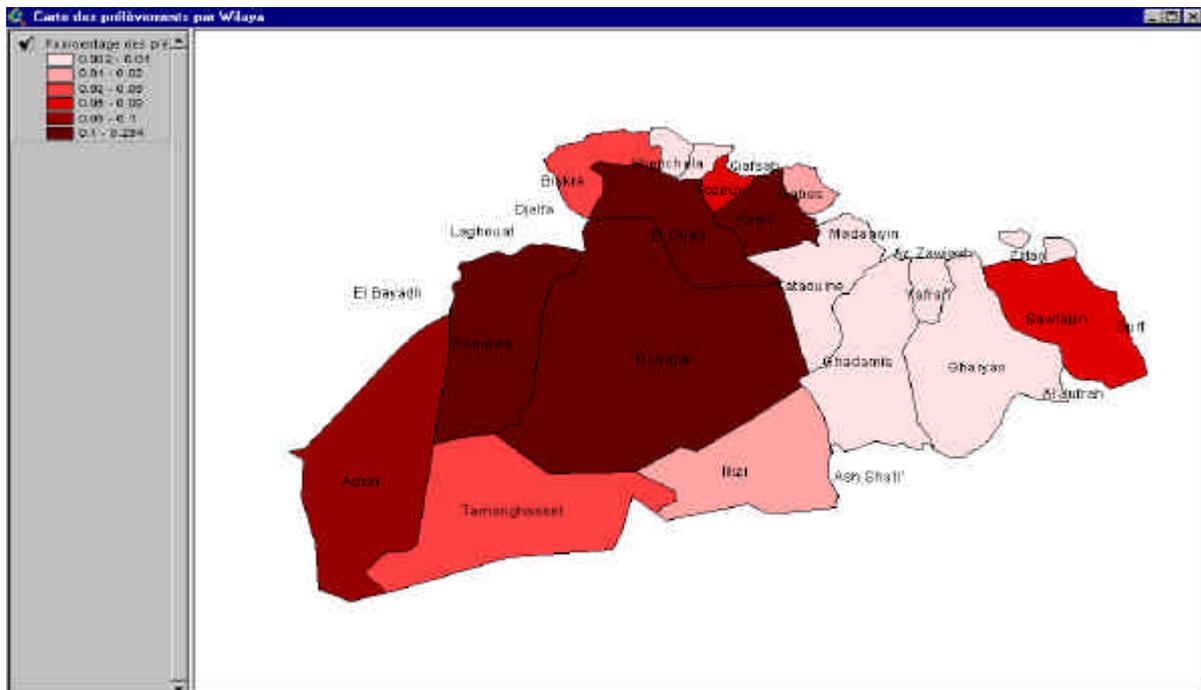
Le résultat de la requête est repris sous ARCVIEW pour l'élaboration de la carte ci-après :



En jaune les points répondant aux critères.

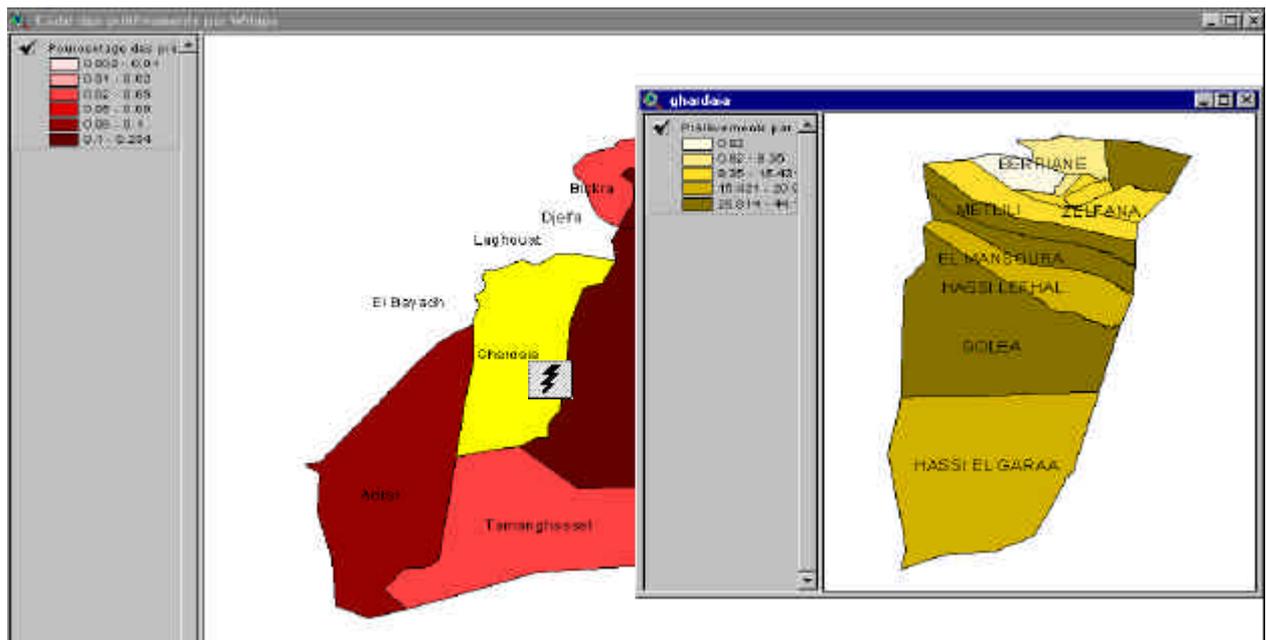
5.4.2 requêtes de synthèse et cartes thématiques diverses

Répartition des prélèvements globaux par wilaya en 2000



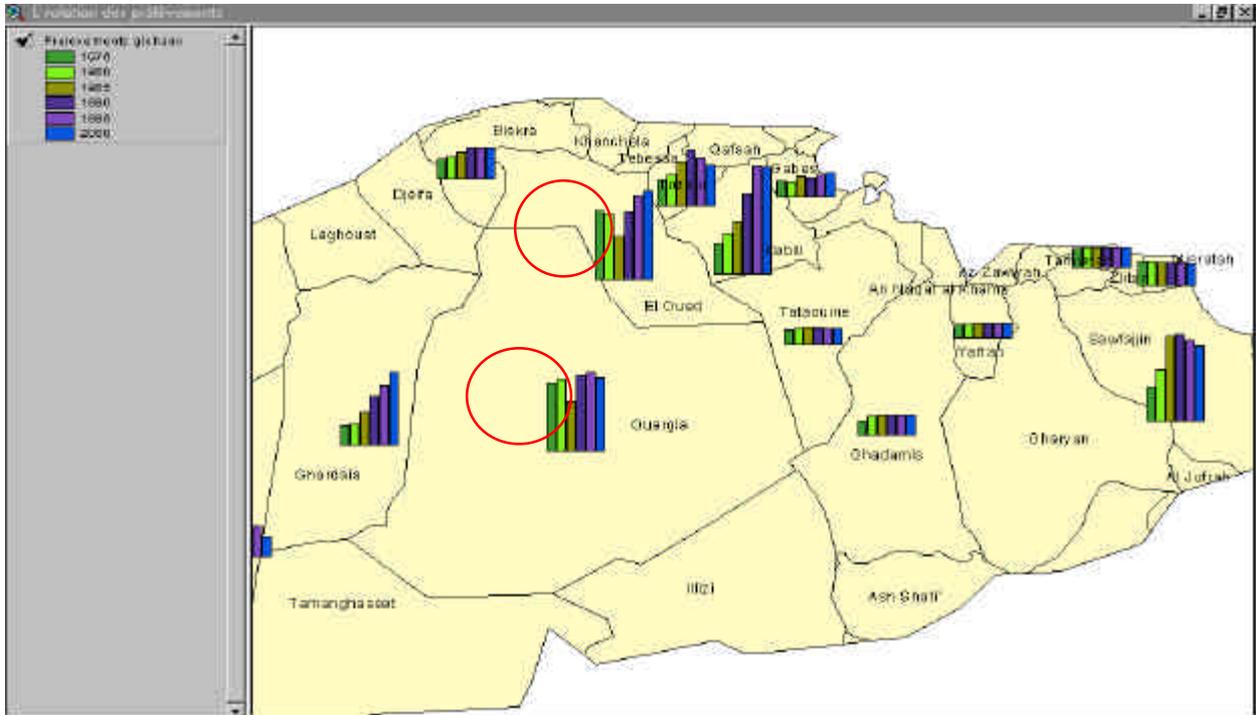
L'utilisation de requêtes présente l'avantage inestimable d'une mise à jour automatique de la carte chaque fois qu'un changement se produit au niveau des données de base (ajout de valeurs nouvelles d'exploitation, changement des limites de wilaya, ...).

La fonctionnalité « *HOTLINK* » du logiciel « *ARCVIEW* » permet de **zoomer** sur une Wilaya pour avoir une répartition détaillée de ces prélèvements au niveau des communes comme le montre l'exemple suivant :



Dans cet exemple, un click sur la Wilaya de Ghardaia affiche une carte de répartition des volumes extraits par commune. On peut définir ainsi plusieurs niveaux de liens correspondants à des échelles de plus en plus grandes.

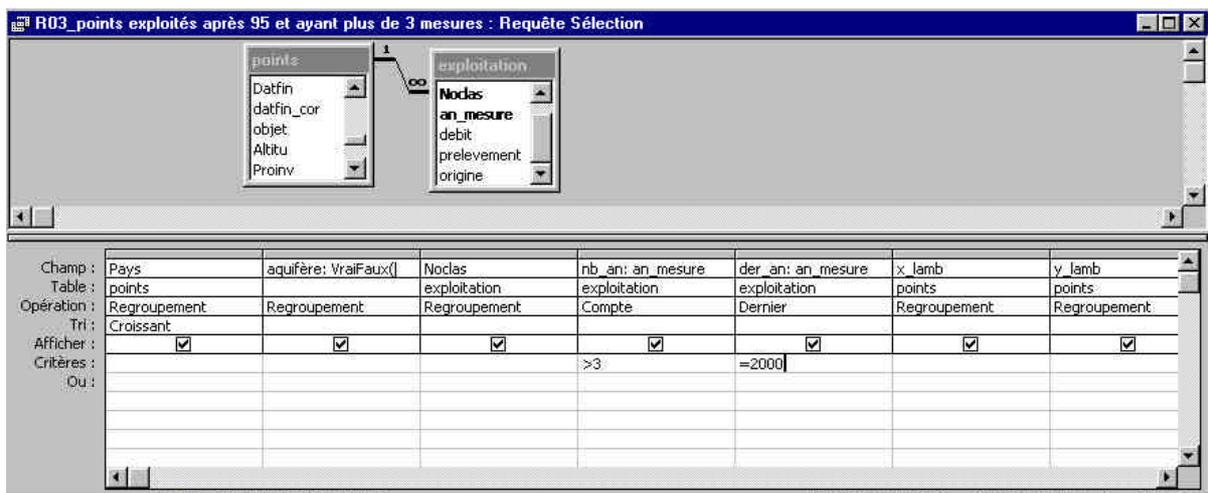
Evolution des prélèvements globaux de 1975 à 2000



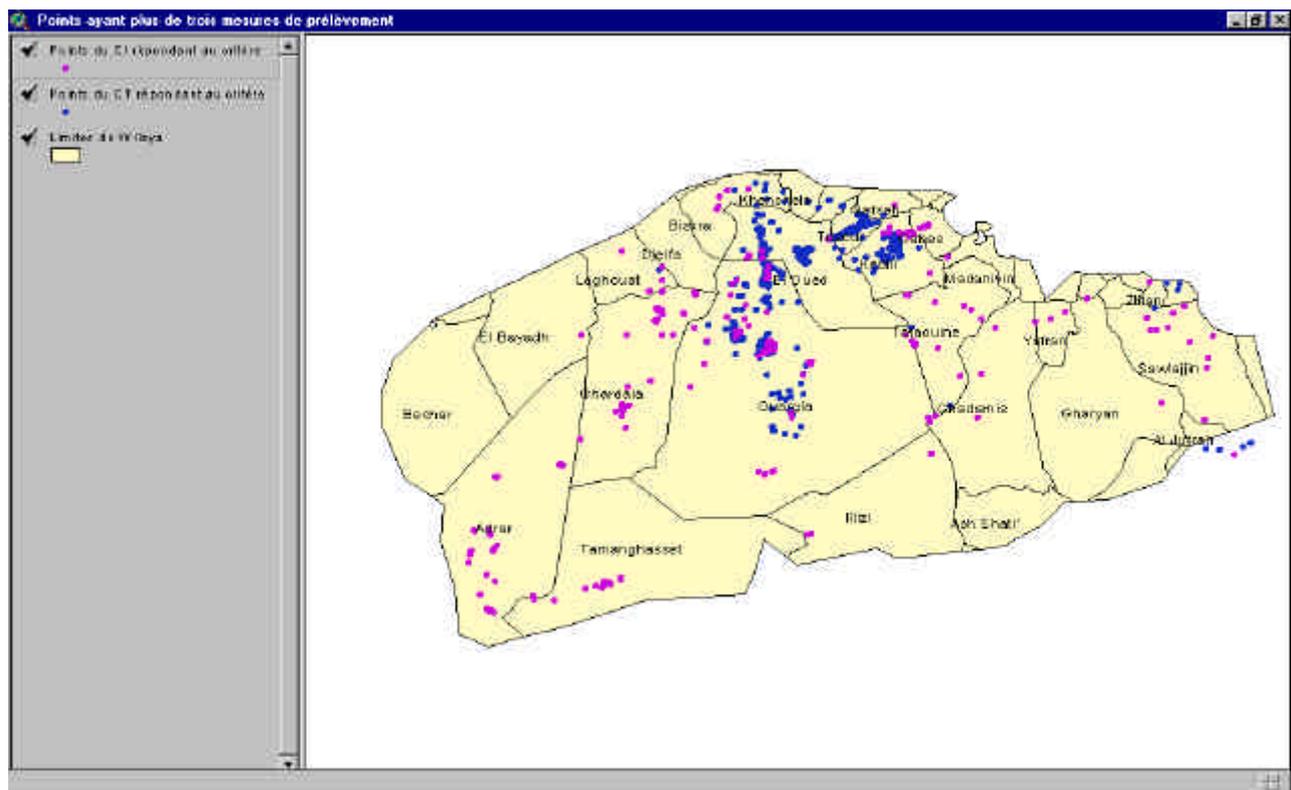
On constate rapidement que pour les wilaya « *Ouargla* » et « *El Oued* » les prélèvements en 1985 sont à vérifier.

Points d'eau encore exploités disposant d'un historique de prélèvement (>3 valeurs)

Cette carte, qui montre en magenta les points du CI obéissant à ce critère, est le fruit d'une requête ACCESS mettant en jeu les tables « *points d'eau* » et « *exploitation* » qui est représentée ci-après :



cette requête est reprise directement sous ARCVIEW :



Ce traitement peut servir à sélectionner par exemple les points d'eau à inclure dans le futur réseau de mesure des débits extraits.

3^E PARTIE

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

La mise en place de la base de données du SASS a permis de rassembler et de rendre homogène l'ensemble des informations disponibles à ce jour sur la zone au sein d'une structure relationnelle cohérente.

Sans cette architecture ouverte, il aurait été difficile d'imaginer que se réalisent tous les traitements, requêtes et cartes thématiques que le projet a pu produire.

L'investissement et les efforts consentis sont déjà largement rentabilisés dans le cadre de ce projet quand on sait, à titre d'exemple, le temps que nécessitait il y a juste quelques années l'opération d'actualisation d'un modèle après un changement de maillage, l'intégration de données nouvelles ou l'incorporation d'un nouveau scénario de prélèvement.

Le système développé durant ce projet, qui s'articule autour des liaisons BD – SIG – modèle, a été d'une grande utilité et constitue pour les pays une base de départ non négligeable pour le développement d'outils de gestion performants.

Au plan des contenus, beaucoup de choses ont été faites, mais des anomalies subsistent encore :

- bon nombre de forages sont encore sans identifiant ou sans coordonnées
- la répartition spatiale et temporelle des données n'est pas homogène
- les prélèvements ne sont pas bien maîtrisés

Si on veut se hisser au niveau de fiabilité suffisant pour que les données ne soient plus entachées de doute, il est nécessaire de travailler davantage sur ces données collectées et de définir des procédures claires pour le recueil de données nouvelles.

La première tâche ne pourra être réalisée que par les pays eux-mêmes en utilisant les outils et moyens mis à leur disposition par le SASS. Quant aux mises à jour futures, elles ne seront fiables que si les procédés de collecte, de codification et de contrôle sont réalisés au niveau local.

Une décentralisation des moyens de gestion et de traitement devra être prévue et encouragée pour faciliter les mises à jour futures et pourquoi pas régulières des données.

Mais, le plus urgent consiste à «nettoyer» et à stabiliser la BD actuelle pour mieux refléter la situation réelle. Cette opération devra impliquer essentiellement les équipes des pays.

Les tâches à mener par pays sont récapitulées dans le tableau ci-après :

Tableau 25 : Tâches devant être réalisées sur les contenus des BD nationales

Pays	Tâches
Algérie	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification des données d'inventaire, affectation d'un numéro d'identification et élimination des doublons - Saisie des informations manquantes : coordonnées, profondeur, formation captée, altitude, dates de réalisation et d'arrêt, état, , ... - Confrontation des historiques de prélèvement avec les informations disponibles au niveau des usagers - Constitution de la table des groupes d'exploitation et les rattacher aux points d'eau - Vérification des informations concernant la géologie - Délimitation précise des zones d'exploitation et leur cartographie
Libye	<ul style="list-style-type: none"> - confrontation des données saisies au niveau du SASS avec les forages existants réellement, élimination des doublons et affectation d'identifiants - constitution d'historiques de prélèvement par forage - Constitution de la table des groupes d'exploitation et les rattacher aux points d'eau - Vérification des informations concernant la géologie - Délimitation précise des zones d'exploitation et cartographie
Tunisie	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les caractéristiques de points d'eau et compléter les informations manquantes - Constituer la table des groupes d'exploitation et les rattacher aux points d'eau - Vérifier les informations concernant la géologie - Délimiter avec précision les zones d'exploitation et les cartographier

Dans une deuxième phase, il sera peut-être nécessaire d'intégrer les informations relatives à la description des équipements de forage et des installations annexes (pompes, moteurs,) au moins pour les forages les plus importants.

Sur le plan du SIG, il y a lieu de réaliser une cartographie numérique plus précise des zones présentant un intérêt hydrogéologique particulier : fond topographique à grande échelle, MNT plus précis, limites des zones agricoles et des extensions envisagées, ...

Cependant, les outils techniques ne sont pas suffisants à eux seuls pour garantir le bon fonctionnement du dispositif de collecte et de mise à jour du système d'information. Il faudrait également mettre en place une organisation adaptée et des procédures de travail compatibles avec celles qui sont déjà en place au sein de chaque pays.

C'est ce volet qu'il y a lieu de développer afin que la structure de concertation joue pleinement son rôle de production d'éléments décisionnels fiables pour une gestion rationnelle des eaux du bassin.

La mise en place d'un circuit de l'information et de procédures formalisées de traitement est déterminante pour la réussite du mécanisme de concertation. Ce sont ces aspects, souvent occultés dans le passé, qui permettent d'accompagner et de pérenniser les outils techniques développés dans le cadre de l'étude et de les rendre plus efficaces.

ANNEXES

ANNEXE 1

**Description des tables et
champs de la BD commune**

Table: ADMIN_SASS : unités administratives (wilaya, gouvernorat, province)

Champ	Désignation	Type	Taille
Admin_name	Nom de l'unité administrative	Texte	42
Pays	Code du pays : A,L ou T	Texte	1
Population	Population du dernier recensement	Entier long	4
Superficie	Superficie en km2	Réel double	8
nom_loc	Dénomination locale	Texte	20

Table: AQUIFERE : aquifères principaux (CI, CT, Turonien)

Champ	Désignation	Type	Taille
Code	Code aquifère : CI, CT, TU	Texte	2
Nom	Nom complet	Texte	30

Table: CAPTAGE : hauteurs crépinées des forages

Champ	Désignation	Type	Taille
noclas	No de classement	Texte	14
Num_capt	N° séquentiel de la couche	Octet	1
prof_deb	Profondeur début de la crépine (m)	Réel simple	4
prof_fin	Profondeur fin de la crépine (m)	Réel simple	4
formation	Formation	Texte	40

Table: COUCHES SIG : couches du SIG utilisées dans la fenêtre carte

Nom	Désignation	Type	Taille
layer_id	N° de couche (séquentiel)	Entier	2
nom	Nom de la couche (nom du fichier shp)	Texte	12
description	Description de la couche en clair	Texte	30
affichage	Affichée ou non dans la fenêtre carte	Oui/Non	1
étiquette	Visibilité des labels	Oui/Non	1
color_back	Couleur du fond	Entier long	4
color_out	Couleur du trait	Entier long	4
style	Style remplissage	Entier	2
symb_pt	Symbole pour les entités ponctuelles	Entier long	4
chp_etiq	Champ utilisé pour l'étiquette	Entier	2

Table: EXPLOITATION : chronique de débits ou prélèvements

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement	Texte	14
an_mesure	Année de mesure du débit ou prélèvement	Entier	2
débit	Débit en l/s	Réel simple	4
prélèvement	Volume annuel prélevé en m3	Réel double	8
origine	Origine de la mesure ou de l'information	Texte	20

Table: HYDRODYNAMIC : valeurs des paramètres hydrodynamiques

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement	Texte	14
Date_mesure	Date de mesure	Date/Heure	8
Duree	Durée de l'essai de pompage	Octet	1
NS	Niveau statique en m	Réel simple	4
Debit	Débit en l/s	Réel simple	4
Rabattement	Rabattement en m	Réel simple	4
Transmiss	Transmissivité	Réel double	8
Permeab	Perméabilité	Réel simple	4
Coeff_emmag	Coefficient d'emmagasinement	Réel simple	4

Table: PAYS : liste des pays concernés par la zone

Nom	Désignation	Type	Taille
Code	Code du pays : A, L ou T	Texte	1
Nom	Nom complet	Texte	20

Table: PIEZOMETRIE : historique des mesures piézométriques

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement	Texte	14
An_mes	Année de mesure	Entier	2
Niveau	Niveau piézométrique en m	Réel simple	4
Rpere	Altitude du Repère en m	Réel simple	4
Alt_np	Altitude du niveau piézométrique	Réel simple	4
Origine	Origine de la mesure	Texte	20
Observation	Observation sur la qualité de la mesure (lexique)	texte	10

Table: POINTS : caractéristique des points d'eau

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement du point d'eau	Texte	14
nom	Nom	Texte	40
typ_ouv	Type de points d'eau (lexique)	Texte	20
Aquifère	Code aquifère	Texte	2
nappe	Formation	Texte	40
Pays	Code du pays	Texte	1
Wilaya	Unité administrative	Texte	30
Region	Région économique	Texte	30
grp_exp	Groupe d'exploitation	Texte	20
Longit	Longitude telle que recueillie	Texte	12
Latitu	latitude	Texte	12
type_geo	Type de coordonnées (lexique)	Texte	1
X_geo	Longitude degrés	Octet	1
x_min	Longitude minutes	Octet	1
x_sec	Longitude secondes	Octet	1
est_ouest	Est ou Ouest de Greenwich (E ou W)	Texte	1
Y_geo	Latitude degrés	Octet	1
y_min	Latitude minutes	Octet	1
y_sec	Latitude secondes	Octet	1

long_dec	Longitude en degrés décimaux	Réel double	8
latit_dec	Latitude en degrés décimaux	Réel double	8
x_lamb	X Lambert en m	Réel double	8
y_lamb	Y Lambert en m	Réel double	8
LOG	Existence de log de forage	Logique	1
Datfin	Année de fin de réalisation	Date/Heure	8
objet	Objet du point d'eau (lexique)	Texte	30
Altitu	Altitude en m	Réel double	8
Proinv	Profondeur de l'ouvrage en m	Réel double	8
etat	Etat du point d'eau (lexique)	Texte	20

Table: QUALITE : valeurs des paramètres chimiques

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement	Texte	14
date	Date de mesure	Date/Heure	8
RS	Résidu sec	Réel simple	4
ca	Calcium	Réel simple	4
mg	Magnésium	Réel simple	4
k	Potassium	Réel simple	4
na	Sodium	Réel simple	4
cl	Chlore	Réel simple	4
so4	sulfates	Réel simple	4
co3		Réel simple	4
co2		Réel simple	4
ph		Réel simple	4
temp	Température de l'eau en °C	Réel simple	4

Table: LITHOLOGIE : codes et description des formations lithologiques traversées

Nom	Désignation	Type	Taille
code_litho	Code de la formation lithologique	Texte	4
description	Description en clair	Texte	50

Table: LITHO_POINT : lithologie au point d'eau

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement du point d'eau	Texte	14
Code_Litho	Code de la couche lithologique	Texte	4
Prof_deb	Profondeur début en m	Réel simple	4
Prof_fin	Profondeur fin en m	Réel simple	4
media_cond	Conditions du milieu (lexique)	Octet	1
type_aquifer	Type d'aquifère (lexique)	Octet	1
Porosité	Porosité	Réel simple	4
Perméabilité	Perméabilité	Réel simple	4

Table: MAILLAGE : liste et caractéristiques des maillages créés

Nom	Désignation	Type	Taille
maillage	N° de maillage	Octet	1
X_orig	X du point de départ en m	Réel simple	4
Y_orig	Y du point de départ en m	Réel simple	4
Taille	Taille de la maille en m	Entier	2
nb_grille_x	Nombre de mailles en X	Entier	2
nb_grille_y	Nombre de mailles en Y	Entier	2
Angle	Angle d'orientation en °	Réel simple	4

Table: MAILLAGE_POINTS : relation points – maillage

Nom	Désignation	Type	Taille
noclas	N° de classement du point d'eau	Texte	14
maillage	N° de maillage	Texte	10
maille	N° de maille dans le maillage considéré	Texte	12

Le numéro de maille est mis à jour par une procédure faisant appel à une requête spatiale.

Cette procédure doit être lancée à chaque fois qu'un changement de coordonnées a lieu.

Table: **ALIMENT** : zone d'alimentation (dans cette version, c'est un élément ponctuel). Cette table a été ajoutée pour les besoins de PM5 qui traite le débit aux mailles comme la somme algébrique [*alimentation + prélèvements*])

Nom	Désignation	Type	Taille
Couche	Couche du modèle	Texte	50
Aquif	N° d'aquifère (n° PM5)	Réel double	8
Noclas	N° d'identification de la zone d'alimentation	Texte	255
X	X lambert de la zone en m	Réel double	8
Y	Y lambert en m	Réel double	8
Alim	Alimentation en m3/s	Réel double	8

Table: ALIM_MAILLAGE : relation alimentation – maillage

Nom	Désignation	Type	Taille
Noclas	N° de classement pour zone d'alimentation	Texte	254
Maille	N° de maille	Texte	10

Le numéro de maille est mis à jour automatiquement par une procédure utilisant une requête spatiale d'affectation. Cette procédure doit être lancée à chaque changement de coordonnées ou à l'occasion d'un nouveau maillage.

Table: LEXIQUE : contient la signification des codifications utilisées

Nom	Désignation	Type	Taille
Nom	Nom du lexique	Texte	25
Code	Code de l'élément de lexique (numéro séquentiel)	Octet	1
Description-Fr	Description en langue française	Texte	50
Description-Eng	Description en anglais	Texte	50
Observation	remarques	Texte	20

ANNEXE 2

Notice d'utilisation de SAGESSE

INTRODUCTION

SAGESSE a été développé dans le souci de regrouper et de capitaliser l'ensemble des développements informatiques réalisés dans le cadre du projet SASS afin de constituer progressivement un outil de gestion des données utilisables aussi bien par les pays pour leurs besoins propres que par la structure de gestion concertée du bassin prévue pour l'après projet.

La mise en place de ce système a permis entre autre :

- Une synthèse de toutes les données disponibles (informations recueillies par les pays, données collectées dans le cadre des études réalisées dans la zone) qui ont été regroupées et organisées sous la forme d'une base relationnelle exhaustive qui permettra à l'avenir de réduire considérablement les coûts et délais de la phase de collecte de données.
- Des outils facilitant la préparation des données d'entrée pour le modèle numérique ont été développés. Ces outils ont permis et permettront de mettre en œuvre plus facilement les scénarii d'exploitation.
- Des procédés de mise à jour et de transfert des données qui rendent aisés les opérations d'actualisation du modèle du fait de l'harmonisation des données devant provenir des trois pays.

SAGESSE c'est donc en résumé :

- une base de données relationnelle conçue pour répondre de façon durable à la gestion du bassin et pouvant apporter des réponses concrètes aux préoccupations des trois pays,
- un ensemble de modules permettant de s'affranchir des opérations fastidieuses de préparation des données pour le modèle et de fournir plus de possibilités au modélisateur pour intégrer plus d'hypothèses,
- une interface conviviale de navigation, de recherche, de sélection des données et de mise à jour des données
- un arsenal de requêtes statistiques pouvant être enrichi et personnalisé selon les besoins.

Les procédés utilisés pour le développement de ce système offrent une solution technologique durable et une migration aisée vers des systèmes haut de gamme dans le cas où cela deviendrait nécessaire (volume de la BD, utilisation accrue par plusieurs utilisateurs, multiplication des intervenants, intégration de données supplémentaires...). Ces techniques d'actualité se résument en :

- l'usage de la technologie ACTIVEX
- l'exploitation des outils SIG pour l'interfaçage avec le modèle numérique
- le paramétrage qui permet une maintenance aisée du système.

SAGESSE comporte donc trois parties essentielles qui sont :

- la BD proprement dite : structure des tables et requêtes
- l'interface utilisateur : navigateur, formulaires de saisie
- les modules permettant le lien avec le modèle numérique et les fonctions VB de personnalisation et de connection avec le SIG.

Installation

Configuration requise

SAGESSE a été conçu pour fonctionner en mono-poste sous Windows 9x, 2000 ou NT. Il fonctionne de façon optimale avec les équipements acquis dans le cadre du projet pour chacun des trois pays et au niveau du SASS à Tunis, c'est à dire des Pentium III avec :

- 128 Mo de RAM
- 1 écran 17"
- 1 Lecteur ZIP

les logiciels suivants sont requis pour le fonctionnement de SAGESSE :

- OFFICE 2000 Professionnel incluant ACCESS
- ARCVIEW 3.2
- SPATIAL ANALYST

Procédure d'installation

L'installation se fait de façon manuelle par simple copie des fichiers figurant dans le CDROM. Il faut créer deux dossiers au sein d'un même lecteur :

- Le dossier «**SAGESSE**» devant contenir la base de données
- Le dossier «**CARTES_SASS**» où seront recopiés les fichiers cartographiques

Fichiers fournis avec le logiciel :

- Le dossier «SAGESSE» qui renferme les fichiers suivants :
 - Sagesse_data : fichier contenant les données seulement (tables)
 - Sagesse.mdb : fichier contenant les autres objets de base de données
 - Sagesse.mdw : fichier d'informations sur les groupes de travail

 - Book03.ico : fichier icône
 - Earth.ico
 - Pm5.bmp
 - Search.avi

 - Init_lamb.ave : Initialisation de l'extension «*Maj_DB_Lamb*»
 - Maj_DB_Lamb.avx : extension pour la conversion géographique–Lambert et mise à jour de la BD
 - gen_maille_clip.mbx : génération du maillage
 - histo_maille.mbx : affectation de numéros de mailles aux points d'eau.

- Le dossier «**CARTE_SASS**» qui comporte les fichiers ARCVIEW suivants :

➤ admin_sass.dbf
 ➤ admin_sass.sbn
 ➤ admin_sass.sbx
 ➤ admin_sass.shp
 ➤ admin_sass.shx

} Limites administratives

➤ courbes_niv.dbf
 ➤ courbes_niv.sbn
 ➤ courbes_niv.sbx
 ➤ courbes_niv.shp
 ➤ courbes_niv.shx

} Courbes de niveaux

➤ ext_ci.dbf
 ➤ ext_ci.shp
 ➤ ext_ci.shx

} **Extension du CI**

➤ ext_ct.dbf
 ➤ ext_ct.shp
 ➤ ext_ct.shx

} **Extension du CT**

➤ ext_sass.dbf
 ➤ ext_sass.sbn
 ➤ ext_sass.sbx
 ➤ ext_sass.shp
 ➤ ext_sass.shx

} **Extension de la zone**

➤ Failles.dbf
 ➤ Failles.shp
 ➤ Failles.shx

} **Failles**

➤ grille_ci.dbf
 ➤ grille_ci.sbn
 ➤ grille_ci.sbx
 ➤ grille_ci.shp
 ➤ grille_ci.shx

} **Maillage du CI**

➤ grille_ct.dbf
 ➤ grille_ct.shp
 ➤ grille_ct.shx

} **Maillage du CI**

➤ hydro.dbf
 ➤ hydro.sbn
 ➤ hydro.sbx
 ➤ hydro.shp
 ➤ hydro.shx

} **Réseau Hydrographique**

➤ merid.dbf
 ➤ merid.shp
 ➤ merid.shx

} **Méridiens**

➤ paral.dbf	}	Parallèles
➤ paral.shp		
➤ paral.shx		
➤ points_sass.dbf	}	Points d'eau
➤ points_sass.sbn		
➤ points_sass.sbx		
➤ points_sass.shp		
➤ points_sass.shx		
➤ routes.dbf	}	Routes principales
➤ routes.sbn		
➤ routes.sbx		
➤ routes.shp		
➤ routes.shx		
villes_1.dbf	}	Agglomérations principales
➤ villes_1.sbn		
➤ villes_1.sbx		
➤ villes_1.shp		

Procédure d'installation

Étape 1 :

- Copie des fichiers ci-dessus énumérés dans les dossiers respectifs. Une seule condition la même unité de disque doit abriter les dossiers «SAGESSE» et «CARTE_SASS».
- Création du raccourci avec les propriétés suivantes :

"C:\Program Files\Microsoft Office\Office\MSACCESS.EXE" U:\sagesse\sagesse.mdb /wrkgrp U:\sagesse\sagesse.mdw »

Avec comme répertoire de démarrage : U:\sagesse

La lettre U représentant la lettre du lecteur où ont été recopiés les fichiers.

Étape 2 : Copie des modules annexes

Cette opération concerne les programmes «Avenue» et «Mapbasic» développés pour assurer des fonctions de connection BD - SIG – PM5

- Fichiers «Avenue» :
 - Init_lamb.ave dans le répertoire «**Sagesse** »
 - Maj_DB_Lamb.avx dans le dossier «**U:\esri\AV_GIS30\ARCVIEW\EXT32**»

U désignant le lecteur où est installé le logiciel ARCVIEW.

- Fichiers «Mapbasic» :
 - gen_maille_clip.mbx : dans le répertoire «**Sagesse** »
 - histo_maille.mbx également dans «Sagesse»

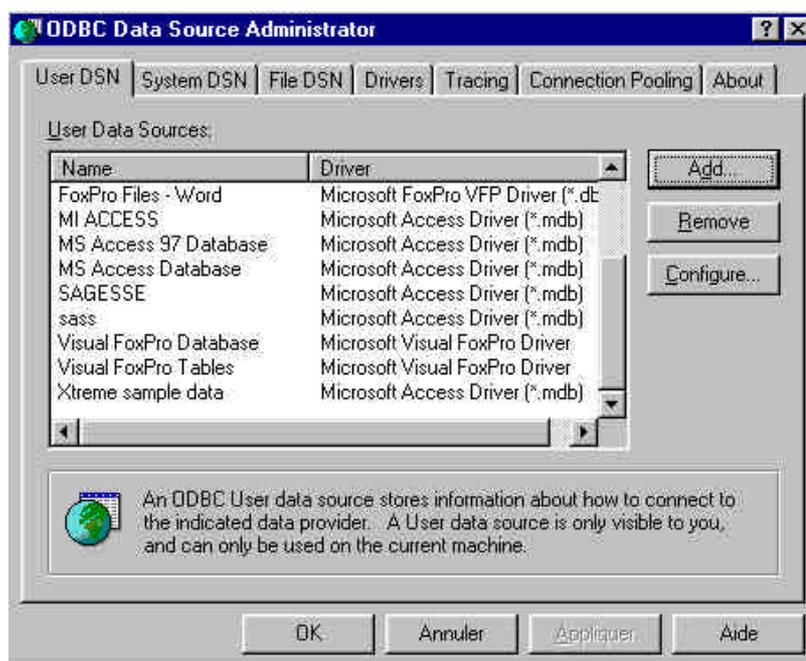
Etape 3 : configuration ODBC

Pour cela lancer le module «Odbc 32 » à partir du panneau de configuration :



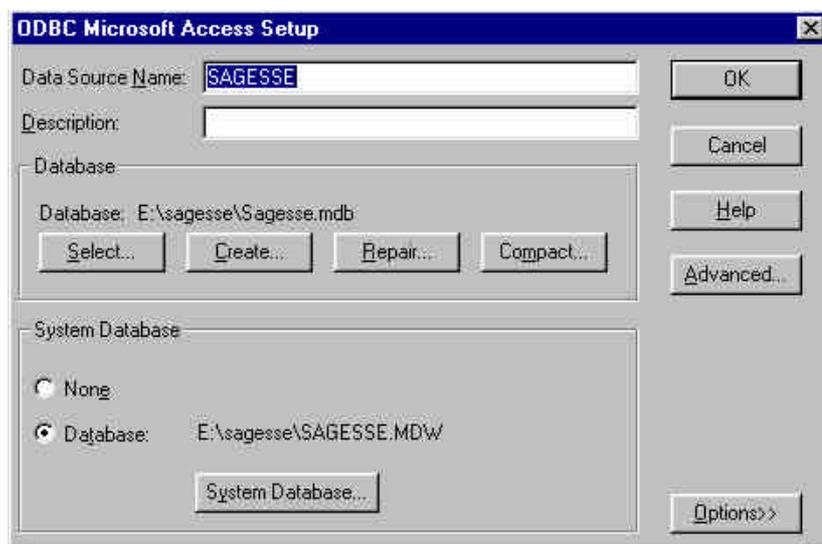
Le but de la manœuvre est d'ajouter la source de données «**SAGESSE**» afin de pouvoir s'y connecter à partir d'Arcview .

L'écran suivant apparaît :



- A ce niveau, cliquer sur le bouton «**Add**» après avoir sélectionné le driver «**MS ACCESS DATABASE**». Ensuite dans l'écran suivant taper :

Le nom de la data source : «**SAGESSE**» et choisir le nom de la base système copiée auparavant dans le dossier adéquat (qui contient la BD).



Cliquer sur OK et fermer les fenêtres du panneau de configuration.

Informations sur les groupes de travail :

Trois groupes ont été créés possédant chacun des privilèges et droits d'accès. Un mot de passe et un compte sont attribués à chacun de ces groupes :

Le groupe «Administrateur»

Dispose de tous les droits de mise à jour des données et de modification des autres objets de la base. Un administrateur unique existe pour l'instant (siège du SASS à Tunis).

Le groupe «équipes de projet»

Il s'agit des utilisateurs des équipes des trois pays qui disposent chacune d'un compte et d'un mot de passe propre. seules les données pourront être mises à jour par ce groupe qui n'est pas autorisé à modifier certains objets comme les tables utilitaires, les formulaires communs et de configuration.

Chaque pays peut accéder aux informations des deux autres, mais seules les modifications apportées aux données du pays en question sont prises en compte lors de l'actualisation de la base commune se trouvant au SASS.

Le groupe «équipe modèle»

Celui-ci possède les droits d'accès en lecture seule sur l'ensemble des données et peut modifier certains objets de la BD propre au modèle numérique.

Liste des groupes :

- SASS (Administrateur)
- ANRH
- DGRE
- GWA
- Modele :
- Invité: Seulement la consultation.

- Si on tente de supprimer une wilaya qui comporte au moins un point d'eau, le système affiche un message d'erreur.

Ces relations sont également très intéressantes pour l'élaboration de requêtes (jointures).

Cette structure provient du modèle conceptuel des données dont il représente un sous ensemble car seules les informations nécessaires au projet ont été prises en compte. Ce qui a donné les tables suivantes, classées par catégorie:

Les tables :

► Tables de données statiques:

- **Points** : caractéristiques des points d'eau identifiés par un code unique qui est le champ «NOCLAS». Ce champ est repris tel qu'il existe au niveau de chaque pays (codification identique).
- **Adm_Imb** et **Pays** représentent respectivement les entités administratives (Wilaya ou municipalités) et les pays.
- **Captage** et **Aquifère** contiennent les informations sur les couches captées.
- **Maillage** et **Maillage-points** : la première comporte les caractéristiques des maillages (on peut en avoir plusieurs selon la taille des mailles, l'extension, la prise en compte ou non d'une couche aquifère). La deuxième est une table intermédiaire faisant le lien entre les deux (un point d'eau appartient à une maille dans un maillage considéré).
- **Usages**: principaux usages des points d'eau (AEP, irrigation, ...). Un point d'eau peut avoir plusieurs destinations.
- **Âges, étages et Formations** : contiennent respectivement les âges géologiques, les étages et les différentes formations litho-stratigraphiques existantes dans le SASS.
- **Stratigraphie** : description des différentes couches géologiques des points ayant servi au tracé des coupes.

► Tables d'historiques :

- **Piézométrie** : série des valeurs piézométriques par point et par année. La valeur est soit un niveau statique, soit un niveau piézométrique. La conversion est réalisée par le système quand le champ «altitude» est renseigné.
- **Exploitation** : historique des prélèvements également par année. Deux champs sont acceptés : le débit en l/s ou bien le volume en m³/an, la transformation de l'un en l'autre est effectuée automatiquement au cours de la saisie.
- **Qualité** : contient les valeurs d'analyses chimiques par date et par point.
- **Hydrodynamic** : historique des valeurs des paramètres hydrauliques. Nous avons préféré associer une date à ce type de données, même si, actuellement, une seule mesure au plus est rattachée à chaque point d'eau.

► Tables utilitaires :

Ce sont des tables utilisées par le système pour son fonctionnement. En général ces tables ne peuvent être mise à jour que par l'administrateur :

- **Lexique**: contient l'ensemble des codifications utilisées dans la base. Elle se présente sous la forme d'un dictionnaire Code – Signification en clair.
- **Couches_SIG** : liste des couvertures SIG et des attributs associés.
- **Liste_requete** : liste de toutes les requêtes que l'on peut exécuter par le biais de

l'explorateur (bouton .

► Tables de liaison modèle :

Ces tables annexes sont créées et mises à jour par des programmes et servent exclusivement pour les opérations de préparation des données pour le modèle numérique. Leur présence est indispensable pour le bon fonctionnement du système.

- **Aliment** : comporte les données d'alimentation par maille en m³/s. Les données d'alimentation sont saisies par maille et non pas par point.
- **Alim_maillage**: relation entre *Point* et *Aliment*

Les formulaires:

Ils constituent l'interface utilisateur pour parcourir et modifier les données de façon simple et conviviale. Les formulaires indispensables sont les suivants :

- **«Principal»** : c'est le formulaire qui est lancé automatiquement lors du chargement de la BD et qui affiche l'explorateur. Il joue le rôle de menu principal et de navigateur des données de points d'eau.
- **«Données générales»** : c'est le formulaire qui permet de saisir les données sur les points d'eau. Il se présente sous la forme d'onglets à plusieurs page qui comporte chacune une catégorie d'information pour un point donné.
- **«Rechercher par Noclas»**: permet d'introduire un n° de point à rechercher
- **«Import géologie»** : procédure d'importation des données issues du logiciel «ROCKWORKS»

Les sous formulaires reliés au formulaire «données générales»

- **«sf_hydro»**: pour la saisie des paramètres hydrauliques
- **«sf_captage»** : introduction des niveaux captés
- **«sf_usage»** : pour l'introduction des informations sur les usages
- **«sf_exploit»** pour la saisie des historiques d'exploitation
- **«sf_piezo»** : saisie des chroniques de niveaux
- **«sf_qualite»** : pour l'entrée des données de qualité
- **«sf_strati»** : introduction des coupes stratigraphiques

- **«Graphique exploitation»** : affichage du graphique d'évolution des prélèvements au niveau d'un point d'eau
- **«Graphique NS» «graphique piézométrie»** graphiques pour les séries de niveaux statiques et de niveaux piézométriques
- **«Graphique Salinité»**: courbe des valeurs de résidu sec pour le point en cours.

- **«maj liste requete»**: Explorateur des différentes requêtes réalisées et classées par catégorie

- **«Contrôle couches»** : permet de configurer les paramètres de la fenêtre carte

- **«Vers mapinfo»**: transfert des données vers le SIG pour affectation d'un n° de maille
- **«Vers mapinfo_alim»**: Idem que précédent mais pour les données d'alimentation
- **«De mapinfo»**: récupération des résultats de la requête spatiale pour l'affectation des n° de mailles
- **«De mapinfo_alim»**: Idem mais pour les données d'alimentation

- «**Pre_modele**» fenêtre de saisie des paramètres et d'exécution de la procédure de transfert des données vers le modèle numérique (format PM5).

Les requêtes :

Un grand nombre de requêtes a été réalisé durant le projet. Les plus importantes ont été regroupées dans un catalogue (table *liste_requete*) afin de fournir à l'utilisateur la possibilité de les lancer par simple click au sein d'un explorateur de requêtes.

Le classement de ces requêtes peut être revu ou adapté à des besoins spécifiques et l'ajout d'autres requêtes au catalogue est une opération aisée (voir description plus loin) qui doit, soulignons le, être réalisée par l'administrateur de la BD.

Contenu du catalogue des requêtes :

groupe	Nom
Statistiques points d'eau	Nombre de points par période
	Nombre de mesures exploitation par origine
	Nombre de mesures piezo par origine
	Nombre de mesures piezo par période
	Nombre de points par pays ayant usage
	Nombre de points par tranche age
	Nombre de points par tranches débits
	Nombre de points par type ouvrage
	Nombre par aquifère et par pays
	Nombre par aquifère et wilaya
	mesures piezo avant 81 et après
	Piézomètres par maille
	piézométrie par origine
	points avec exp en 2000
	Points ayant 1 prélèvement avant 82 et un autre après 82
	Points ayant au moins deux mesures piezo
	Points ayant captages
	Points ayant données hydrodynamiques
	Points bien renseignés
	Points exploités après 95 et ayant plus de 3 mesures
	Points par pays ayant historique exploitation
	Points par pays ayant historique Qualité
	Points par pays ayant Historique piezo
	points par Wilaya et Aquifère
Points tous renseignés	
Taux de remplissage des champs	
	Historiques prélèvements
	Prélèvements CI par Unité Administrative et par année
	prélèvements comparés en 2000
	prélèvements comparés en 82
	Prélèvements CT par Unité Administrative et par année

groupe	Nom
Prélèvements	Prélèvements globaux par année et par wilaya
	Prélèvements Globaux par Unité Administrative et par année
	prélèvements par aquifère année et wilaya
	Historique prélèvements par maille
	somme des prélèvements par pays et aquifère en 2000
	somme des prélèvements par wilaya
Piézométrie	Relation prélèvements profondeur age par année
	synthèse exploitation par maille et par année
	Volumes par usage et par pays
Requêtes de synthèse	Exploitation en fonction de l' age
	Forages dont age est sup. à une valeur et qui sont exploités
	Forages par classes de profondeur

Seules les requêtes sélection figurent dans ce catalogue. Les autres requêtes action doivent être lancées au sein de la fenêtre base de données ou pour certaines d'entre elles par programme.

Voici la liste de celles qui doivent absolument exister dans «**SAGESSE**» pour que celui-ci fonctionne :

Type	Nom de la requête	Fonction
Requêtes Intermédiaires	Affecter période	Affecter un n° de période à chaque point d'eau (*)
	age des forages	Calculer l'âge des forages
	calcul ratio	Calcul du ration «Nombre de forages»/ «Somme des prélèvements»
	tranches débits	Affectation d'une tranche de débit au points d'eau(*)
	Exploitation distinct	Points d'eau ayant historique d'exploitation
	piezo distinct	Points d'eau ayant historique de piézométrie
	qualite distinct	Points d'eau ayant historique de qualité
	usages distinct	Points d'eau ayant informations sur l'usage
Requêtes de liaison – PM5	bd_mapinfo	Extrait les points ayant des coordonnées Lambert pour envoi vers le SIG
	bd_mapinfo_alim	Extrait les données d'alimentation ayant des coordonnées Lambert pour envoi vers le SIG
	historique exploitation par maille	Constitution des historiques de prélèvements par aquifère et par maille. Seuls les points ayant un n° de maille sont pris en compte
	calcul NP par altitude	Mise à jour du niveau piézométrique par le valeur du niveau statique. Altitude non nulle
	calcul NS par altitude	Mise à jour du niveau statique par le valeur du niveau piezométrique. Altitude non nulle

* Voir annexe 3

Requêtes Mise à jour	conversion en degrés décimaux DGRE	Rectification des longitudes par shift de 2,5969213 + transformation en degrés décimaux pour les points de la DGRE dont les coordonnées sont exprimés en grades Paris.
	Conversion en degrés décimaux	Conversion en degrés décimaux pour les autres points.
	maj_Prelev_parDebit	Mise à jour du volume annuel par le débit fictif continu
	maj_Debits_parPrelev	Mise à jour du débit fictif continu par le volume annuel

Les autres requêtes ayant servi pour le transfert des données hétérogènes issues des trois pays ont été supprimées car n'ayant plus aucune utilité (d'autres procédures de transfert ont été développées à partir des BD installées au niveau de ces derniers).

Les Macros :

Les macros sont en général utilisées pour réaliser des actions prédéfinies dans ACCESS en réponse à des événements.

«**Autoexec**» : macro de démarrage de «SAGESSE» qui ouvre l'explorateur

«**Editer points d'eau**» : permet de charger le formulaire de saisie des points d'eau après un

click sur 

«**grades ou degrés**» : affiche le texte «Degré» ou «Grad» selon le choix opéré par l'utilisateur pour le contrôle «*unité geog.*»

«**graphique exploitation**» : charge le formulaire qui permet d'afficher le graphique exploitation.

«**graphique piézométrie**» : Idem pour le graphique niveau piézométrique

«**graphique ns**» : affiche le graphique Niveau statique.

«**graph_RS**» : montre le graphique d'évolution du résidu sec pour le point en cours.

«**ouvrir formulaire requêtes**» : affiche l'explorateur de requêtes (bouton )

«**vers mapinfo**» : ouvre la fenêtre de dialogue pour l'entrée du nom de fichier d'exportation vers Mapinfo

«**de mapinfo**» : Idem pour l'importation.

Les modules :

Les modules sont des programmes Visual Basic pour Application (VBA) qui permettent d'exécuter des tâches spécifiques ou complexes qui ne peuvent pas être réalisées avec l'aide des macros.

Il y a deux catégories de modules :

- les procédures liées aux contrôles (objets de l'interface utilisateur) en réponse à des événements,
- la bibliothèque de programmes VBA où se regroupent les fonctions et procédures propres à SAGESSE développées dans le cadre du projet

Nous décrivons ici les fonctions de SAGESSE susceptibles d'être adaptées ou améliorées par les administrateurs des BD :

Module «proced et fonct» contient les procédures et fonctions générales communes

Type	Nom	Valeur retournée
Fonctions	Function piquer_code	Libellé d'un lexique à partir du code
	tranche_age	Tranche d'âge pour un âge donné
	tranche_prof	Tranche de profondeur pour une profondeur donnée
	affecter_periode	Affecter une période à un point d'eau (avant 72, 72-82, 82-90, >90).
	tranche_debits	Tranche de débit
	former_noclas	Constituer un n° de classement sous le format exigé par la BD
	degrés_dec	Conversion en degrés décimaux des coordonnées exprimées en DMS
	x_grades_to_DD	Conversion grades vers degrés décimaux avec prise en compte de l'origine (Paris ou Greenwich)
	dd_to_dms	Conversion degrés décimaux au format DMS
	cadrer_dec	Ecrire un nombre écrit sur une certaine longueur et un nombre de décimales désiré

Module «Maths» fonctions mathématiques communes

Type	Nom	Valeur retournée
Fonctions	arrondisup	Arrondit les nombres en entier par excès
	interpolin	Retourne une valeur par interpolation linéaire
	Deg_2_Rad	Retourne la constante de conversion degré - radians

Module «Liens modele» : fonctions utilisées dans les programmes d'interfaçage avec le modèle PM5

Type	Nom	Valeur retournée
Fonctions	de_mapinfo	Retourne le nom du fichier Mapinfo contenant les n° de mailles
	versMapinfo	Nom du fichier d'exportation vers Mapinfo
	ligne_colonne	Retourne les n° de ligne, colonne dans un maillage
	pm5_dat	Retourne le nom du fichier PM5 devant accueillir les historiques de prélèvement par maille
	aquif_couche	Relation aquifère – couche du modèle

«Module Importations» Procédures et fonctions utilisées pour le transfert automatique des anciennes données DGRE

Type	Nom	Valeur retournée
Procédures	importer_expl	Importe les données d'exploitation qui sont au format Dbf.
	importer_piezo	Importe les données de piézométrie
	import_hist_qual	Transfert des données de qualité saisies au niveau du SASS
Fonctions	arrange_irh	Transforme le numéro des points d'eau DGRE en numéro IRH conforme
	aquif_couche	Relation aquifère – couche du modèle

Module «**Lancer_debits**» :rattachée au formulaire «pre_modele» cette procédure permet le calcul de la somme algébrique «Alimentation – prélèvement» au niveau de chaque maille en partant de tables «Exploitation» , «Points» et «aliment».

L'explorateur

L'explorateur est l'élément principal du logiciel à partir duquel toutes les autres fonctions sont activées. Il se lance automatiquement au chargement de la base de données et permet de visualiser et de parcourir l'ensemble des données disponibles sous des formes diverses et selon des points d'entrée multiples.

Etant affiché en permanence (jusqu'à sa fermeture par l'utilisateur), il fournit un aperçu sur la localisation, le nombre et la répartition des points d'eau qui représentent le composant essentiel de la BD.

N°class	Nom	Type	Longitude	Latitude	Altitude	Pntm	a	Date Réal
00000005	TENKITA 1	Forage	1088307,02	356198,37		130,3		07/07/1994
00000005	BECHELLI 2	Forage	1076726,14	351991,31	32,67	115		01/04/1995
00010005	Beane 1		1095119,5	358294,22	57,6			
00020005	JEMNA 1	Forage	1086058,64	347763,96	45,9	67,5		26/05/1912
00030005	DOUZ 1 BIS	Forage	1088032,93	355207,4	55,12	74,2		17/04/1961
00030025	Douz 2 bis		1087765,69	354507,16	65,1200...	74,7		
00031005	BAZMA 2	Forage	1084910,39	358252,07	57,6	59,55		30/05/1980
00033005	EL BDLAA 1	Forage	1095642,51	338041,31	56,39	65,8		
00038005	ZARFINE 1	Forage	1070219,39	316829,45	24,87	120		13/06/1915
00040005	Toumbar 1		1074056,31	365238,08	25			
00047005	NEOGA 1	Forage	1068241,35	364694,08	40	93,6		03/04/1921
00052005	BARTA 1	Forage	1078114,82	364760,06	34,29	79		
00060005	TENBIB 1	Forage	1074041,87	362991,46		92,4		
00070005	RAHMAT 1	Forage	1093460,7	359805,74	46,1	96,62		31/03/1992
00072005	Neoga 2		1067400,93	364645,11	21,75	97		30/04/1993
00073005	Guettaya 1	Forage	1072767,79	359962,82		125,6		31/12/1993
00073025	Guettaya 2	Forage	1072767,79	359962,82	28,8099...	150		06/05/1981
00080005	SCAST 2	Forage	1085990,17	351719,41		64,2		
00087005	Scast 3	Forage	1089145,2	352050,47	41,8999...	00		
00710005	S. Rahmat	Source	1082992,01	359570,34				
01550005	TENKITA 2	Forage	1087940,42	356725,82	40	107,3		31/03/1998
01787005	S. Medaris	Source	1010532,67	390052,26				01/01/1987
01802005	SOURCE GH...	Source	1066602,84	384741,37				06/04/1942
01925005	S. Hamoun	Source	1077944,06	332280,84	46,5			07/05/1948
01946005	SOURCE RAD...	Source	1106603,11	367315,89				10/11/1950
01971005	S. Slim	Source	1076045,07	347262,33				
01973005	S. Tenbar	Source	1073965,1	365931,86				
01973005	S. Tenbib	Source	1074763,5	363160,70				
01965005	SOURCE ZAR...	Source	1068733,67	343530,84				15/06/1989
02010005	S. Jemna	Source	1086739,82	347905,2	45			01/11/1928
02027005	S. Tench	Source	1083259,49	372666,33				
02031005	S. Tenchig	Source	1083529,34	370995,16				

Deux modes de représentation sont offerts : le mode numérique (attributs principaux) et le mode cartographique (localisation géographique)

Ce navigateur servant également de menu principal, comporte les boutons qui actionnent chacun une fonction prédéfinie dans **SAGESSE**.



Permet de choisir le critère de tri des points d'eau: par pays et entité administrative ou bien par aquifère et type de point d'eau.



Utilisé pour basculer entre le mode numérique et le mode cartographique



Ouvre le formulaire «**donnees generales**» en vue d'éditer les points d'eau (création ou mise à jour)



Permet d'explorer les résultats des requêtes mises au point dans le cadre du projet.



Lance le module qui permet le transfert des données vers **PM5** : débits par maille, piézométrie



Prévu pour le lancement des états de sortie. Très peu utilisé dans le cadre du projet



Quitte l'explorateur pour revenir à la fenêtre Base de données.

La fenêtre de droite peut contenir soit un tableau contenant les caractéristiques essentielles des points d'eau appartenant à l'entité sélectionnée, soit une carte des points d'eau sur un fond contenant les couches du SIG. Dans les deux cas un double click sur un point d'eau fait apparaître un formulaire qui porte les informations détaillées sur le point choisi.

Dans le cas d'un tableau numérique, les caractéristiques affichées diffèrent selon que l'on choisisse la clé «*entité administrative*» ou «*par aquifère et type*». Dans le premier cas, les données suivantes sont montrées :

SAGESSE										
Clé de Parcours		N° de classement	Nom	Type	Longitude	Latitude	Altitude	Profondeur	aquifère	Date Réal.
Algérie	Entité Administrative	G01000332	STILLE 1 COMAFOR	Forage	756393.51	410511.09	15.84	541	CT	01/01/1961
		G01000345	F SOVIETIQUE N 34	Forage	796509.76	410432.44		449	CT	01/02/1967
		G01000410	RECONNAISSANCE PR 2	Forage	764183.7	411482.99		255	CT	01/01/1971
		G01000438	STILE N 3 SV N 74	Forage	793569.25	114187.32	17	418	CT	01/01/1971
		G01000459	RECONNAISSANCE PR 14	Forage	770184.13	406747.35	70.464	288	CT	01/01/1971
		G01000551	BAADI	Forage	780845.74	382510.72	35	450	CT	12/11/1986

les colonnes N° de classement, nom, Type d'ouvrage, coordonnées Lambert, altitude, profondeur, aquifère et date de réalisation sont affichés.

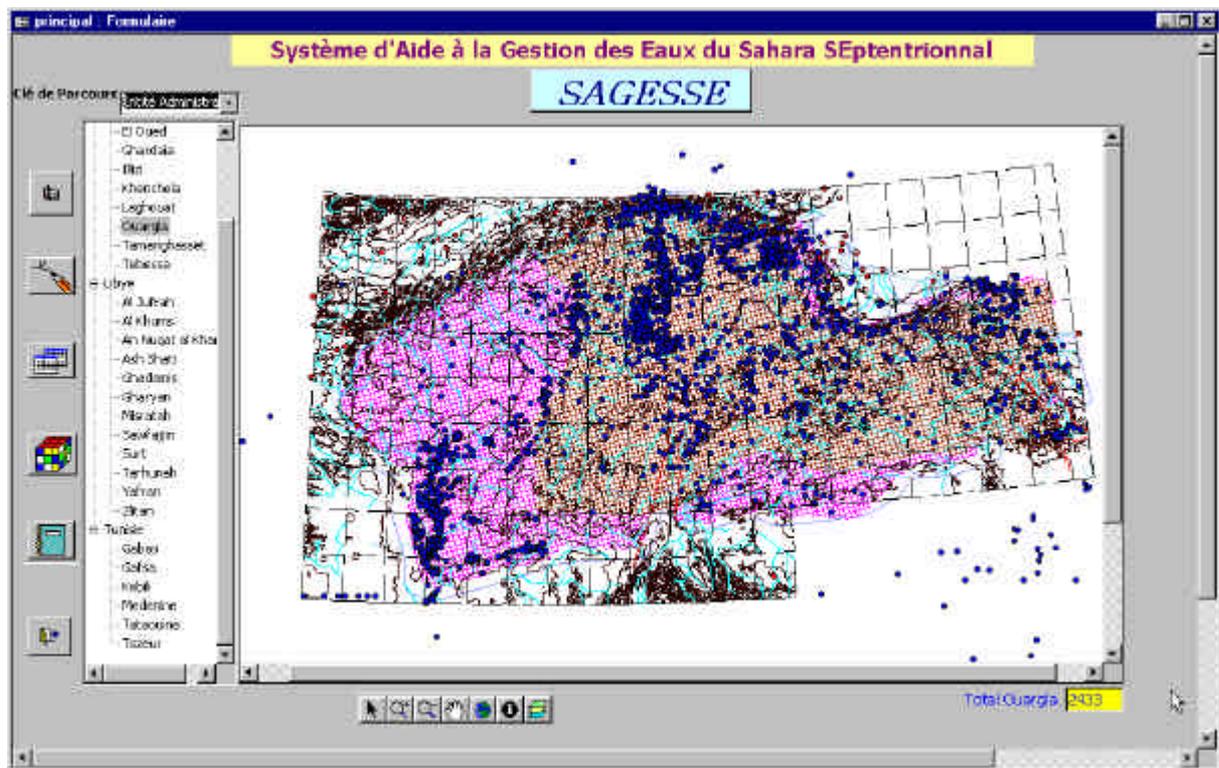
Par contre si le critère d'entrée est l'aquifère et type de point, le tableau est modifié :

SAGESSE											
Clé de Parcours		N° de classement	Nom	Pays	Wilaya	Longitude	Latitude	Altitude	Profs	Date Réal.	
Algérie	Mappe et Type	K.8	Wedi Bankoub	L	Soufiane	1723754.7	35171.05	75	1279	01/01/1977	
		K.9	IS	L	Soufiane	1697730.86	72763.75	113	1350	01/02/1977	
			Katalla	Wedi Tera	L	Soufiane	1818621.03	24425.98	290	1700	01/01/1979
			Benahena	Wedi Tera	L	Soufiane	1782924.78	128425.32	1900	1600	01/01/1980
		L00500020	TABELKOZA	ADRAR	ADRAR	371283.29	68172.06	0	140	01/01/1962	
		L00500021	TAZUZA	ADRAR	ADRAR	305466.95	125387.3	0	190	01/01/1963	
		L00500022	TANTAS 2	ADRAR	ADRAR	311845.1	34659.45	0	190	01/01/1969	
		L00500023	TANTAS 1	ADRAR	ADRAR	310755.18	62480.06	0	190	01/01/1968	
		L00500024	AIN HAMMOU	ADRAR	ADRAR	303346.88	88837.22	394	104		
		L00500025	FATIS	ADRAR	ADRAR	302320.65	82935.24	359	60		
		L00600019	HASSI INGHAL	SHARDAIA	SHARDAIA	637049.64	-176735.57	413	94.7	01/01/1990	
		L00700018	erg cdek 2	SHARDAIA	SHARDAIA				841.5	01/01/1962	
		L00700032	HAFRET ABBES N 13	SHARDAIA	SHARDAIA	517120.09	498	395	88.4	01/01/1929	
		L00700054	MIDUL KHANDOUSS	SHARDAIA	SHARDAIA	517011.73	431.85	294.5	105.5	22/12/1964	
		L00700063	BADRIANE 2 N 20	SHARDAIA	SHARDAIA	516887.74	-1189.71	390	145	10/05/1998	
		L00700064	HASSI EL AHMAR N	SHARDAIA	SHARDAIA	427771.84	58791.02	407.6	1368	04/01/1966	
		L00700066	HASSI MARRCKET 1	SHARDAIA	SHARDAIA	525265.92	36149.43	375	290	01/01/1964	
		L00700071	HASSI REHDU HH	SHARDAIA	SHARDAIA	496223.96	-14273.91	435.2	184.8	01/01/1962	
		L00700072	HASSI REHDU 2	SHARDAIA	SHARDAIA	521486.75	-230.25	449.9	880	01/04/1963	
		L00700073	GARET LOUAZOUA	SHARDAIA	SHARDAIA	513066.93	65106.62	403.06	355.5	23/05/1969	
		L00700075	DJERAMNA 30	SHARDAIA	SHARDAIA	513284.37	3923.28	394	700	28/04/1972	
		L00700076	TALHAJ 32	SHARDAIA	SHARDAIA	517737.61	-2987.59	395.72	152	06/05/1973	
		L00700079	BEL BACHIR 1 N 28	SHARDAIA	SHARDAIA	517333.75	226871.21		203	21/01/1970	
		L00700081	BADRIANE 2 N 21	SHARDAIA	SHARDAIA	516137.43	-2990.26	395	152	13/02/1973	
		L00700090	BADRIANE 3	SHARDAIA	SHARDAIA	516330.81	-40254.11		192	01/01/1964	
		L00700099	KEF 2	SHARDAIA	SHARDAIA				190	01/01/1978	

les colonnes Type et aquifère sont remplacées par pays et Wilaya.

Par défaut, les données sont triées par n° de classement. Mais en cliquant sur une entête de colonne, les données sont triées selon cette dernière.

L'appui sur le bouton bascule  permet d'afficher les couches du SIG les plus importantes figurant dans le dossier «CARTE_SASS».



Les couvertures ARCVIEW ne peuvent être modifiées qu'à l'aide du logiciel SIG, mais ces mises à jour se répercutent automatiquement sur le contenu de cette fenêtre.

Des boutons ont été créés pour exécuter chacune des fonctions principales du SIG, à savoir :



Bouton de sélection d'un point d'eau ou de zoom par rectangle.



Zoom in : facteur 2.



Zoom out : facteur 0.5.



Pan : ne fonctionne pas en full extent.



Full extent : Vue complète.

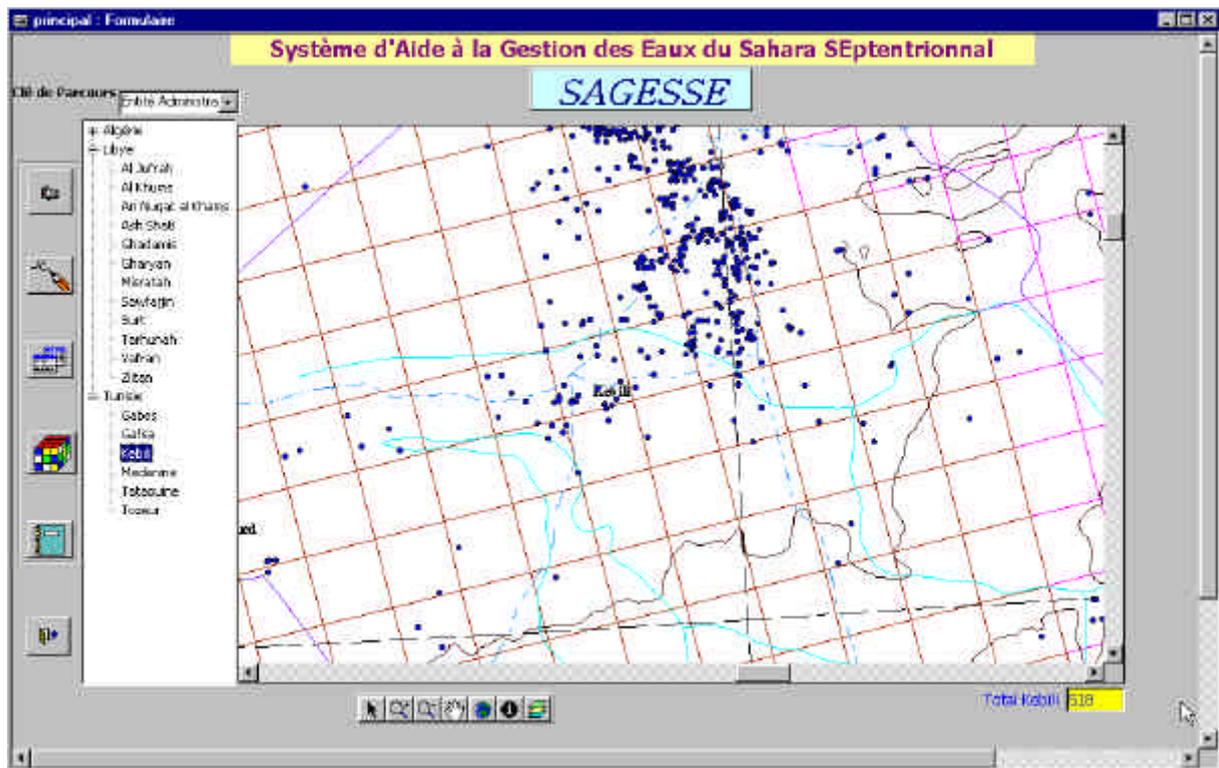


Bouton *Identify*: permet d'afficher le formulaire «**Donnees generales**» qui contient les informations détaillées sur le point d'eau

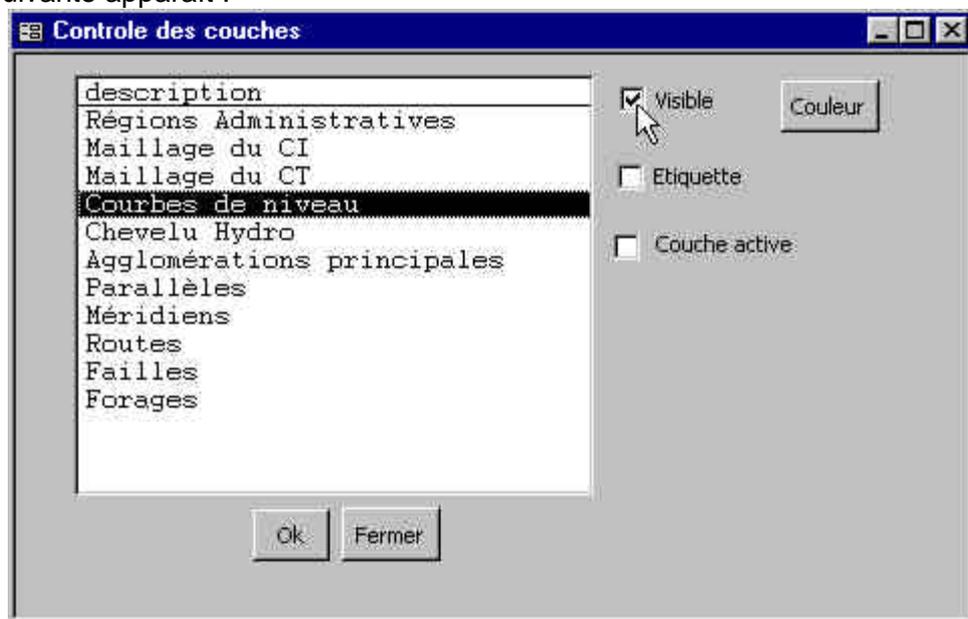


Contrôle des couches : permet d'activer le fenêtre de contrôle de la fenêtre carte (visibilité des couvertures, couleur des objets, affichage des étiquettes).

Lorsqu'un zoom est effectué, le click sur une wilaya permet de centrer cette dernière au sein de la fenêtre carte.



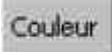
Le bouton  permet d'agir sur le contrôle des couches. En cliquant sur ce bouton, la fenêtre suivante apparaît :



La liste des différentes couches est affichée et en face les cases à cocher pour les propriétés:

- Visible : c'est à dire figurant au sein de la fenêtre
- Etiquette : case activée signifie que les étiquettes (label) des objets de la couche en question sont affichées.

- Couche active : permet de spécifier la couche prioritaire en sélection. Cette option a été prévue mais n'a actuellement aucun effet (la couche active est toujours celle des points d'eau).

Le bouton  permet de modifier les couleurs des objets de la couche sélectionnée dans la liste.

La fenêtre de dialogue «Couleurs» de Windows est appelée pour faciliter ce choix :



Utilisation du logiciel

Edition des données :

Cette option permet de consulter et d'éditer les données relatives aux points d'eau. Il y a deux manières d'accéder au formulaire qui réalise cette procédure :

- en faisant un double click sur un point d'eau dans la fenêtre d'exploration (Carte ou fenêtre de données)
- En cliquant sur le bouton 

La différence entre les deux modes réside dans le fait que dans le premier cas, le formulaire contient un filtre qui ne fait apparaître que le point courant et de ce fait, on ne peut pas consulter les autres points. Par contre le second mode permet de parcourir, de rechercher et de modifier l'ensemble des points d'eau de la BD.

Le formulaire se présente sous forme d'un onglet à pages multiples contenant les informations suivantes:

- **Page 1** : informations sur l'identification et la localisation des points, les caractéristiques hydrauliques, les données sur les usages et enfin une description des hauteurs crépinées.
- **Page 2** : données sur les niveaux lithologiques traversés
- **Page 3** : Stratigraphie
- **Page 4** : Historique exploitation
- **Page 5** : Chronique des mesures piézométriques
- **Page 6** : Historique qualité

La partie entête du formulaire comporte l'identifiant du point d'eau qui est commun à l'ensemble des pages : N° de classement et affichage du nom.

Les boutons de navigations situés en bas de page permettent de parcourir les données et de créer de nouveaux points d'eau (🔍).

Caractéristiques générales :

Entête du formulaire :

Lors de l'ouverture du formulaire, les données du premier point d'eau selon la clé, qui est le n° de classement) sont affichées. Les boutons de déplacement permettent ensuite de parcourir les enregistrements (suivant, précédent, premier, dernier).

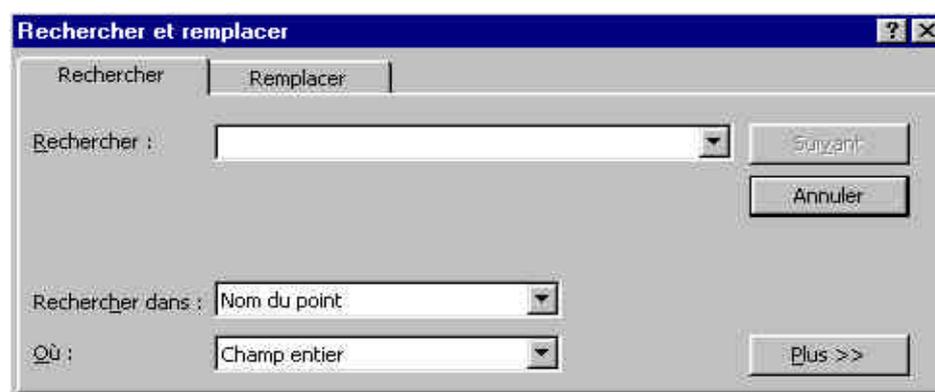
Dans SAGESSE, un bouton supplémentaire a été ajouté afin de rechercher un point d'eau connaissant son n° de classement : il s'agit du bouton .

En cliquant sur ce dernier, une fenêtre s'affiche pour effectuer cette recherche :



Une fois la sélection effectuée, le pointeur se positionne, dans le formulaire «**données générales**», sur le point d'eau ainsi choisi.

Si on veut que la recherche se fasse sur n'importe quel autre critère, un autre bouton peut être utilisé (). C'est le procédé du SGBD ACCESS qui fait apparaître la fenêtre suivante pour rechercher des données selon le champ courant dans le formulaire (endroit où se trouve le curseur au moment de l'appui sur ce bouton):



On tape alors dans la zone de recherche, l'expression à rechercher et dans la zone «**où**» le mode de comparaison :

- champ entier : recherche sur l'expression complète
- début de champ : comparaison sur les n premiers caractères tapés
- n'importe où dans le champ : existence de la chaîne tapée dans le champ recherché.

Il est possible de laisser ouverte la fenêtre de recherche et de parcourir l'ensemble des données qui obéissent au critère de recherche à l'aide du bouton «**Suivant**». Les données affichées dans le formulaire sont celles du point trouvé. La fermeture de la fenêtre se fait en cliquant sur «**Ignorer**» .

Remarques sur la saisie des champs :

Les champs représentés dans des Combo box sont de deux types :

- les informations proviennent du lexique
- les informations proviennent d'une autre table qui est en relation avec la table «**Points**»

Par exemple les données des champs : «**Type ouvrage**», «**Objet**» et «**Etat**» proviennent du lexique. Par contre les «**Wilaya**» relatives à un pays sont remplies à partir d'une requête qui extrait toutes les wilaya d'un pays donné.

Voici un exemple illustrant chacun des cas :

- A partir du lexique

Objet :
 Region:
 aptée :
 totale:
 Etat :

Champ :	Description-Fr	Nom
Table :	lexique	lexique
Tri :		
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Critères :		"objet_ouvrage"
Ou :		

Pour obtenir ce résultat, il a fallu fournir à la propriété «**contenu**» de la combo box la requête illustrée à droite.

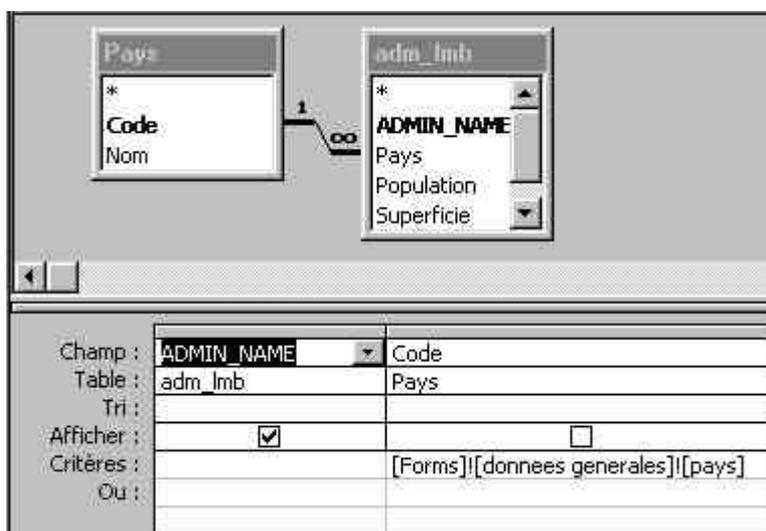
- A partir d'une table : liste des wilaya d'un pays

Identification - Localisation

Type Ouvrage :
 Pays :
 Unité Admin:
 Object :
 Region:

Aquifère:
 Formation Cap:
 Altitude :
 Date réal.:
 Prof to:
 Etat :
 LOG existe:

Cette fois, la propriété «Contenu» de la Combo a été définie comme suit :



Une procédure a été ajoutée au contrôle «**Pays**» qui permet de rafraîchir la liste des wilaya quand on change la valeur de ce dernier (afin de présenter à l'utilisateur les wilaya appartenant au pays choisi).

```
Private Sub pays_BeforeUpdate(Cancel As Integer)
    Me.wilaya.Requery
End Sub
```

LES CONTROLES EFFECTUES EN COURS DE SAISIE :

Les contrôles en cours de saisie des champs important comme : les dates, les coordonnées, les altitudes et profondeurs ont été incorporés. Des bornes inférieures et supérieures pour ces champs ont été calculés à partir d'une statistique sur les valeurs collectées au niveau de chaque pays.

A titre d'exemple, voici les bornes inférieures et supérieures pour les données DGRE:

Champ	Valeur Min	Valeur Max
Profondeur	30	3780
Altitude	0	640
Date de réalisation	1910	Année en cours
Longitude (degrés)	7.5	12
Latitude (Degrés)	30	35
Prelevement	0	1000
Niveaux	-350	390
Temperature	25	85
RS	14	15900
Année de mesure piezo	> Date de réalisation. Si celui-ci n'est pas renseigné => 1950	Année en cours
Année de mesure Débit	> Date de réalisation. Si celui-ci n'est pas renseigné => 1950	Année en cours

Ces valeurs pourront être modifiées en ouvrant les formulaires en mode création puis en agissant sur les événements « *Before_Update* » des contrôles concernés, comme le montre l'exemple suivant :

```

Private Sub Prof_totale_BeforeUpdate(Cancel As Integer)
    If Not IsNull(Me.Prof_totale) Then
        If Me.Prof_totale.Value < 0.0 Then
            Beep
            If MsgBox("Profondeur hors limites - Accepter?", vbYesNo + vbCritical + vbDefaultButton2) = vbNo Then
                SendKeys "{TAB}"
            End If
        End If
    End If
End Sub

```

Champ calculés invisibles :

Certaines rubriques dont le système a besoin sont calculées automatiquement et ne peuvent donc être manipulées par l'utilisateur. Il s'agit essentiellement de :

- La date de mise à jour des données : nécessaire pour mettre l'actualisation de la base du SASS à partir des BD nationales.
- Les champs longitude et latitude en «degrés décimaux» : dont le calcul se fait à chaque changement au niveau des coordonnées

	Grad	min	Sec.	E/W
Longitude	15	40	34	
Latitude	32	1	43	

Cette opération permet d'alléger les manipulations assez difficiles de mise à jour des coordonnées à des fins de positionnement des points d'eau à l'aide du SIG.

Historiques exploitation :

C'est un sous formulaire du formulaire «*Donnees generales*», la liaison se faisant par l'intermédiaire du n° de classement.

année	altitude (m)	Vol. Annual	Origine Info.
1950	46,0	1450655,0	ERES
1951	46,0	1450656,0	ERES
1952	46,0	1450655,0	ERES
1953	49,0	1545294,0	ERES
1954	43,0	136049,0	ERES
1956	44,0	1387584,0	ERES
1958	42,0	1324512,0	ERES
1957	42,0	1324512,0	ERES
1958	42,0	1324512,0	ERES
1959	42,0	1324512,0	ERES
1960	42,0	1324512,0	ERES
1961	46,0	1419120,0	ERES
1962	46,8	1447502,4	ERES
1963	46,7	1423731,2	ERES
1964	47,6	1501113,6	ERES
1966	48,4	1528342,4	ERES
1968	49,3	1564724,8	ERES
1967	50,1	1579951,6	ERES

un champ invisible qui est le n° de classement (celui-ci prend automatiquement la valeur du point d'eau en cours).

Nous avons gardé les colonnes «**débits**» et «**prélèvement**» parce que souvent les données d'exploitation s'expriment parfois en m³/an et parfois en l/s. Afin d'éviter la saisie simultanée des deux colonnes, une procédure de calcul automatique d'une colonne à partir de l'autre à été intégrée.

	année	débit (l/s)	Vol. Annuel	Origine_Info:
	1950	18,0	567648,0	ERESS
	1951	15,0	473040,0	ERESS
	1952	12,0	378432,0	ERESS
	1953	12,0	378432,0	ERESS
	1954	12,0	378432,0	ERESS
	1955	12,5	394200,0	ERESS
	1956	13,0	409968,0	ERESS
	1957	12,8	403660,8	ERESS

Comme le montre l'exemple ci-dessus, si le champ «**débit**» est saisi par l'utilisateur, le champ «**Vol.Annuel**» est calculé par le programme (le curseur ne s'arrête pas au niveau de la zone de saisie de ce champ). La situation inverse est également prévue.

Dans le cas où un changement ou ajout de données a besoin d'être annulé il faudrait appuyer sur la touche «**Echap**». Ceci est valable dans tous les formulaires.

La valeur de la colonne «**Origine_Info**» est choisie au sein d'une liste dont les valeurs proviennent de la table «**Lexique**»

Dans sa version actuelle, seule la représentation en histogramme est disponible pour le graphique.

Historique piézométrie

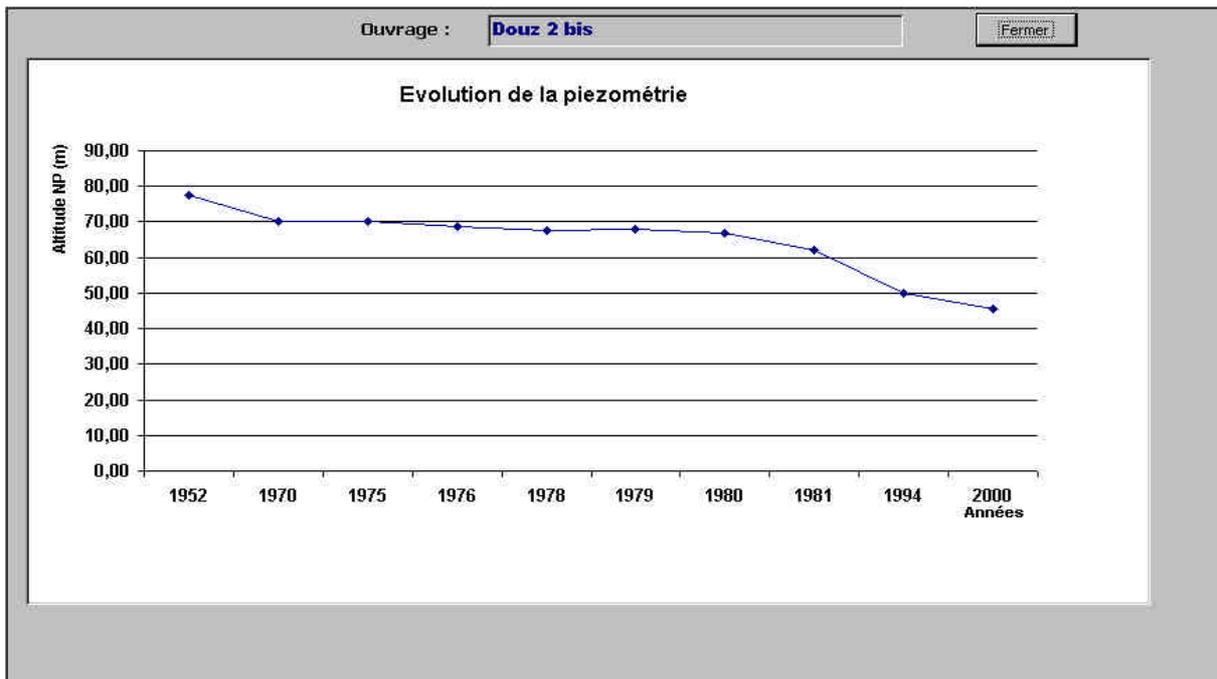
an. mes:	NS:	mode mes:	ALT. MP:	Mode:	Origine Info:
1996	16,0		72,98	DRE 1991	
1998	16,8		73,18	Rappor inédt_DGRE	
1991	-15		41,58	Rappor inédt_DGRE	
1997	-10,5		45,88	Rappor inédt_DGRE	
1998	-12,96		43,42	Rappor inédt_DGRE	
1999	-14,17		42,21	Rappor inédt_DGRE	
2000	-14,95		41,43	Rappor inédt_DGRE	
			0		

Comme pour les données d'exploitation, et vu les diverses sources de données, une colonne «**Origine_Info**» a été créée. Il en est de même pour l'existence des champs «**NS**»

et «**NP**» qui représentent respectivement les niveaux statiques et les niveaux piézométriques.

La mise à jour d'un champ connaissant l'autre est assurée par le programme avec en plus l'attribution de la valeur «**C**» aux colonnes «**Mode_mes_NS**» ou «**Mode_mes_NP**» selon le cas (NS calculé ou NP calculé). Ce calcul n'est possible que si le champ «**altitude**» est renseigné.

Deux graphiques peuvent être réalisés pour la série courante : courbe NS ou courbe NP comme le montre l'exemple suivant :



Pour revenir au formulaire, appuyer sur «**Fermer**»

On peut également agir sur le graphique en cliquant sur le bouton droit de la souris pour faire apparaître un menu contextuel comme suit :

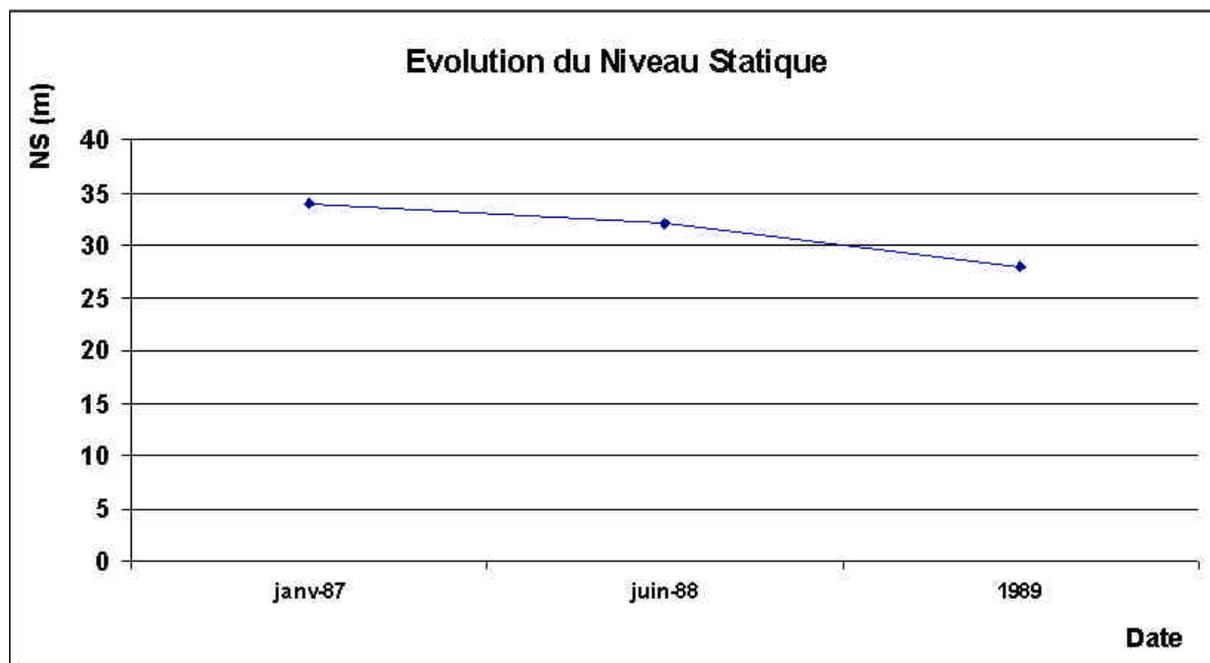
- Copier le graphique pour l'insérer dans un autre document Office
- Modification avec appel du module Microsoft Graph
- Modifier les attributs du graphique Tout en restant dans ACCESS

Dans le cadre du projet, une seule observation annuelle de piézométrie a été collectée pour chaque point d'eau. Mais, afin de répondre aux besoins des pays, nous avons rajouté une option qui permet de stocker plusieurs valeurs par an en modifiant :

- a) La structure de la table «*piezometrie*» : ajout du champ «*mois*» et changement de la clé primaire.

	Nom du champ	Type de données
🔍	Noclas	Texte
🔍	An_mes	Numérique
🔍	mois	Numérique
	Niveau	Numérique
	mode_mes_ns	Texte
	Alt_np	Numérique
	Mode_mes_np	Texte
	origine	Texte
	Observation	Numérique
	date_maj	Date/Heure

- b) le formulaire «sf_piezo» qui tient compte du nouveau champ
 c) les deux graphiques associés qui affichent quand il est renseigné le mois où la mesure piézométrique a été effectuée, comme le montre l'exemple ci-dessous



si le mois est renseigné, il figure dans l'étiquette des abscisses.

Historique Qualité

Les données de qualité sont stockées sous forme de table multi paramètres pour faciliter les opérations de saisie. Au vu des données collectées, seul le paramètre résidu sec («**RS**») et à un degré moindre la température («**Temp**») sont renseignés.

Informations point d'eau

N° Case : 00000152 Nom du point : BENI BRAHIM RECONAIS

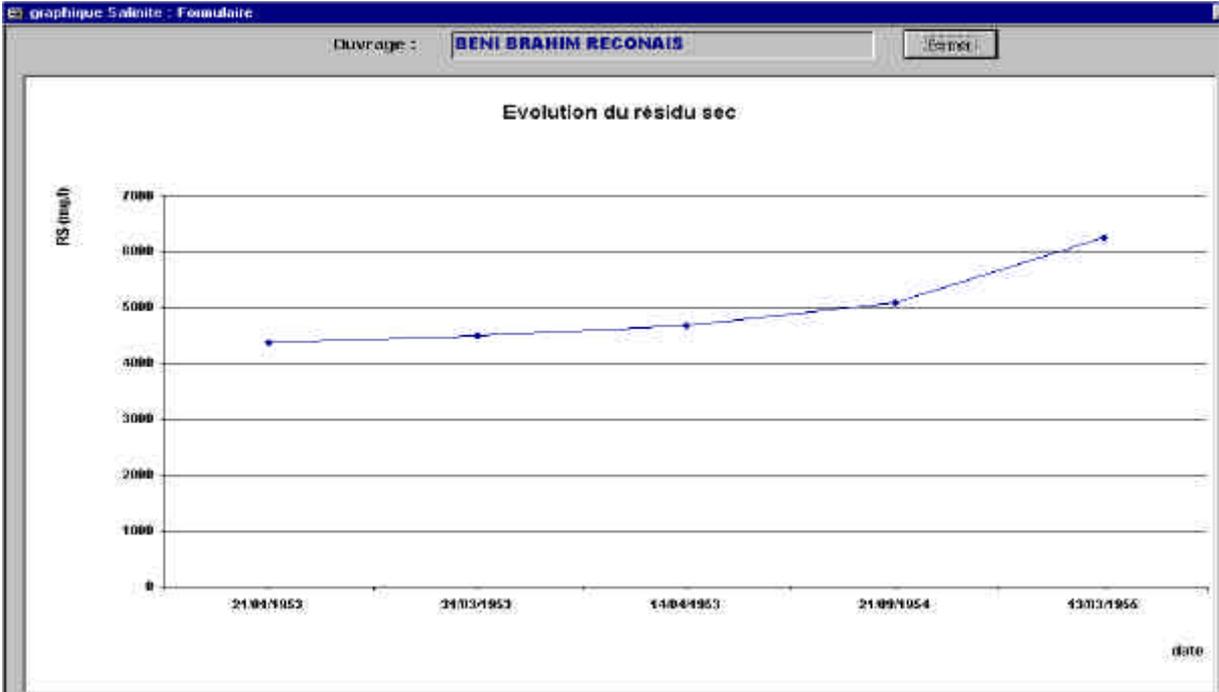
Caractéristiques | Libellé | Statut | Historique | ...

date	RS	ca	req	ic	na	cl	so3	co3	co2	ph	temp
21/01/1953	4363										
31/03/1953	4480										
14/04/1953	4685										
21/09/1954	5085										
13/03/1955	6242										

Ev [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []

La saisie se fait de la même manière que pour les historiques exploitation et piézométrie.

Seul le graphique «*Résidu Sec*» a donc été incorporé car présentant un intérêt pour le projet. L'ajout d'autres graphiques est cependant possible en s'inspirant de ceux qui ont été élaborés



Connexion BD – SIG - modèle numérique

Trois phases sont nécessaires pour assurer et synchroniser les liaisons Base de données – SIG - modèle PM5.

- Une étape de génération du maillage avec les paramètres fournis par l'utilisateur,
- une étape d'affectation de n° de maille à chacun des points d'eau qui disposent de coordonnées

- et enfin une phase de préparation des données par la génération d'un fichier au format «**.dat**» exploitable directement par PM5. D'autres type de fichiers ont également été réalisés (données piézométriques : points + historiques) mais non utilisés dans le cadre du projet.

Une interface graphique interactive a été créée pour permettre à l'utilisateur de réaliser ces tâches : formulaire « **BD-SIG-Modele** »

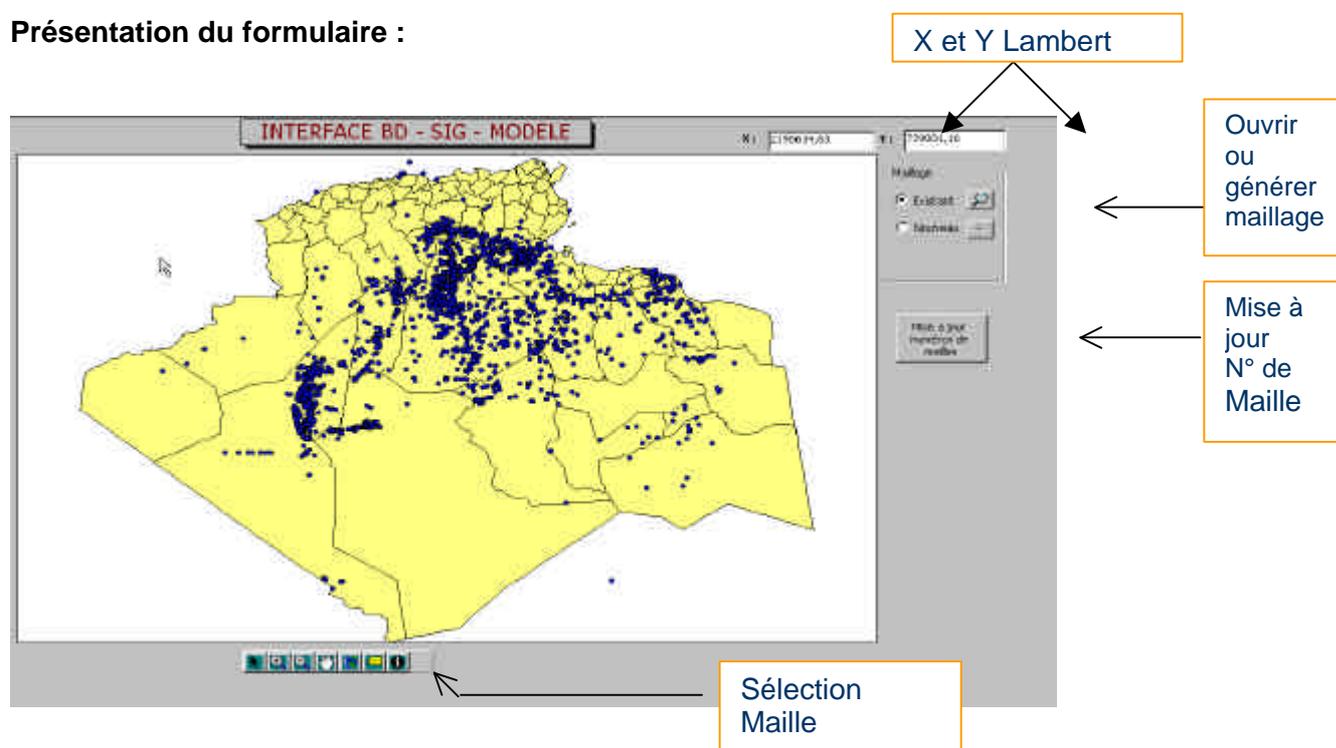
Ce formulaire a été rajouté en vue de prendre en charge les liaisons entre la table «Points», la couche SIG représentant les points d'eau et le maillage du modèle numérique. Il faut noter que ce maillage peut être modifié à n'importe quel moment : génération ou importation d'un fichier DXF.

Fonctionnalité 1 : la représentation cartographique des points d'eau est automatique : elle se fait à chaque chargement du formulaire et utilise de ce fait la table «*points*» actualisée. Le shapefile associé est lui aussi mis à jour automatiquement, ce qui assure une synchronisation totale et permanente entre la BD et le SIG.

Fonctionnalité 2 : le maillage est généré dans l'environnement de SAGESSE et il est mieux paramétré : prise en compte d'une limite polygonale d'extension ou non, taille des mailles et orientation du maillage, nom du fichier de sauvegarde.

Fonctionnalité 3 : la possibilité de sélectionner graphiquement une maille et de lister tous les points d'eau qu'elle contient. Il est possible d'afficher les données de ce point uniquement par double click sur son numéro (comme cela se fait dans le formulaire «*principal*»). Cela représente un outil précieux de vérification des données avant le lancement de PM5.

Présentation du formulaire :



La fenêtre carte affiche en premier lieu les limites administratives (fichier «*Admin_sass*» se trouvant dans le dossier \carte_sass)

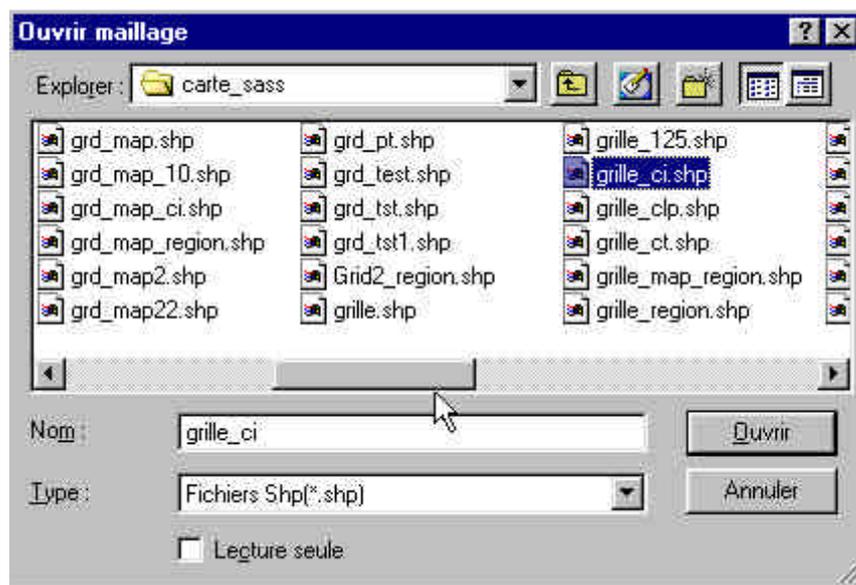
Ensuite, la table «Points» est parcourue et chaque point d'eau disposant de coordonnées Lambert est projeté sur cette fenêtre. Deux champs X et Y ont été rajoutés afin d'afficher en permanence les coordonnées correspondantes à la position de la souris sur la carte.

Les boutons  et  permettent respectivement d'ouvrir un maillage existant ou de créer un nouveau maillage.

Etape 1 : génération du maillage ou chargement d'un maillage existant

Ouverture d'un maillage existant :

En cliquant sur le bouton de commande , la boîte de dialogue suivante apparaît pour sélectionner un nom de fichier à partir du dossier «\carte_sass»



Deux types de fichiers peuvent être choisis : «shp» et «dxf»
Une fois le fichier sélectionné, cliquer sur «Ouvrir».

Un contrôle est effectué avant le chargement du fichier pour vérifier s'il est conforme à un fichier de maillage. Dans le cas contraire, le fichier n'est pas ouvert.

Création d'un nouveau maillage

Le bouton  lance le formulaire «Param_maillage» qui permet d'introduire les paramètres du maillage et de procéder à sa création, puis à son affichage sur la fenêtre carte.

param_maillage : Formulaire

Saisie des paramètres du maillage

X 'origine : 99627,734 Y origine: -571752,875

Nombre de mailles ex X : 140 Nombre de mailles ex Y : 72

Angle en ° : 14,973 Taille des mailles en mètres : 12500

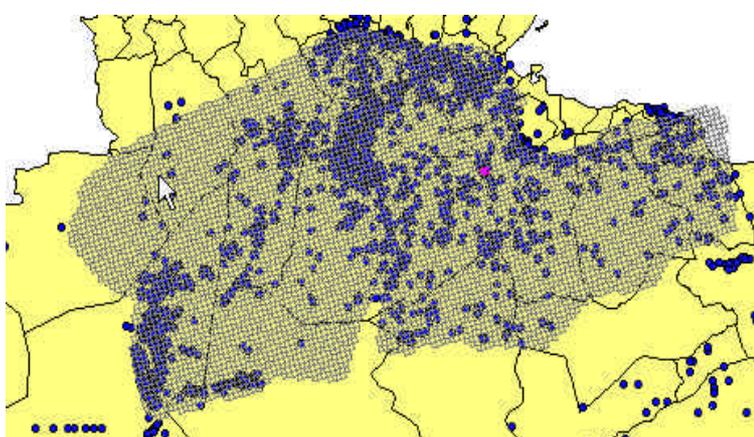
Limites du maillage : 

Nom du fichier SHP : 

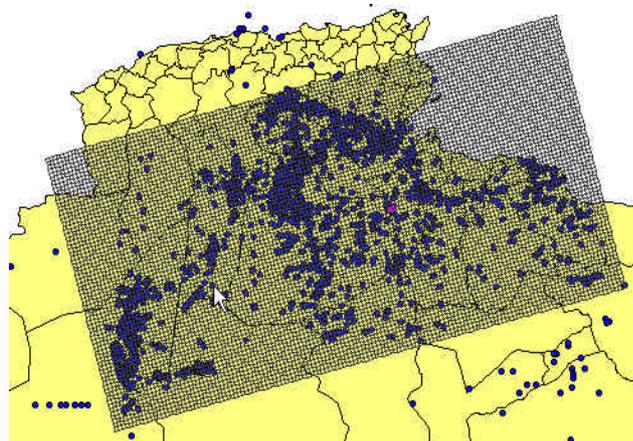
Sélection d'une couche d'extension

Dossier et nom du fichier Arcview résultat

Choix d'une couche d'extension : on peut fournir une extension (limite polygonale) afin de ne retenir que les mailles se trouvant à l'intérieur de cette extension. Les exemples ci-dessous montrent les deux possibilités.



Avec extension



Sans extension

Pour cela, soit l'extension est chargée et donc proposée dans la zone de liste, soit on clique sur «Autre» et on choisit un nom de fichier par le biais d'une boîte de dialogue d'ouverture de fichier. Il faudrait s'assurer bien entendu que cette couche est dans le même système de projection.

Cette manœuvre doit se faire obligatoirement, dans les cas suivants :

- modification du maillage
- changement dans les coordonnées des points
- ajout de points nouveaux

Manipulations de la barre d'outils :

Une fois le maillage affiché, l'utilisateur peut procéder aux opérations suivantes :

- sélectionner une maille et afficher les points d'eau qu'elle contient
- mettre à jour les numéros de maille pour chaque point d'eau
- supprimer le maillage de la vue (pour créer ou en charger un autre)

La barre d'outils qui se trouve en dessous de la fenêtre carte permet de réaliser les opérations les plus répandues : Zoom, Pan, sélection,



Zoom rectangle effectué à l'aide de la souris



Zoom In facteur 2



Zoom Out facteur 0.5



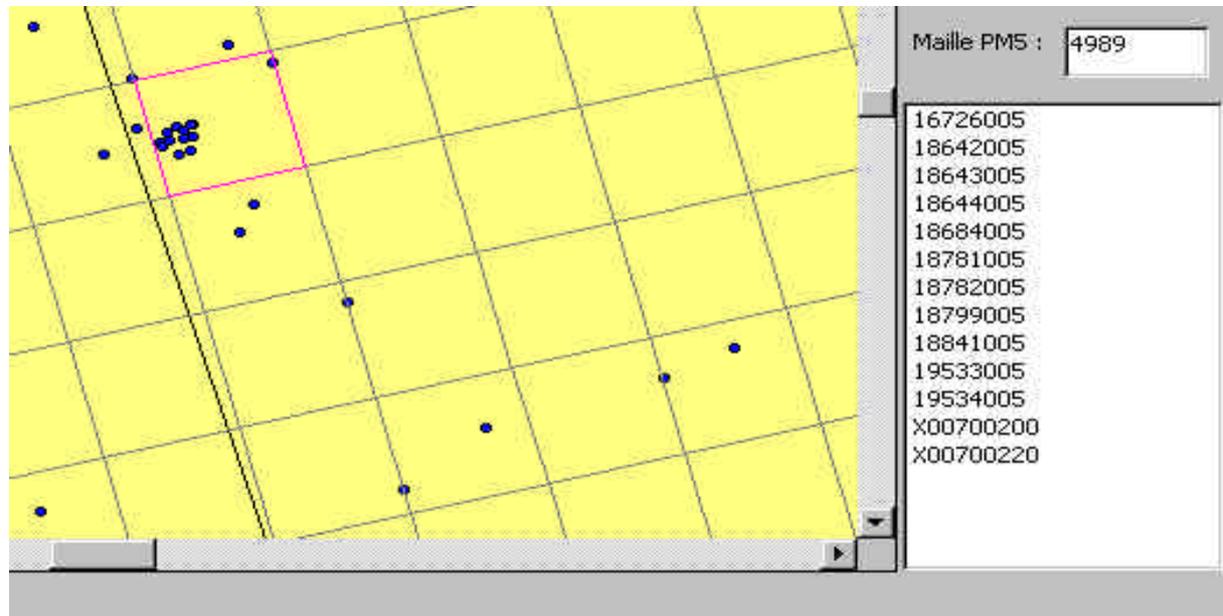
Pan en cas de Zoom



Full extent



Ce bouton permet de sélectionner une maille sur la vue . La sélection d'une maille produit le résultat suivant :

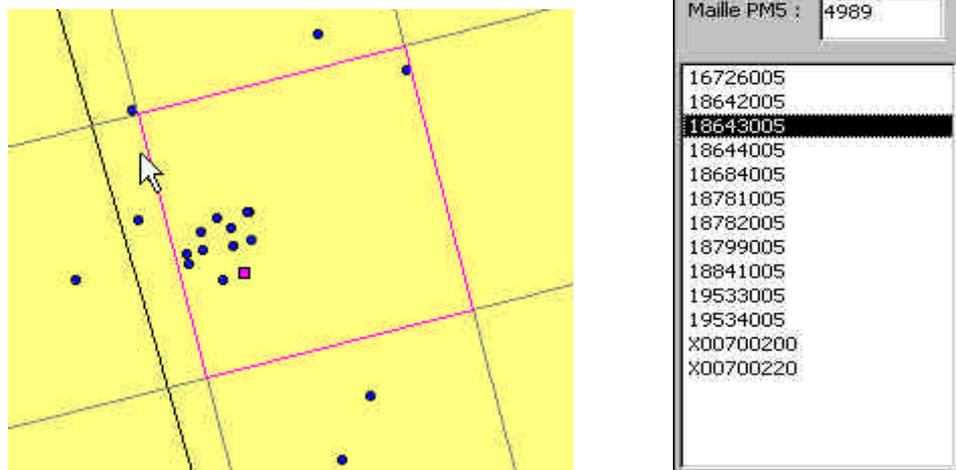


La maille choisie est mise en évidence, et une liste des points d'eau qu'elle contient apparaît.

L'utilisateur peut alors :

- par double click sur un n° de point dans la liste, afficher le formulaire «Données générales» pour visualiser l'ensemble des données concernant ce point d'eau.
- mettre en évidence un point sur la carte, par simple click sur son numéro dans la liste

Exemple :



Le point sélectionné dans la liste est mis en évidence sur la vue (couleur magenta).

Pour plus de détails sur le point, faire un double click.

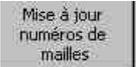
Suppression d'un maillage :

Le bouton  permet d'enlever la couche maillage de la fenêtre carte. Il faut noter que cette suppression n'affecte pas le fichier shp stocké dans le dossier «*carte_sass*».

Etape 2 : Mise à jour des numéros de mailles

Cette fonction permet d'assurer le lien entre la base de données et le modèle en vue de préparer les données d'entrée pour PM5 (débits par maille) ou de récupérer les résultats fournis par ce dernier.

Une procédure a été développée dans le langage de «*Mapobject*» afin que cette fonction soit effectuée sans quitter l'environnement SAGESSE : facilité de mise en œuvre et garantie de fiabilité.

Le bouton  lance la procédure qui consiste en une requête spatiale réalisée sur chaque maille et une mise à jour du champ «*Maille*» de la table «*Points*» en utilisant la règle suivante :

- si un point d'eau est situé dans une maille, son numéro est mis à jour
- sinon, la valeur nulle est attribuée à ce champ

C'est pour cela que le maillage devra envelopper l'ensemble des couches du modèle (on est sûr que tous les points vont disposer d'un numéro de maille).

Etape 3 : Lancement de la procédure d'envoi des données vers PM5

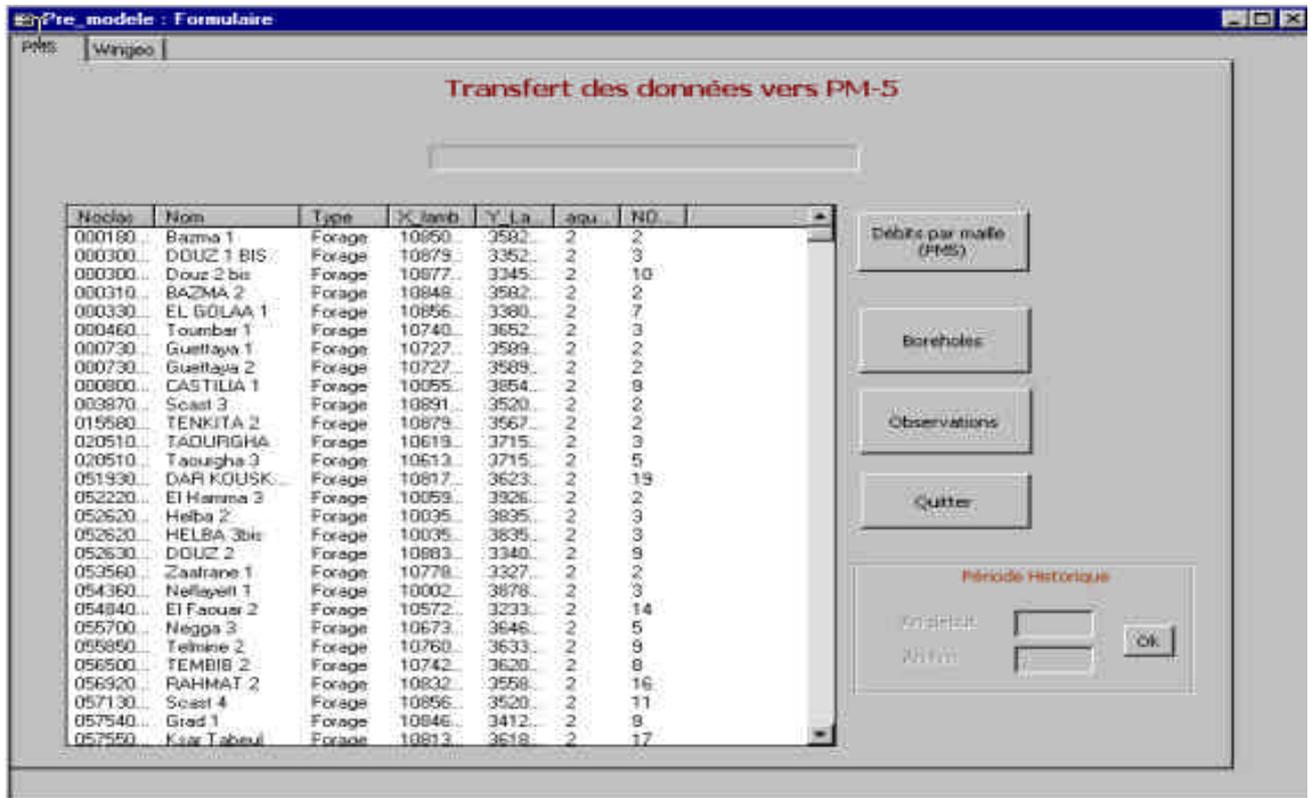
La préparation des données est l'opération la plus difficile à réaliser manuellement. l'élaboration de la procédure de transfert automatique permet non seulement de faciliter la tâche du modélisateur, mais également de garantir la cohérence des données et de réduire les erreurs.

Une plus grande souplesse est fournie à l'utilisateur qui ne s'intéresse qu'au point d'eau sans se soucier de la maille ou il se trouve. l'opération de regroupement par maille étant devenue une simple requête, le modélisateur peut multiplier les hypothèses en :

- modifiant les données d'exploitation (on agit seulement au niveau des points d'eau)
- ou en créant des points fictifs (simulations prévisionnelles)

Pour accéder a cette option, il faut :

- au niveau de l'explorateur principal, appuyer sur le bouton 
- dans la fenêtre base de données, lancer le formulaire «**PRE_MODELE**»



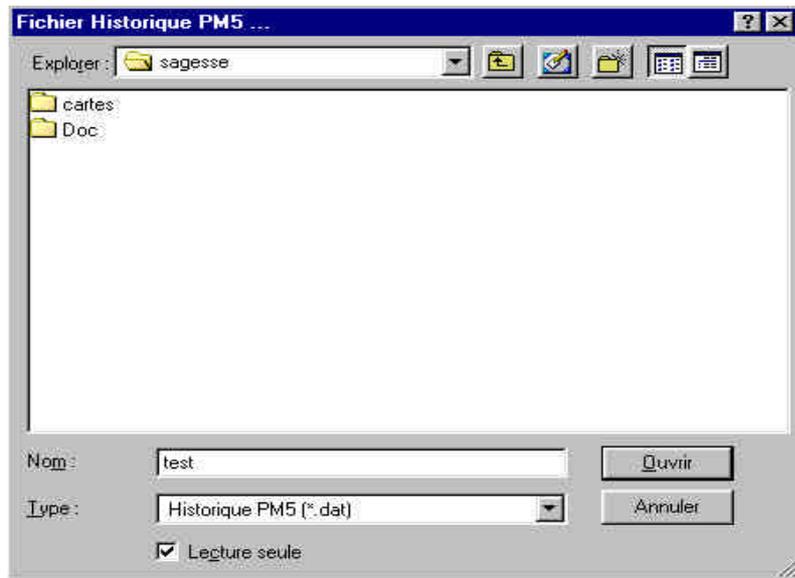
Trois types de transfert sont possibles :

- piézomètres témoins (nécessaires pour le calage du modèle)
- historiques de niveaux rattaches a ces piézomètres
- historiques de débits (somme algébrique alimentation – prélèvement)

Quoique fonctionnels, les deux premiers n'ont pas été utilisés dans le cadre du projet. par contre c'est au moyen de la troisième option que toutes les simulations ont été préparées.

En cliquant sur le bouton «**débites par maille (pm5)**», le programme donne la main à l'utilisateur d'introduire les années début et fin (pour le permanent donner les mêmes valeurs pour les deux années).

Cliquer sur ok pour commencer la génération des prélèvements par maille après avoir fourni le nom et l'emplacement du fichier pm5 que l'on souhaite générer.



Le système lance alors le traitement en se basant sur les n° de maille affectés, lors de l'étape précédente, aux points d'eau ayant un historique d'exploitation.

Un fichier au format « Well.dat » est généré. celui-ci est exploitable directement par pm5.

Conversion des coordonnées et mise à jour de la BD

La conversion des coordonnées est une opération nécessaire à chaque fois que celles-ci sont modifiées ou que de nouveaux points d'eau sont rajoutés.

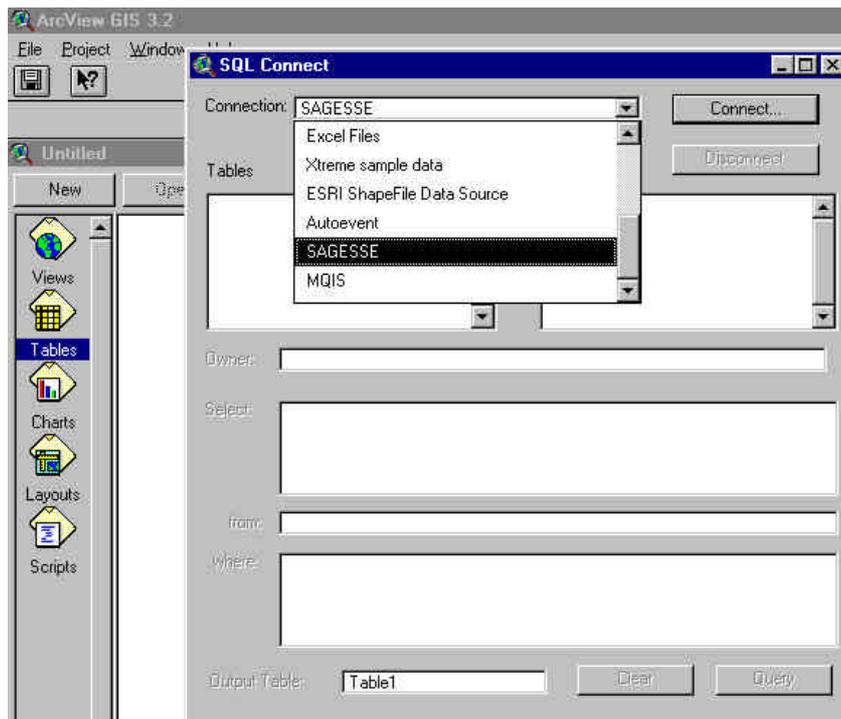
En cours de saisie la transformation en degrés décimaux est assurée par le programme de saisie et la mise à jour est automatique.

Par contre, la transformation en coordonnées Lambert ne peut se faire qu'à l'intérieur du logiciel SIG. Pour cette raison et pour simplifier cette procédure, nous avons développé une extension Arcview qui permet d'effectuer cette transformation et de mettre à jour les colonnes «**X_Lamb**» et «**Y_Lamb**» de la table «**Points**»

Procédure

1. Etape de connexion :

- Fermer SAGESSE et lancer ARCVIEW
- Charger l'extension « Conversion Lambert » : menu « fichier », « extension »
- Se connecter à la source de données « SAGESSE » par la procédure suivante :



Sélectionner « SAGESSE » puis sur le bouton « Connect » a fenêtre suivante s'affiche



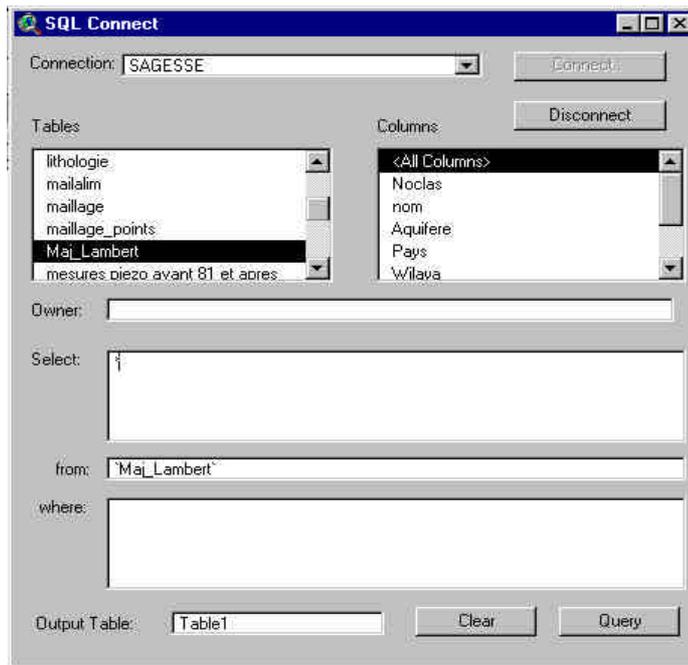
Introduire le compte et le mot de passe.

2. Etape de conversion des coordonnées et de mise à jour de la table « points » :

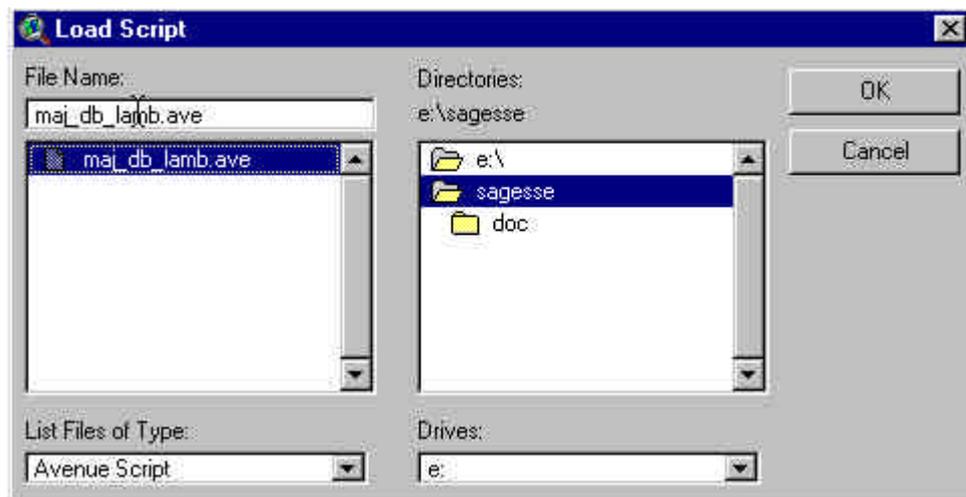
- Ouvrir la requête « **Maj_Lambert** » par double clique
- Double cliquer également sur « **all columns** »

Vous pouvez fournir un nom à la table qui par défaut s'appelle « **Table1** »

Cliquer sur Ok pour charger le contenu de la requête.

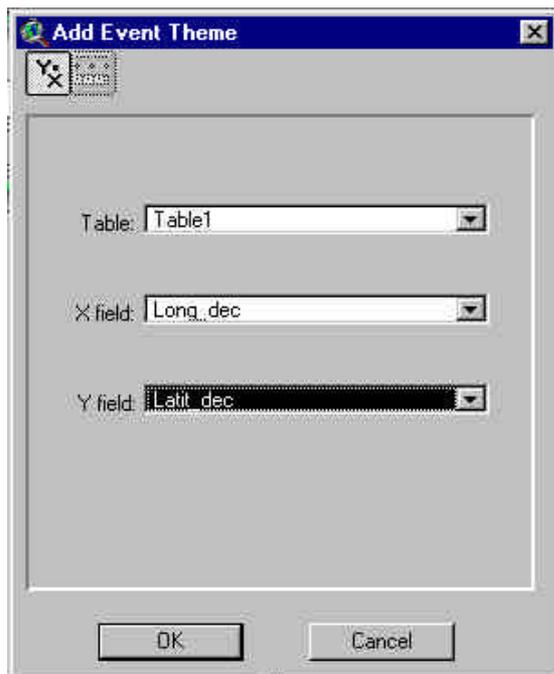


Cette requête contient tous les points qui nécessitent une mise à jour : c'est à dire qui contiennent des degrés décimaux valides et dont le champ « Type_geo » est différent de « L »



- Créer une vue contenant ces points :

View, New et menu « *Add Event Theme* » comme suit : pour le moment la vue est en degrés décimaux (il le faut).



- Charger et Lancer le script « *init_lamb* » qui initialise le processus (création du bouton



Si ce bouton n'apparaît pas, cliquer sur la vue (sinon fermer la vue et la rouvrir).

Dernière étape :

Cliquer sur le bouton pour lancer l'extension.

Un message d'avertissement apparaît pour confirmer la mise à jour de la table « *points* ». Remarque que la projection aura changé à la fin du traitement (c'est le Lambert Sud).

Ainsi, la procédure de conversion en Lambert et de mise à jour de la BD a été allégée et facilitée :

- pas d'introduction fastidieuse des paramètres de la projection qui en plus peut générer des erreurs
- moins d'étapes qu'auparavant (conversion en Shape File), lancement d'un script qui génère un DBF, transfert manuel vers la table Points ...
- Risques d'erreurs inexistantes.



SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL

UNE CONSCIENCE DE BASSIN

BASE DE DONNES ET SIG VOLUME III, JUIN 2003

Agissant en tant que centre d'impulsion et de facilitation, l'OSS s'est appuyé, pour la réalisation du programme SASS, en premier lieu sur l'expertise des institutions spécialisées dans les trois pays, qui disposent d'une importante expérience dans le domaine et sur un large partenariat international.

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional [SASS], partagé par l'Algérie, la Tunisie et la Libye, renferme des réserves d'eau considérables, qui ne sont pas exploitables en totalité et se renouvellent peu. Le SASS s'étend sur un Million de Km² ; il comprend les deux grandes nappes du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal. Au cours des trente dernières années, l'exploitation par forages est passée de 0,6 à 2,5 milliards de m³/an. Cette exploitation se trouve aujourd'hui confrontée à de nombreux risques : fortes interférences entre pays, salinisation des eaux, disparition de l'artésianisme, tarissement des exutoires... Les simulations réalisées sur le Modèle du SASS ont mis en évidence les zones les plus vulnérables et permis de dresser la carte des risques du SASS... Les trois pays concernés par le devenir du SASS sont amenés à rechercher ensemble une forme de gestion commune du Bassin : la mise en place d'un mécanisme institutionnel de concertation s'avère nécessaire, sa mise en oeuvre devant se faire d'une manière progressive.

Le présent rapport se rapporte au volet "base de données et système d'information géographique" et résume les différents rapports de phases élaborés durant cette activité. Il se compose de deux parties principales :

- la première traite de l'architecture de cette base de données et des produits logiciels réalisés durant le projet ;
- la seconde fournit une description détaillée des données rassemblées aussi bien par les équipes des pays que par l'équipe permanente du SASS

Sa structure reflète les différentes étapes de conception et de mise en place de la base de données du SASS.

LES PARTENAIRES



Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
(ANRH, Algérie)



Direction Générale des Ressources en Eau
(DGRE, Tunisie)



General Water Authority
(GWA, Libye)



Fonds International de
Développement Agricole



Département du Développement
et de la Coopération Suisse



UNESCO



Organisation des Nations-unies
pour l'Alimentation et l'Agriculture



Allemagne (GTZ)



Fonds Français pour
l'Environnement Mondial (FFEM)



Fonds Mondial pour l'Environnement
(GEF)



Suisse Federal Institute of
Technology Zurich

Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS)

Boulevard de l'Environnement - BP 31 - 1080 Tunis Cedex, Tunisie

Tel.: 216 - 71 - 806 522 • 806 891 — Fax: 216 - 71 - 80 73 10 — e-mail: boc@oss.org.tn — site web : www.unesco.org/oss

ISBN : 9773-856-01-5