



SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL



UNE CONSCIENCE DE BASSIN

VOLUME 2

HYDROGEOLOGIE

Octobre 2002

Table des matières

1. Préambule	12
1.1. Apport des études antérieures et définition des réservoirs adoptés	13
1.1.1. <i>Les études régionales</i>	13
1.1.2. <i>Les études algériennes</i>	14
1.1.3. <i>Les études tunisiennes</i>	14
1.1.4. <i>Les études libyennes</i>	15
1.2. Collecte et synthèse des informations géologiques et hydrogéologiques dans le cadre du projet SASS	16
1.3. Répartition spatiale des données	17
1.3.1. <i>Les données algériennes</i>	17
1.3.2. <i>Les données tunisiennes</i>	20
1.3.3. <i>Les données libyennes</i>	21
2. LES FORMATIONS AQUIFERES DU SAHARA SEPTENTRIONAL	23
2.1. Colonnes lithostratigraphiques dans les trois pays (identification des formations aquifères)	23
2.1.1. <i>Algérie</i>	23
2.1.2. <i>Tunisie</i>	30
2.1.3. <i>Libye</i>	34
2.2. Carte des affleurements des principales formations aquifères	39
2.3. Coupes NS et EW: Structure géologique, extensions horizontale et verticale des aquifères	41
2.3.1. <i>Coupes Ouest-Est</i>	41
2.3.2. <i>Coupes Nord-Sud</i>	44
2.3.3. <i>Extensions horizontale et verticale des aquifères du Continental intercalaire</i>	48
2.3.3.1. <i>Extension horizontale vers l'ouest: le Bassin du Grand Erg Occidental</i>	48
2.3.3.2. <i>Extension horizontale vers l'Est et le Sud-Est en Libye</i>	50
2.4. Géométrie des aquifères principaux :	53
2.4.1. <i>Carte isohypse du toit du Continental intercalaire</i>	53
2.4.2. <i>Carte isohypse du mur du Continental intercalaire</i>	53
2.4.3. <i>Carte isobathe des épaisseurs du Continental intercalaire</i>	56
2.4.4. <i>Géométrie des couches semi-perméables intercalaires</i>	56
2.5. Effet de la structure géologique sur les aquifères	58
2.5.1. <i>En Algérie</i>	58
2.5.1.1. <i>Bassin du Grand Erg Occidental</i>	58
2.5.1.2. <i>Flexure sud-atlasique et nappe du Complexe terminal à Biskra (nappe de Tolga)</i>	59
2.5.1.3. <i>Fautes d'Amguid</i>	60
2.5.2. <i>En Tunisie</i>	61
2.5.2.1. <i>Exutoire tunisien et dôme du Dahar</i>	61
2.5.2.2. <i>Configuration structurale</i>	64
2.5.2.3. <i>Continuité hydraulique avec la Djeffara</i>	64
2.5.2.4. <i>Effets sur la conceptualisation du modèle</i>	65
2.5.3. <i>En Libye</i>	66
2.5.3.1. <i>Liaisons du bassin saharien libyen avec la Djeffara</i>	66
2.5.3.2. <i>Continuité des aquifères vers le Sud avec le Paléozoïque</i>	68
2.5.3.3. <i>Rôle du graben de Hun</i>	68

2.5.3.4. <i>La source de Tawurgha</i>	69
3. SCHEMATISATION DES AQUIFERES EN VUE DE LA REALISATION DU MODELE	71
3.1. Choix des aquifères et aquitards à représenter	71
3.2. Schématisation en vue de la réalisation du modèle	74
3.3. Limites conseillées pour le modèle	75
3.3.1 - Extension horizontale du Complexe terminal et limite conseillée pour la couche représentant le Complexe terminal	75
3.3.2 Extension horizontale du Continental intercalaire et limite conseillée pour la couche représentant le Continental intercalaire dans le modèle	75
4. HYDRODYNAMIQUE DU SYSTEME AQUIFERE	79
4.1. Dynamique du système	79
4.1.1. <i>Carte piézométrique de référence</i>	79
4.1.1.1. <i>Définition et signification dans les trois pays</i>	79
4.1.1.2. <i>Données existantes</i>	80
4.1.1.3. <i>Description des cartes piézométriques de référence</i>	80
4.1.2. L'alimentation actuelle : données et hypothèses	82
4.1.2.1. <i>En Algérie</i>	83
4.1.2.2. <i>En Tunisie</i>	83
4.1.2.3. <i>En Libye</i>	84
4.1.3. Les exutoires naturels	86
4.1.3. 1. <i>Les sources</i>	86
▪ <i>En Tunisie</i>	86
▪ <i>En Libye</i>	89
4.1.3.2. <i>Les chotts et les sabkhas</i>	89
<i>Estimation des sorties par évaporation dans les exutoires naturels (chotts, sebkhas)</i>	
4.1.3.3. <i>Les exécutoires souterrains</i>	90
▪ <i>Exécutoire du CI</i>	90
▪ <i>Exécutoire libyen du CI</i>	91
4.1.4. Les paramètres hydrodynamiques	92
4.1.4.1. <i>Transmissivité</i>	92
▪ <i>Le Complexe terminal</i>	92
▪ <i>Le Continental intercalaire</i>	96
4.1.4.2. <i>Coefficient d'emménagement</i>	97
▪ <i>Le Complexe terminal</i>	97
▪ <i>Le Continental intercalaire</i>	101
4.2. Les prélèvements et leurs influences	102
4.2.1. Les prélèvements	102
4.2.1.1. <i>Problèmes liés au recueil des données sur les prélèvements</i>	102
4.2.1.2. <i>Méthodes d'estimation des prélèvements par forage et foggaras en Algérie, en Tunisie et en Libye – Fiabilité des données</i>	102
▪ <i>Méthode du suivi annuel</i>	102
▪ <i>Méthode des inventaires</i>	103
▪ <i>Méthode de l'estimation des usages</i>	103
4.2.1.3. <i>Prélèvements par aquifère et par pays</i>	104
▪ <i>Exploitation du CT par pays</i>	104
▪ <i>Exploitation du CI par pays</i>	106
4.2.1.4. <i>Prélèvements externes ayant des conséquences sur le comportement des nappes sahariennes</i>	111

4.2.1.5. Conclusions	112
4.2.2. Historique piézométrique	112
4.2.2.1. Problèmes liés aux mesures de niveau et de pression (forages artésiens notamment)	112
4.2.2.2. Historique piézométrique du Complexe terminal	112
▪ Algérie	112
▪ Tunisie	113
▪ Libye	114
4.2.2.3. Historique piézométrique du Continental intercalaire	115
▪ Algérie	115
▪ Tunisie	116
▪ Libye	118
4.2.3. Situation piézométrique en 2000	118
4.2.3.1. Complexe terminal	119
4.2.3.2. Continental intercalaire	119
5. QUALITE CHIMIQUE DES EAUX	122
5.1. Informations utilisées	122
5.2. Qualité des analyses chimiques	123
5.3. Evolution des salinité	123
5.3.1. <i>Nappe du complexe terminal</i>	123
5.3.1.1. <i>Nappes des sables mio-pliocènes</i>	123
5.3.1.2. <i>Nappe des calcaires</i>	125
5.3.2. <i>Nappe du Continental intercalaire</i>	128
5.3.2.1. <i>Algérie</i>	128
5.3.2.2. <i>Tunisie</i>	128
5.3.2.3. <i>Libye</i>	130
5.3.2.4. <i>Carte des iso-salinités</i>	130
5.3.2.5. <i>Variation verticale de la minéralisation</i>	132
5.3.2.6. <i>Evolution de la salinité et de la composition chimique en fonction de l'exploitation</i>	133
5.3.2.7. <i>Evolution de la composition chimique en fonction de l'éloignement des zones d'alimentation</i>	134
6. CARACTÉRISTIQUES ISOTOPIQUES	137
6.1. Nappe du Continental intercalaire	137
6.1.1. <i>Zone centrale (Bassin du Grand Erg Oriental)</i>	137
6.1.2. <i>Zone du Dahar</i>	138
6.1.3. <i>Zone saharienne à nappe captive (Tunisie et Algérie)</i>	138
6.1.4. <i>Zone occidentale (Bassin du Grand Erg Occidental)</i>	140
6.1.5. <i>Bassin saharien libyen</i>	141
6.2. Nappe du Complexe terminal	143
6.2.1. <i>Nappe des sables mio-pliocènes</i>	144
6.2.2. <i>Nappe des calcaires</i>	145
6.2.3. <i>Nappes des Grands Ergs</i>	146
6.2.4. <i>Nappe du Turonien</i>	146
6.3. Conclusion	146

7. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	147
7.1. Conclusions sur le fonctionnement hydrodynamique du système et sur la qualité des données	148
7.1.1. <i>Fonctionnement hydraulique du système aquifère</i>	148
7.1.2. <i>Archivage des données et système de gestion</i>	148
7.1.3. <i>Archivage des données et système de gestion</i>	149
7.1.4. <i>Connaissance de la piézométrie</i>	149
7.1.4.1. <i>Piézométrie de référence</i>	149
7.1.4.2. <i>Suivi piézométrique</i>	150
7.1.5. <i>Qualité chimique des eaux</i>	150
7.2. Recommandations sur le suivi et l'amélioration de certaines données	150
7.2.1. <i>Amélioration de la connaissance de certaines données</i>	150
7.2.1.1. <i>Données piézométriques de base</i>	150
7.2.1.2. <i>Géométrie des réservoirs</i>	151
7.2.1.3. <i>Alimentation actuelle du système</i>	151
7.2.1.4. <i>Débit des exutoires naturels et pertes par évaporation</i>	151
7.2.1.5. <i>Hydrochimie</i>	152
7.2.1.6. <i>Données relatives à l'utilisation et au coût de l'eau</i>	152
7.2.2. <i>Amélioration du suivi</i>	152
7.2.2.1. <i>Suivi des prélèvements</i>	152
7.2.2.2. <i>Suivi piézométrique</i>	153
7.2.2.3. <i>Suivi de salinité et de la composition chimique</i>	153
7.2.3. <i>Acquisition de nouvelles données et mise à jour de la base de données</i>	153
7.3. Recommandations pour l'établissement d'un réseau de suivi à l'échelle du Bassin	154
7.3.1. <i>Suivi de l'exploitation</i>	154
7.3.2. <i>Suivi de la piézométrie</i>	154
7.3.2.1. <i>Nappe du Continental intercalaire</i>	155
7.3.2.2. <i>Nappe du Complexe terminal</i>	155
7.3.3. <i>Suivi de la salinité et de la composition chimique de l'eau</i>	155

Liste des annexes

ANNEXE 1 : Références bibliographiques	157
ANNEXE 2 : Piézométrie de référence	170
ANNEXE 3 : Paramètres hydrodynamiques	187
ANNEXE 4 : Prélèvements en Algérie et Tunisie	197
ANNEXE 5 : Prélèvements en Libye	214
ANNEXE 6 : Historique piézométrique	229
ANNEXE 7 : Données de salinité	240
ANNEXE 8 : Analyses isotopiques	261

Liste des tableaux

Tableau 1	Contenu de la base de données	17
Tableau 2	Données algériennes	17
Tableau 3	Données tunisiennes	20
Tableau 4	Données libyennes	21
Tableau 5	Caractéristiques hydrologiques des oueds du flanc ouest du Dahar (M. Fersi, 1979)	83
Tableau 6	Flux Naturel sortants du bassin saharien	91
Tableau 7	Coefficients d'emmagasinement du Complexe terminal estimés à partir de la lithologie des forages (Algérie)	98
Tableau 8	Valeurs de la porosité effective dans les forages du Djérid	101
Tableau 9	Inventaire des points d'eau exploitant la nappe du Continental intercalaire et du Complexe terminal en Algérie	103
Tableau 10	Historique des prélèvements sur le Complexe terminal en Algérie par Wilaya	105
Tableau 11	Exploitation du Complexe terminal en Tunisie (forages et sources)	105
Tableau 12	Exploitation du Crétacé supérieur en libye	106
Tableau 13	Débit des foggaras en 1970	107
Tableau 14	Débit des foggaras en 1998	107
Tableau 15	Situation des foggaras en 1999 selon inventaire ANRH	107
Tableau 16	Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Algérie par Wilaya	108
Tableau 17	Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Tunisie (forages uniquement)	109
Tableau 18	Exploitation du Continental intercalaire en Libye	110
Tableau 19	Données de salinité disponibles dans les trois pays	122
Tableau 20	Classes de salinité du Continental intercalaire en Algérie	128
Tableau 21	Classes de salinité du Continental intercalaire en Tunisie	128
Tableau 22	Classes de salinité du Continental intercalaire en Libye	130
Tableau 23	Exemples de forages montrant une variation verticale de la minéralisation de l'eau du Continental intercalaire (Algérie)	132
Tableau 24	Exemples de forages montrant une variation verticale de la minéralisation de l'eau du Continental intercalaire (Tunisie)	133

Liste des figures

Figure 1	Carte des points d'eau du CI et du CT en Algérie	19
Figure 2	Carte des points d'eau du CI et du CT en Tunisie	20
Figure 3	Carte des points d'eau du CI et du CT en Libye	22
Figure 4	Carte du Jurassique supérieur – Néocomien de la plateforme saharienne (bassin algéro-tunisien)	25
Figure 5	Carte en isopaque du Barrémien de la plateforme saharienne (bassin algéro-tunisien).	27
Figure 6	Les formations géologiques et les aquifères du bassin saharien algérien	29
Figure 7	Carte schématique des faciès du Cénomanién du Nord-Est de la plateforme saharienne et de la Berbérie	31
Figure 8	Les formations géologiques et les aquifères du sud tunisien	33
Figure 9	Extension de l'aquifère Nalut (Cénomano-Turonien) en Libye	36
Figure 10	Les formations géologiques et les aquifères du bassin saharien libyen	38
Figure 11	Coupe schématique Nord-Sud dans le bassin saharien	50
Figure 12	Composition du Continental intercalaire en Libye	52
Figure 13	Corrélation géologique nord-sud à travers le Complexe terminal entre Grand Erg Oriental - Ouargla et l'Atlas saharien (M. Edmunds Et al, 1997)	59
Figure 14	Schéma de l'exutoire tunisien	63
Figure 15	Corrélation Nord-Sud à travers la Nefzaoua entre Seftimi (Chott Fedjej) et Douz (Nefzaoua).	66
Figure 16	Liaison avec la plaine de la Jifarah	67
Figure 17	Rôle du graben de Hun dans la zone de Al Jufrah	69
Figure 18	La source de Tawurgha	70
Figure 19	Toit du Cambro-Ordovicien autour de la source de Tawurgha	71
Figure 20	Coupe schématique montrant les relations entre le Crétacé supérieur et le Miocène dans la zone de Misratah	73
Figure 21	Schématisation aquifères-aquitards en vue de la réalisation du modèle	75
Figure 22	Limite conseillée pour la couche représentant le Complexe terminal	78
Figure 23	Limite conseillée pour la couche représentant le Continental intercalaire	77
Figure 24	Les zones d'alimentation des nappes du Crétacé supérieur en Libye	85
Figure 25	Historique du débit des sources du Continental intercalaire en Tunisie (Chott Fedjej)	87
Figure 26	Historique du débit des sources du Complexe terminal (Tunisie) de 1950 à 1985	88
Figure 27	Coupe schématique à travers la région des chotts El Gharsa et Djérid	90
Figure 28	Carte de transmissivités du Complexe terminal	94
Figure 29	Carte de transmissivités du Continental intercalaire	98
Figure 30	Prélèvements globaux sur le Complexe terminal et le Continental intercalaire dans les trois pays	104
Figure 31	Exploitation du Continental intercalaire en Tunisie par forages et par sources	109
Figure 32	Champs de forages de la Grande Rivière	111
Figure 33	Complexe terminal – Exemples de rabattements en Tunisie	114
Figure 34	Complexe terminal – Exemples de rabattement en Libye	114

Figure 35	Continental intercalaire – Exemples de rabattement en Algérie	115
Figure 36	Continental intercalaire – Exemples de rabattement en Tunisie	116
Figure 37	Vue du canal-drain de l'Oued Rhir	125
Figure 38	Evolution de la salinité de l'eau du Complexe terminal dans la Presqu'île de Kébili (Nefzaoua-Tunisie)	127
Figure 39	Evolution de la salinité de l'eau du Continental intercalaire en Tunisie	129
Figure 40	Exemples de tendance à l'accroissement de la salinité du Continental intercalaire avec le temps en Algérie	133
Figure 41	Evolution de la composition chimique des eaux du Continental intercalaire en fonction de l'éloignement de la zone de recharge (Tunisie)	135
Figure 42	Composition chimique des eaux du Continental intercalaire en Tunisie	136
Figure 43	Evolution de la composition chimique des eaux du Continental intercalaire en Libye depuis Jabal Hassawnah vers le nord	136
Figure 44	Composition isotopique des eaux du Continental intercalaire en Tunisie	138
Figure 45	Corrélation oxygène-18/deutérium pour les eaux du CI du bassin du Grand Erg Occidental (Algérie)	141
Figure 46	Composition isotopique des eaux en isotopes stables en Libye	142
Figure 47	Composition isotopique des eaux du CT en Algérie	144
Figure 48	Composition isotopique de l'eau du CT dans le sud tunisien	145

Liste des planches (hors texte)¹

- Pl. 1** Carte géologique du bassin du Sahara Septentrional
- Pl. 2** Cartes du toit du réservoir utile du continental intercalaire / Kikla
- Pl. 3** Cartes du mur du réservoir utile du continental intercalaire / Kikla
- Pl. 4** Cartes de l'épaisseur du réservoir utile du continental intercalaire / Kikla
- Pl. 5** Coupe I – I' : Corrélation Ouest – Est entre bassin du grand erg occidental (Algérie) et Aïn Taourgha (Libye).
- Pl. 6** Coupe II – II' : Corrélation Ouest – Est entre Reggane (Algérie) et Graben d'El Houn (Libye).
- Pl. 7** : A – A' : Corrélation Nord – Sud à travers le bassin du grand erg occidental (Algérie).
Coupe B – B' : Corrélation Nord – Sud le long de la dorsale du Mزاب entre Laghouat et le plateau de Tademaït (Algérie).
- Pl. 8** : C – C' : Corrélation Nord – Sud entre la bas Sahara algérien et la plateau de Tademaït (Algérie).
Coupe D – D' : Corrélation Nord – Sud entre le long du Dahar Tunisien entre Chott Fedjej (Tunisie) et le plateau de Tinrhert (Algérie).
- Pl. 9** : E – E' : Corrélation Nord – Sud entre Djebel Nefusa (Libye) et Ghadames (Libye).
Coupe F – F' : Corrélation Nord – Sud entre Gharian (Libye) et Djebel Hassawna (Libye).
- Pl. 10** Carte de la piézométrie initiale du Complexe terminal
- Pl. 11** Carte de la piézométrie initiale du Continental intercalaire
- Pl. 12** Carte piézométrique du Complexe terminal en 2000
- Pl. 13** Carte piézométrique du Continental intercalaire en 2000
- Pl. 14** Carte de la salinité du Complexe terminal
- Pl. 15** Carte de la salinité du Continental intercalaire

¹ Ces planches sont placées dans le texte à titre indicatif. Pour les consulter, il y a lieu de se référer aux tirages (cartes au 1/2 000 000).

Glossaire

ANRH	Agence Nationale pour les Ressources Hydrauliques
SASS	Système Aquifère du Sahara Septentrional
DGRE	Direction générale des ressources en eau
GWA	General Water Authority
ERESS	Etude des Ressources en Eau du Sahara Septentrional
BRL	
DJ	Djebel ou Jabal
SYRTE ou SIRT	
CI	Continental intercalaire
CT	Complexe terminal

Orthographe des noms de lieux

W. Wadi, équivalent de Oued pour la partie algéro-tunisienne

Les noms de lieux en Tunisie et en Algérie ont été retranscrits dans le document avec l'orthographe francisée en usage habituellement pour la cartographie. Pour la Libye, en revanche, les règles de transcription phonétique des noms de lieux en usage ont été appliquées. Pour certains noms de lieux ou pour les termes topographiques communs à la Tunisie et à l'Algérie d'une part et à la Libye d'autre part, l'orthographe propre à la zone concernée a été conservée; ainsi on écrira:

- Oued en Algérie et en Tunisie (Oued Rhir) et Wadi en Libye (Wadi Zamzam)
- Djebel en Algérie et en Tunisie (Djebel Tebaga) et Jabal en Libye (Jabal Nafusah)
- Djeffara pour la plaine côtière tunisienne et Jifarah pour la plaine côtière libyenne
- Sirt pour la ville libyenne bien que dans les atlas français celle ville est connue comme Syrte
- Kikla ou Kiklah ou la formation géologique continental entre le Cambro-Ordovicien et le Cénomanién marin

Préambule

Ce volume, intitulé «Volume 2: Synthèse hydrogéologie », fait partie d'un ensemble de quatre volumes résumant l'activité scientifique du projet «Système Aquifère du Sahara Septentrional » (SASS/OSS). Il a pour objectif de présenter l'information physiographique et hydrogéologique prise en considération dans l'élaboration du modèle numérique simulant le comportement hydrodynamique des nappes sahariennes.

Après un passage en revue des études antérieures sur l'hydrogéologie du bassin saharien, ce rapport présente successivement :

- les formations aquifères du Sahara septentrional et leur schématisation en vue de leur modélisation hydrogéologique,
- les différentes caractéristiques hydrogéologiques des nappes de ce système à travers une analyse orientée vers les échanges hydrauliques et l'impact de l'exploitation sur la piézométrie et la salinité de l'eau,
- la qualité chimique de l'eau et ses caractéristiques isotopiques permettant de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique du système.

Cette synthèse est conçue comme un document de base permettant de mieux saisir les options adoptées lors de la modélisation et l'information de base utilisée.

INTRODUCTION

1.1 – Apport des études antérieures et définition des réservoirs adoptés

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » s'étend sur une vaste zone dont les limites sont situées en Algérie, Tunisie et Libye. Ce bassin englobe une série de couches aquifères qui ont été regroupées en deux réservoirs appelés le Continental Intercalaire (CI) et le Complexe Terminal (CT).

Le terme du «Continental intercalaire » désigne d'après son auteur (C. Kilian, 1932), un épisode continental localisé entre deux cycles sédimentaires marins :

- à la base, le cycle du Paléozoïque qui achève l'orogénèse hercynienne,
- au sommet, le cycle du Crétacé supérieur.

Le Complexe Terminal est un ensemble assez peu homogène incluant des formations carbonatées du Crétacé supérieur et des épisodes détritiques du Tertiaire et principalement du Miocène. Ces définitions ont été adoptées, à l'origine, pour analyser et schématiser, en vue de la modélisation, le fonctionnement hydrodynamique des aquifères algériens puis par extension, tunisiens. Avec le projet SASS, l'ajout à l'étude du bassin saharien libyen a demandé une nouvelle analyse des informations géologiques, géophysiques et hydrogéologiques, se basant à la fois, sur les études antérieures et sur la collecte de données nouvelles.

L'état des connaissances sur le Système Aquifère du Sahara Septentrional « SASS » est le fruit de plus d'un siècle d'exploration et d'études géologiques hydrogéologiques. Les premiers forages d'eau ont été creusés dans ce bassin dans la région de l'Oued Rhir au milieu du XIX^e siècle. Ils ont permis de reconnaître les premiers niveaux jaillissants du complexe terminal. Ceux réalisés dans le sud tunisien remontent au début du XX^e siècle (R. Bousquet, 1947).

Avec l'exploration pétrolière du Sahara depuis les années 50 du XX^e siècle, la structure géologique du bassin saharien est devenue plus claire (J. Fabre, 1976 et G. Busson, 1970). L'intensification des créations des forages d'eau depuis, a permis de préciser les connaissances sur le fonctionnement hydrodynamique des nappes aquifères et leurs caractéristiques hydrogéologiques.

Les principales études utilisées pour analyser et traiter l'information disponible et pour la mise en œuvre du modèle mathématique sont les suivantes:

1.1.1. Les études régionales

Ce sont essentiellement deux études qui ont bénéficié de l'assistance du système des Nations-unies : le Fonds Spécial/UNESCO pour la première et le PNUD/OPS pour la deuxième :

Etude des ressources en eau du Sahara septentrional (ERESS, 1972): cette étude a permis, pour la première fois, de synthétiser les données hydrogéologiques sur les nappes sahariennes et de présenter leur bilan en employant les modèles numériques. Elle a mis en place les bases d'un suivi de l'évolution de la ressource en adoptant des scénarios d'exploitation pour la période 1970-2000 et en simulant le comportement des nappes vis à vis de cette exploitation.

Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara septentrional (RAB 80, 1983): cette étude qui a adopté la même approche de l'ERESS, a vérifié le comportement des nappes sahariennes durant la période 1971-1981 et a prolongé les simulations prévisionnelles jusqu'en 2010.

Ces deux études étaient cependant limitées à l'Algérie et à la Tunisie et n'incluaient pas la partie libyenne du bassin.

1.1.2. Les études algériennes

Etude sur modèle détaillé du Complexe Terminal dans la zone de l'Oued Rhir (Ecole des Mines de Paris, 1973). Cette étude a tenté d'affiner les résultats de l'ERESS dans une zone particulière de l'Algérie, l'Oued Rhir, où le modèle ERESS n'avait pu tenir compte de la complexité des aquifères multicouches du Complexe Terminal.

Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes (BRL, 1998): Cette étude a analysé et critiqué les résultats des deux études précédentes et a repris les deux modèles du CI et du CT sur de nouvelles bases mais sans disposer de la totalité des données algériennes actualisées ni des données tunisiennes.

Cette étude récente qui constitue la première tentative de sortir du cadre de l'approche ERESS, n'a pu être menée au stade d'affinement souhaité pour les raisons suivantes (BRL, 1998) :

- pour le **Complexe Terminal**:
 - absence d'une synthèse hydrogéologique récente,
 - absence d'un système permanent d'observation des aquifères et de contrôle de leur exploitation,
 - grande disparité des connaissances avec cantonnement des données dans les oasis et manque d'informations au niveau des nouvelles zones de mise en valeur..
- pour le **Continental Intercalaire**:
 - conceptualisation schématisée de la géométrie qui influence son fonctionnement hydrodynamique,
 - rareté des données actualisées sur la piézométrie et les prélèvements de la nappe

1.1.3. Les études tunisiennes

Modèle mathématique du Complexe Terminal : Nefzaoua – Djérid (ARMINES, 1985), Les études ERESS et RAB 80 ont constitué, dans la partie algéro-tunisienne du bassin saharien, la base de l'information antérieure à 1980. L'approche adoptée à l'époque pour l'évaluation des ressources en eau exploitables est celle de la simulation mathématique. Depuis, la modélisation numérique a connu une évolution sensible qui permet d'affiner la simulation du comportement hydrodynamique des nappes aquifères et de disposer d'outils numériques permettant d'assurer une gestion plus rigoureuse et mieux optimisée des aquifères. L'étude ARMINES (1985), qui a suivie celle du RAB 80, a permis de reprendre le sous-modèle de la Nefzaoua-Djérid sur la base d'une approche nouvelle (mailles variables) et a profité d'un complément d'information collecté depuis 1971, à partir du suivi des points d'eau et des données des nouveaux forages. Cette étude a permis de prévoir la réaction de la nappe vis à vis de l'exploitation jusqu'en 2040. ces résultats ont été pris en considération pour la création des nouveaux périmètres dans le Djerid et la Nefzaoua.

Caractéristiques et évaluation des ressources en eau du Sud tunisien (MAMOU, 1990): cette synthèse hydrogéologique reprend l'information disponible jusqu'en 1988 avec l'analyse des différentes évaluations des ressources en eau du Sud tunisien et apporte des données nouvelles quant à la géométrie des réservoirs aquifères, de leur piézométrie et des prélèvements qui y sont pratiqués.

Annuaire d'exploitation des nappes profondes de Tunisie (1971-99) et annuaire de la piézométrie des nappes de Tunisie (1991-99): Les annuaires d'exploitation des nappes profondes rassemblent les données concernant les prélèvements sur les nappes du CI et du CT résultant des mesures effectuées une à deux fois par an. Les annuaires piézométriques des nappes de Tunisie donnent les mesures piézométriques effectuées sur le réseau d'observation des nappes phréatiques et des nappes profondes.

1.1.4. Les études libyennes

Report regional hydrogeological study in Ghadames-Derj-Sinawan area (M.L. Srivastava, 1981): cette étude couvre la partie occidentale du Bassin, notamment la région de Ghadamès-Sinawan-Derj.

North-Western part of Libya – Ghadames-Hamada basin (Sinha, 1980) : Cette étude a consisté en l'interprétation des diagraphies réalisées dans des forages pétroliers et dans des forages hydrauliques profonds pour identifier les formations perméables et aquifères et estimer la salinité des eaux sur l'ensemble du quart nord-ouest de la Libye à l'exception de la Jifarah.

Hydrogeological study of Wadi Ash Shati, Al Jufra and Jabal Fezzan area (Idrotecneco, 1982): cette étude couvre d'abord la partie Sud-Est (Wadi Ash Shati & Dj Hassawunah) puis s'étend à l'ensemble des limites naturelles du bassin avec le premier modèle régional élaboré par Pizzi & al.

Survey for the development of the Central Wadi Zone & Golf of Sirt; Groudwater resources (GEFLI, 1978): cette étude couvre tout le Nord-Est du bassin. Elle permet de mieux appréhender la représentation du graben de Hun, ainsi que celle de l'exutoire libyen de la nappe du Continental Intercalaire (Ain Tawargha & Ain Kaam).

Western Jamahiria system hydrogeological modelling of aquifers and wellfields (GEOMATH, 1994): cette étude est une actualisation du modèle régional élaboré par Idrotecneco (1982).

Ghadames project: water resources (BRL, 1998): cette étude constitue la première tentative de présentation de l'information sur l'ensemble du Bassin de la Hamada El Hamra en se référant aux données tunisiennes (Mamou, 1990) et algériennes (RAB 80, 1983). Elle s'appuie sur les synthèses de Ph. Pallas (1978) et de O. Salem & S. el Baruni (1990).

Par ailleurs, durant la période 1970-2000, le Sahara algéro-tunisien a fait l'objet de plusieurs études universitaires portant sur l'hydrogéologie (Ben Dhia, 1985 et Mamou, A, 1990) et sur l'hydrochimie isotopique (Gonfiantini et al., 1974 et 1976 ; Yousfi, 1984 ; Guendouz, 1985 et Zouari, 1988). De nombreuses autres études à caractère local ont également été utilisées. L'ensemble de ces travaux dont la liste est fournie dans les références bibliographiques en annexe a permis d'apporter des éclaircissements sur le régime climatique de la région, la géologie du sous-sol saharien et le fonctionnement des nappes.

1.2 - Collecte et synthèse des informations géologiques et hydrogéologiques dans le cadre du projet SASS

Le projet SASS est une étape de synthèse et d'actualisation de l'information rassemblée sur l'hydrogéologie du bassin saharien. Cette étape a permis d'améliorer la connaissance géologique du bassin dans son ensemble et spécifiquement au niveau du sous-bassin du Grand Erg Occidental, de l'exutoire du tunisien et de la Hamada El Hamra. Cette amélioration résulte des données des nouveaux sondages réalisés dans ces zones et des synthèses géologiques récemment élaborées.

Du point de vue hydrogéologique, l'information nouvelle permet pour une fois de couvrir une période de 50 ans (1950-2000) avec des historiques de la piézométrie, de la salinité de l'eau et de l'exploitation. A ceci s'ajoutent les résultats de plusieurs essais de pompage et d'analyses chimiques et isotopiques de l'eau des différents aquifères du bassin saharien.

Cette masse d'information géologique et hydrogéologique est la plus complète et la plus fiable possible. Elle constitue un acquis qui n'a jamais été disponible auparavant pour couvrir un espace géographique aussi étendu et une période de suivi aussi longue.

Les données hydrogéologiques nouvelles par rapport à celles qui étaient disponibles au moment des grandes synthèses des années 70 et 80 proviennent des trois pays concernés. Elles ont été collectées par les administrations responsables des ressources en eau dans ces pays qui les ont mis à la disposition du projet.

Les données hydrogéologiques ainsi collectées concernent la structure géologique, principalement en Libye, la piézométrie, les prélèvements, la géochimie de l'eau et les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères. Ces données ont exigé des traitements élémentaires (vérification et mise en forme en table ACCESS) pour leur intégration dans la base de données et leur homogénéisation. Elles ont subi, par la suite, des traitements élaborés par les équipes nationales et celle du projet, pour leur validation, la reconstitution des historiques et leur classement spatio-temporel conformément aux besoins des modèles.

A la suite du rassemblement et de la mise au format de la base de données, les informations hydrogéologiques collectées dans les trois pays, ont fait l'objet de plusieurs échanges entre l'équipe du projet et les équipes nationales pour les vérifier, les valider et les corriger si nécessaire, et pour les compléter par de nouvelles données. Ces données ont également subi des révisions lors de l'élaboration du modèle.

Ces données une fois traitées, validées et introduites dans la base de données ont été utilisées directement par le modèle grâce aux interfaces de classement et d'interrogation mis en œuvre par le projet. La structure de la base de données « SAGESSE » est décrite en détail dans le volume "Vol 3 : Base de données et SIG". En résumé, celle-ci inclut les tables suivantes :

- une table « **Points** » comportant les données d'identification et de localisation des points d'eau ainsi que leur caractéristiques hydrogéologiques à la création du point d'eau ;
- une table « **Exploitation** » contenant les données d'exploitation provenant des études antérieures et des inventaires après vérification, validation et interpolation de 1950 à 2000 ;
- une table « **Piézométrie** » contenant les données piézométriques provenant des études antérieures et des inventaires après vérification;

- une table « **Qualité** » contenant les données relatives au résidu sec et à la composition chimique provenant des études antérieures et des inventaires après vérification et validation ;
- une table « **Géologie** » contenant la description lithologique, l'épaisseur et la cote du toit des formations rencontrées dans les forages hydrauliques et pétroliers ;
- une table « **Hydrodynamique** » contenant les données de transmissivité et de coefficient d'emménagement résultant des essais de débit.

Le tableau 1 montre le contenu actuel de la base de données par table et par pays :

Tableau 1 - Contenu de la base de données

	Nombre de points d'eau			
	Algérie	Tunisie	Libye	Total
Points	6108	1159	847	8114
Exploitation	2905	894	36	3835
Piézométrie	2135	452	297	2884
Qualité	1091	365	236	1692
Géologie	82	7	43	132
Hydrodynamique	4176	240	353	4769

1.3 - Répartition spatiale des données

Le nombre de forages captant les deux principales nappes du bassin saharien était relativement faible avant 1950 et la plupart de ces forages étaient localisés dans le Sahara algérien et accessoirement en Tunisie (Nefzaoua et Djérid). Au début des années 70, ce nombre était de près de 1646 forages dont la plupart captent la nappe du Complexe terminal (1398 forages). Depuis le milieu des années 70, le nombre des nouveaux forages n'a cessé de croître pour atteindre en l'an 2000, plus de 8000 points d'eau.

Apparaît ainsi l'accroissement du nombre de points d'eau pris en considération dans cette étude comparativement aux situations précédentes. De même, il y a lieu de noter que l'information utilisée est plus exhaustive, actualisée et couvre l'ensemble de la période du suivi du système aquifère qui s'étend de 1950 à 2000. Cette nouvelle situation s'est trouvée à l'origine de la décision pour mettre en place une base de données hydrogéologiques.

1.3.1. Les données algériennes

L'état récapitulatif des points d'eau du bassin saharien situés en territoire algérien fait ressortir en l'an 2001, un total de 6108 points d'eau (Figure n°1) se répartissant comme suit :

Tableau 2 - Données algériennes

Aquifère	Foggaras	Groupes de foggaras	Forages pompés	Forages artésiens	Forages pétroliers	Sources	Piézomètres ⁽²⁾	Total points d'eau
Continental intercalaire	701	176	1257	214	33		2	2383
Complexe terminal			3415	156	87	66	1	3725
Total	701	176	4672	370	120	66	3	6108

² (*) plusieurs forages sont en fait utilisés pour le suivi sans qu'ils ne soient déclarés comme piézomètres

Un grand effort a été fourni par l'équipe de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) pour mieux identifier les points d'eau et compléter leurs données avec l'actualisation de l'inventaire des foggaras, la révision de la situation des forages et des sondages pétroliers et l'augmentation des données spécifiques aux différents champs de la base de données.

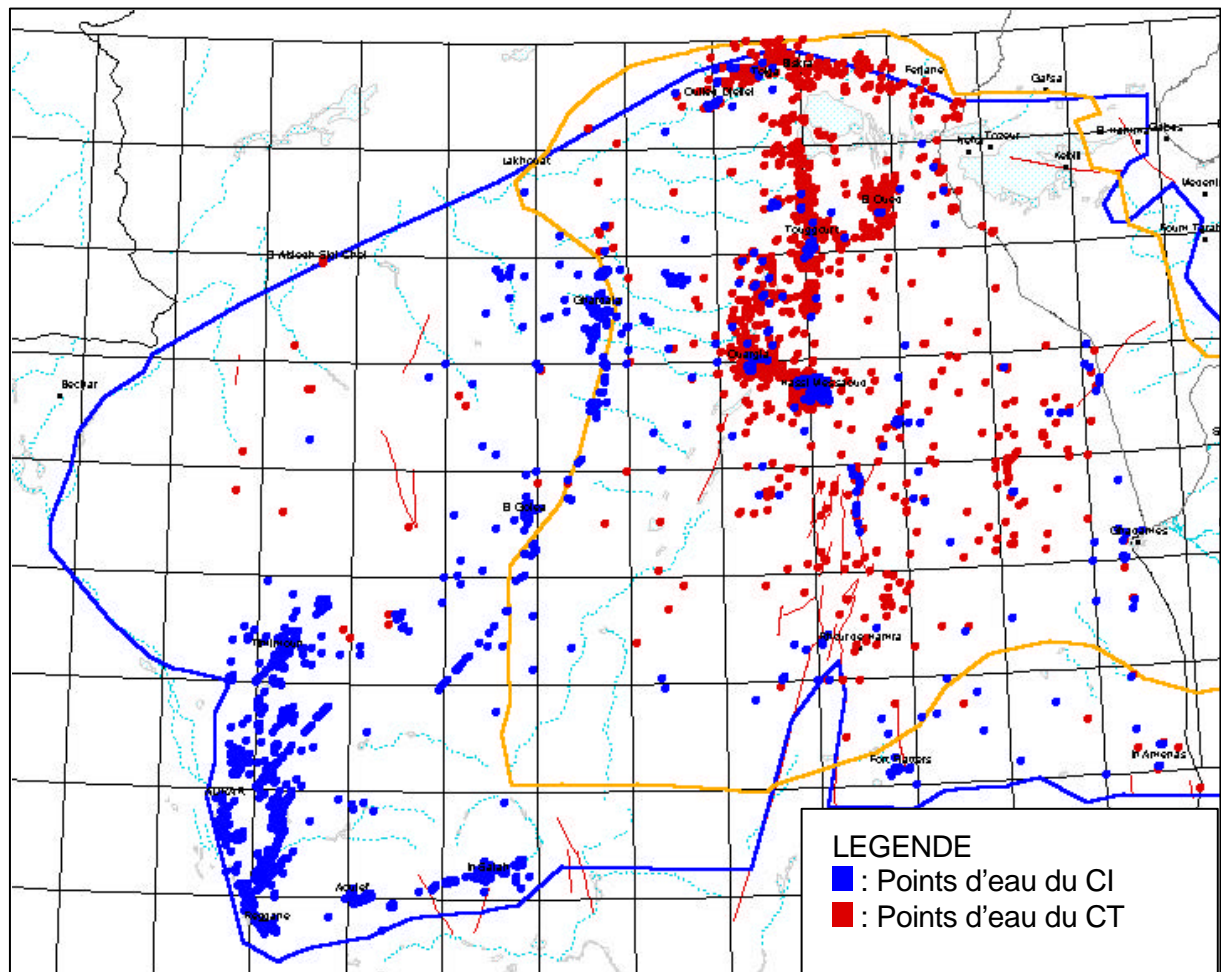
L'élaboration des historiques des prélèvements sur les ressources de la nappe, durant la période 1950 – 2000, a été menée en collaboration entre l'équipe du SASS/OSS (période 1950-1981) et l'équipe de l'ANRH (période 1982-2000). L'historique des prélèvements, durant 1950-81, a consisté en la reprise des données ERESS (1972) et RAB80/011 (1983) dans une perspective de vérification et de comblement des lacunes (particulièrement pour le RAB). L'équipe de l'ANRH a essentiellement procédé à l'analyse des différents inventaires en vue d'en déduire l'évolution de l'exploitation des anciens forages et d'ajouter ceux nouvellement créés.

En regard de la discontinuité des mesures dans le temps, le passage des valeurs ponctuelles du débit aux volumes exploités à l'échelle de l'année, a nécessité des hypothèses sur la durée du pompage quotidien, la durée d'exploitation par an, la baisse de l'artésianisme et l'évolution du débit des foggaras. Ces hypothèses explicitées dans les annexes n° 4 et 5 relatives aux prélèvements en eau sur les nappes du système saharien, sont adoptées en se référant aux résultats des enquêtes menées lors de la réalisation des inventaires.

La validation des volumes prélevés sur les deux nappes a nécessité plusieurs échanges de vue entre les équipes du SASS/OSS et de l'ANRH avec comparaison à l'analyse faite de ces

données par BRL (1997), avant d'aboutir à la situation finale qui a été adoptée pour la simulation du régime transitoire (période 1950-2000) sur le modèle.

Figure n°1 : Carte des points d'eau du CI et du CT en Algérie



1.3.2 Les données tunisiennes

Les points d'eau collectés au niveau de la partie tunisienne du bassin saharien sont au nombre de 1159 se répartissant comme indiqué dans le tableau 3.

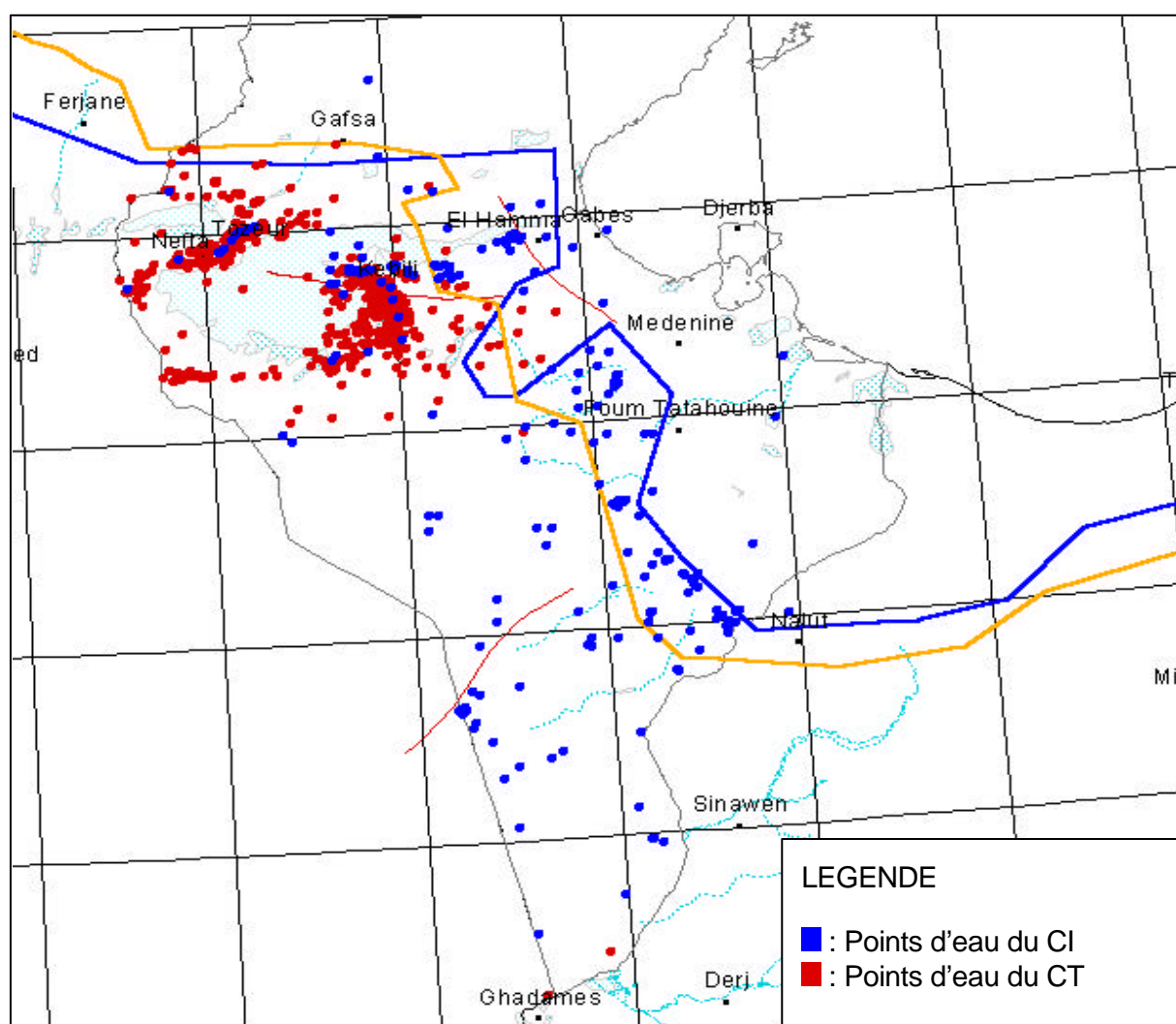
Tableau 3 - Données tunisiennes

Aquifère	Forages pompés	Forages artésiens	Forages pétroliers	Sources	Piézomètres (*)	Total points d'eau
Continental intercalaire	138	98	4	10	6	256
Complexe terminal	512	312		62	17	903
Total	650	410	4	72	23	1159

(*) plusieurs forages sont en fait utilisés pour le suivi sans qu'ils ne soient déclarés comme piézomètres

L'inventaire des points d'eau de la partie tunisienne est pratiquement complet et traduit un suivi efficace et une gestion maîtrisée des fichiers de points d'eau (Figure n°2).

Figure n°2 : Carte des points d'eau du CI et du CT en Tunisie



1.3.3 - Les données libyennes

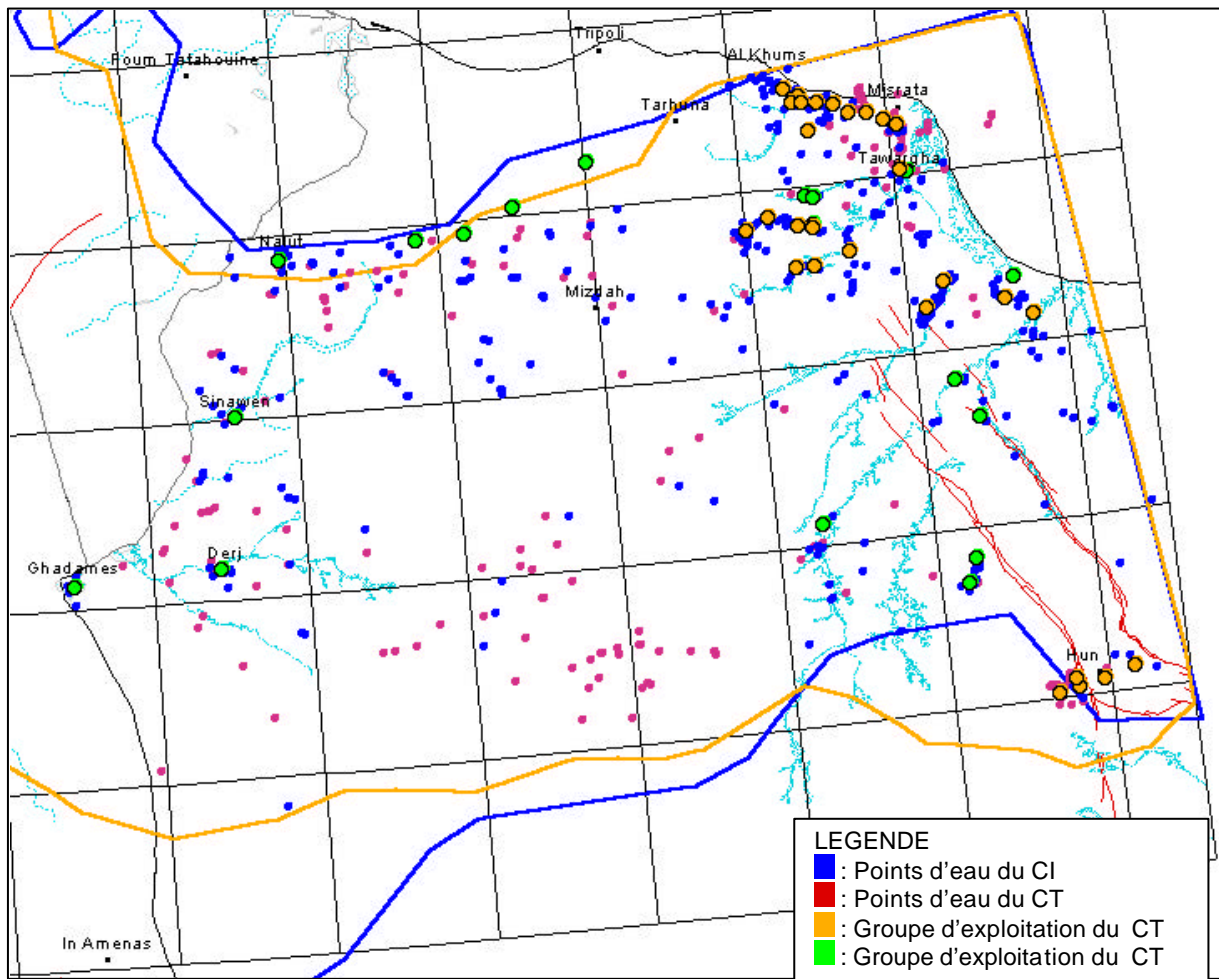
Les points d'eau du fichier fourni par la GWA ne comportaient pas à l'origine, de spécification de l'aquifère ni de la province géographique. Ils se présentaient tous sous forme de forages sans distinction entre forages artésiens et forages pompés. L'équipe libyenne a largement contribué, par la suite, à améliorer la qualité de l'information. Cependant, il n'a pas toujours été possible de différencier les points d'eau participant, par exemple, à l'alimentation en eau d'une ville ou à l'irrigation d'un projet agricole. Dans ce cas, le système d'exploitation a été introduit dans la base sous forme de « groupe ». Cette méthode a été en particulier appliquée pour établir l'historique des prélèvements. Pour la constitution des historiques piézométriques, de l'exploitation et de la salinité ainsi que pour la constitution de la table "Géologie" de la base de données, l'équipe du projet a procédé à l'analyse des études antérieures afin d'en extraire les données, et elle a aussi bénéficié d'enquêtes récentes menées par les techniciens libyens du General Water Authority.

Les points d'eau libyens introduits dans la base de données sont au nombre de 847 (Figure n°3) se répartissant comme indiqué dans le tableau 4.

Tableau 4 - Données libyennes

Aquifère	Forages pompés	Forages artésiens	Sources	Groupes	Piézomètres	Total points d'eau
Continental intercalaire	421	56	1	22		500
Complexe terminal	307	3	1	19	1	331
Turonien (Nalut)	16					16
Total	744	59	2	41	1	847

Figure n°3 : Carte des points d'eau du CI et du CT en Libye



L'ensemble de ces études montre que le bassin saharien se démarque par sa grande extension, sa structure géologique et son climat actuel, des entités hydrogéologiques classiques. Il constitue ainsi, un système aquifère dont le bilan hydrogéologique est à concevoir à l'échelle de ses limites naturelles et sur une période de temps assez étendue pour rendre compte de tous les effets qui s'y produisent.

Sur le plan structural, les trois sous-bassins du Grand Erg Occidental, du Grand Erg Oriental et de la Hamada El Hamra correspondent à des entités hydrographiques qui ne reflètent pas toujours, la configuration structurale des aquifères. Les discontinuités horizontales et verticales y sont complexes et résultent d'une longue évolution géologique caractérisée par des changements notables dans les conditions de sédimentation, une évolution orogénique largement influencée par la proximité des cratons sahariens (Hoggar, Hassawna, Dahar) et de la fosse sud atlasique.

Sur le plan hydrogéologique, ce bassin est un système multicouche dont le fonctionnement hydrodynamique est largement influencé par l'état des nappes (captives, semi-captives et libres), l'importance des entrées (alimentation et recharge) et l'ampleur des sorties (débit des exutoires naturels et prélèvements). La mise en place des réserves hydrauliques de ce système s'est faite durant une longue période au cours de laquelle les conditions climatiques étaient plus favorables que celles de nos jours. Son exploitation a connu récemment une nette accélération. Ses réactions sont celles d'un système largement sollicité répondant par une vidange et de stockage des réserves géologiques.

L'information sur les aquifères du Sahara septentrional s'est considérablement améliorée pendant la durée du projet. L'ensemble de l'information rassemblée pour l'élaboration des modèles est actuellement disponible dans les trois pays. Elle demande cependant à être continuellement entretenue par l'ajout des données nouvelles et pourra ainsi constituer une base solide d'aide à la décision dans le cadre de la "concertation" entre les trois pays, pour la gestion des ressources en eau du bassin.

Cette information concerne les différents aspects permettant de mieux évaluer, par modélisation, le comportement des aquifères vis à vis de l'intensification de l'exploitation. Un apport substantiel concerne la géométrie des aquifères sous forme de données géologiques des forages pétroliers et hydrogéologiques, les historiques de l'exploitation de la piézométrie et de la salinité de l'eau couvrant une période allant de 1950 à l'an 2000 ce qui n'a pas été disponible auparavant.

2 - LE FORMATIONS ACQUIFERES DU SAHARA SEPTENTRIONAL

2.1 - Colonnes lithostratigraphiques dans les trois pays (identification des formations aquifères)

Le bassin du Sahara Septentrional est une entité géographique relativement étendue (près de 1000.000 km²). Sur le plan orographique, cette entité est limitée sur les bordures, par des reliefs qui sont principalement des chaînes montagneuses (l'Atlas saharien) et des plateaux (Dahar, Tademaït, Tnirhert, etc..). Avec un réseau hydrographique relativement peu dense et à moitié fossilisé, ce bassin s'individualise en trois sous-entités qui sont les deux sous-bassin du Grand Erg Occidental et du Grand Erg Oriental et le plateau de la Hamada El Hamra. Les deux premières sous entités sont des cuvettes à écoulement endoréique aboutissant dans des dépressions fermées qui sont « sebkhas et des chotts ». Le plateau de la Hamada El Hamra est un reg légèrement incliné.

Il est apparu nécessaire d'ajouter dans le cadre de cette étude une description géologique qui n'existe pas dans les études précédentes. En effet, cet aspect résulte de la compilation d'un nombre important d'études spécifiques et des données des sondages pétroliers. La connaissance qui en est résultée sur la géologie des zones sahariennes, permet de tenter une synthèse en vue de schématiser la structure du bassin du Sahara septentrional.

Dans cette analyse de synthèse de la stratigraphie des couches du bassin saharien, on s'est volontairement limité aux horizons décrits à travers les sondages qui les ont traversés et qui sont susceptibles de faire partie des couches aquifères ou celles qui les bordent.

2.1.1. Algérie

En Sahara algérien, les travaux de G. Busson (1963, 1967 et 1970) et de J. Fabre (1976) constituent les références de base pour une bonne compréhension de la géologie du Sahara algérien. Toutefois, un complément d'information est à rechercher dans les différentes cartes géologiques qui ont couvert cette région. La description stratigraphique des formations influençant les nappes de cette zone, est limitée à la base du Trias.

- **Le Trias** montre une grande variation de faciès et des épaisseurs (Busson G., 1970). Le Trias est divisé en grandes unités lithologiques distinctes qui sont de bas en haut :
 - le Trias argilo-gréseux inférieur (Grès de Nezla),
 - le Trias carbonaté,
 - le Trias argilo-gréseux supérieur (Grès de Tartrat),
 - le Trias argileux,
 - le Trias salifère.

L'épaisseur de ces différentes formations est très variable, principalement là où s'intercalent des bancs salifères éruptifs (Rhourde El Baguel). L'épaisseur du Trias argilo-gréseux inférieur augmente vers le Nord-Ouest (150-180 m). Elle diminue dans les zones de hauts-fonds (Hassi Messaoud, G. El Baguel). Le Trias salifère présente une grande épaisseur (NE de Ghadamès : 700m et H. Messaoud : 1300m). Le Trias ne joue pas de rôle dans l'hydrogéologie du bassin saharien algérien.

- **Le Jurassique inférieur et moyen** (Lias-Dogger) comprend essentiellement des couches lagunaires constituées de sel, d'anhydrite et d'argiles qui deviennent par la

suite, marines et se présentent sous forme de calcaires et argiles avec des bancs d'anhydrite. La transgression jurassique couvre tous le bassin du Grand Erg oriental et les séries jurassiques y sont épaisses.

Le Jurassique est caractérisé par une permanence relative du régime marin avec des sédiments de milieu confiné. Dans la partie occidentale du bassin, le régime marin accuse une certaine régression à l'image de ce qui se passe plus à l'ouest et vers le Sud (Figure n°4).

Le passage du Jurassique vers le Crétacé inférieur se caractérise par des apports terrigènes dont l'origine est constituée par les reliefs nourriciers situés au Sud du bassin saharien (Hoggar).

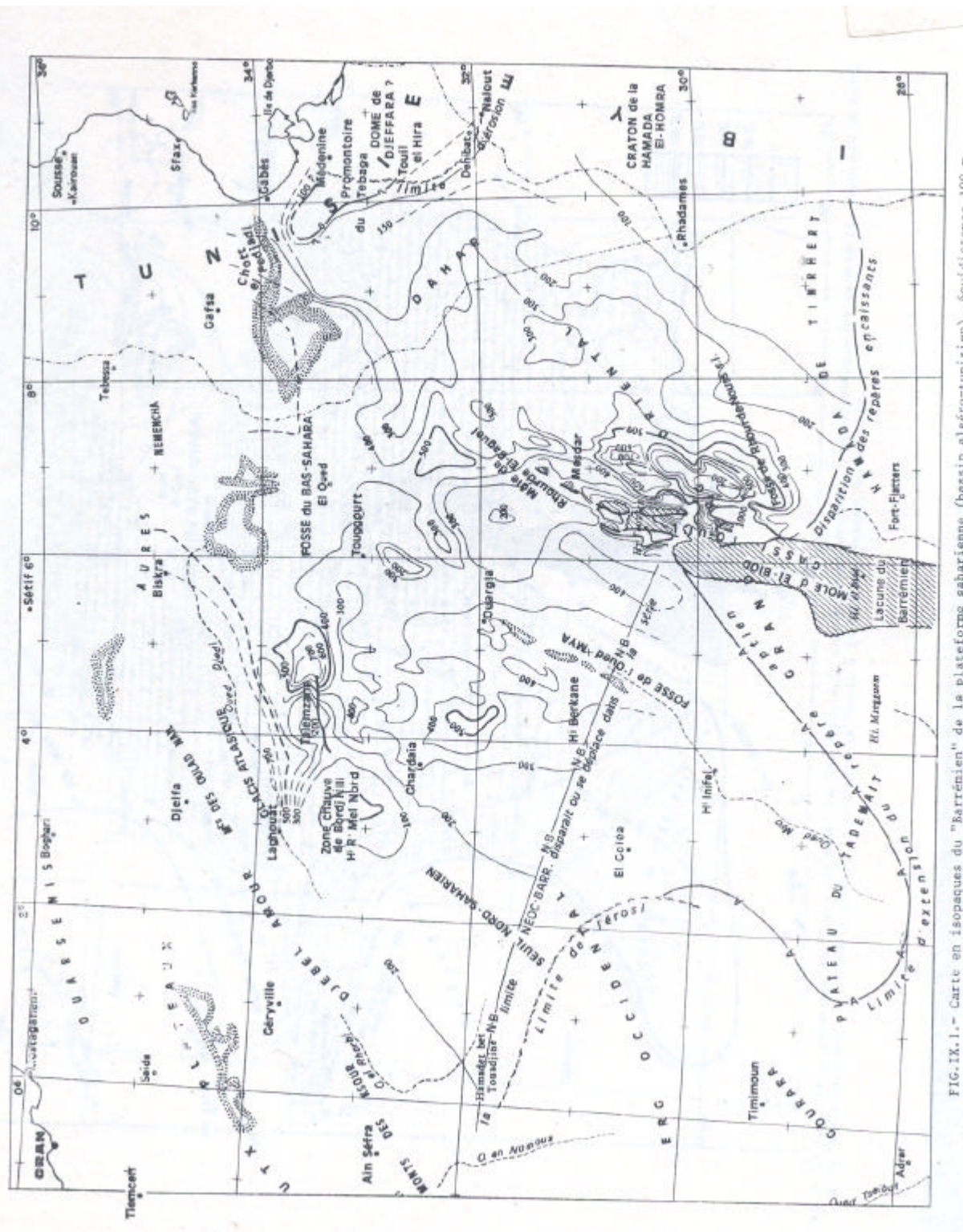
Figure n°4 : Carte du Jurassique supérieur –Néocomien de la plateforme saharienne (bassin algéro-tunisien) avec isopaques d'équidistance de 100 m et représentation schématisée et simplifiée des faciès (G. Busson, 1970).



FIG.VIII.15.- Carte du Jurassique supérieur-Néocomien de la plateforme saharienne (bassin algéro-tunisien) avec isopaques d'équidistance 100 m et représentation schématisée et simplifiée des faciès, la légende des figures étant constituée par le triangle du coin inférieur gauche.

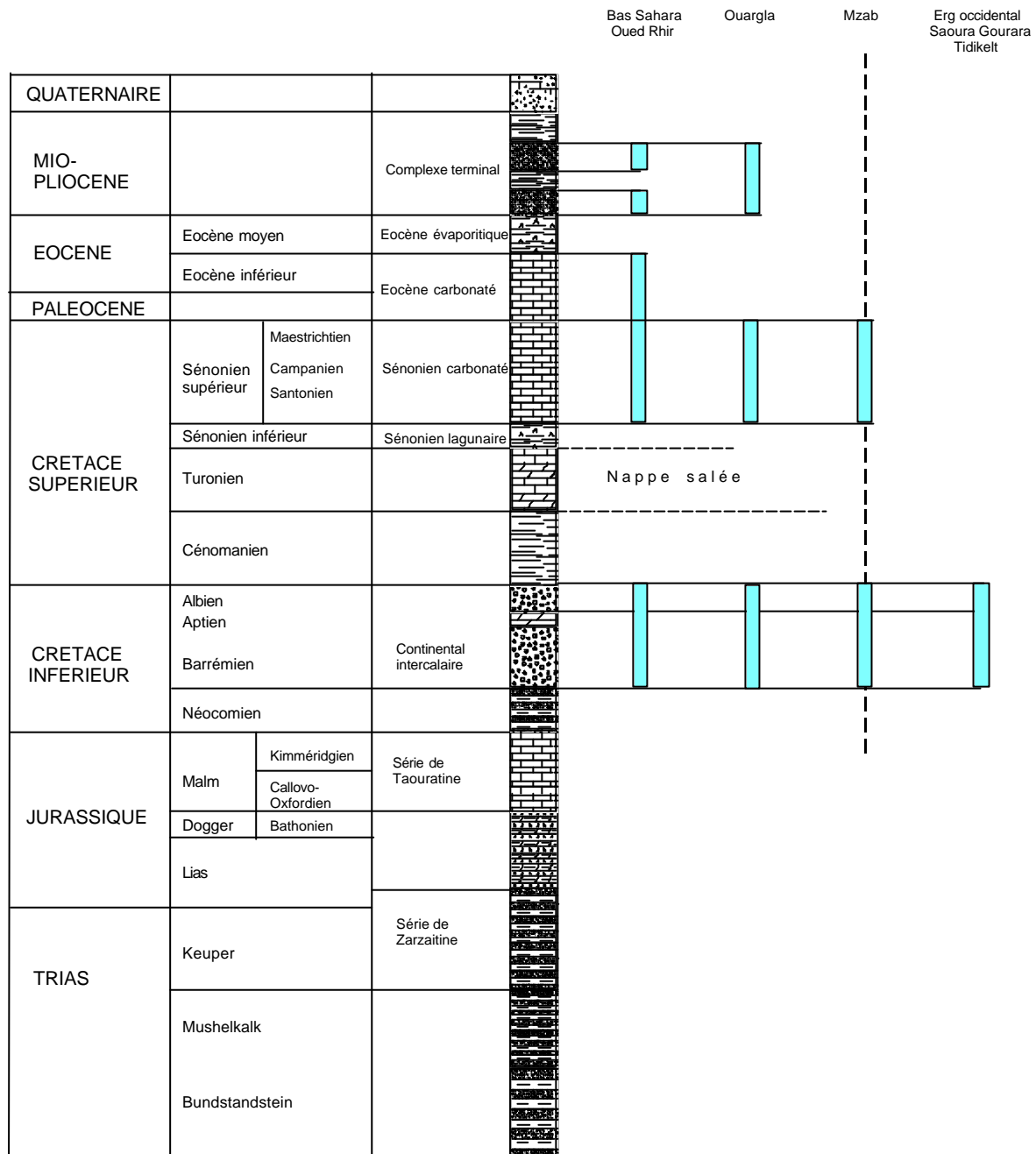
- **Le Crétacé inférieur** est constitué par des couches terrigènes continentales azoïques qui sont en contraste lithologique et sédimentaire avec les formations marines du Jurassique supérieur. Le Crétacé inférieur comprend, en partant des formations les plus anciennes :
 - *Le Néocomien*, comprenant, dans le Bas-Sahara, des argiles vertes et rouges avec de l'anhydrite en bancs massifs qui se déposent à la base. Ils sont surmontés par une alternance de dolomies et d'argiles. Dans la région de Hassi Rmel, se sont surtout des argiles et des sables avec quelques couches de lignites et de rares bancs carbonatés. Cette évolution latérale de faciès s'accroît vers l'ouest dans le Mزاب, le Nord-Est du Grand Erg Occidental ainsi que vers le Centre et le Sud du bassin où l'équivalent du Néocomien se confond dans un ensemble argilo-gréseux de transition entre le Jurassique et le Crétacé inférieur
 - *Le Barrémien* est la période qui vit un épandage généralisé des formations détritiques du Crétacé inférieur jusqu'à dans le Bas-Sahara. Ces formations se présentent sous forme de grès fins ou grossiers et d'argiles provenant apparemment du Sud (Hoggar). Dans la région de Touggourt, les sondages ont traversé des grès arkosiques. Les bancs carbonatés sont peu nombreux et cantonnés au Nord-Est du Sahara algérien, dans la région des daïas et le Nord du Mزاب. Dans l'ensemble, le Barrémien correspond à une sédimentation en milieu continental fluvial, lacustre, sur la plus grande partie du Bas-Sahara. Vers le Nord-Est, cette sédimentation est mixte, deltaïque, avec quelques influences marines. L'épaisseur des sédiments varie notablement d'un point à l'autre. Elle est forte dans les zones subsidentes du Bas-Sahara (Laghouat: 800-1100m), faible sur les mûles (El Abiod, Gassi Touil, Rh. El Baguel : 100-300m) et les zones de bordure orientale et sud-ouest (Figure n°5).
 - **L'Aptien** est un bon repère lithologique dans les sondages. Il est représenté dans la grande partie du Bas-Sahara, par 20 à 30 m en moyenne, de dolomies alternant avec des lits d'anhydrite, d'argiles et de lignite (sédimentation lagunaire). Cette barre dolomitique aptienne passe latéralement vers le Sud, à des argiles rouges et sableuses et vers le nord, à des argiles grises, vertes et beiges. Les formations gréseuses de l'Aptien se localisent sur les bordures du bassin. Sur les confins atlasiques et vers le sud tunisien, la dolomie aptienne passe, latéralement sur une courte distance, à des calcaires à orbitolines et algues. Dans l'ensemble, l'Aptien est caractérisé, dans le Sahara algérien, par une très grande homogénéité de faciès et d'épaisseur. Il semble coïncider avec un ralentissement des apports terrigènes et de la subsidence. C'est une période de stabilité de la plate-forme.
 - **L'Albien** est caractérisé par un retour massif de la sédimentation terrigène. Cet étage regroupe la masse des sables et argiles comprise entre la barre aptienne et l'horizon argileux sous-jacent attribué au Cénomani. L'Albien gréseux est formé de grès fins avec quelques intercalations carbonatées. Vers les bords du bassin (Tinrhert et Tademaït) les sédiments deviennent plus grossiers.

Figure n°5 : Carte en isopaque du Barrémien de la plateforme saharienne (bassin algéro-tunisien). Equidistance 100 m. (G. Busson, 1970).



- Le Crétacé supérieur **est constitué essentiellement de couches marines calcaires et dolomitiques. Il est essentiellement constitué par:**
 - *le Cénomani***en argileux dans le Tinrhert et le Bas-Sahara. Le Cénomani****en supérieur et le Turonien sont calcaires. Ces formations contiennent généralement de l'eau salée ;**
 - *le Sénonien inférieur* **à sédimentation lagunaire caractérisé par des formations argileuses et salifères à anhydrite et sel gemme ;**
 - *le Sénonien carbonaté* **constitué de calcaires et dolomies avec quelques alternances argileuses. Cette formation se termine avec la sédimentation calcaire du Maestrichtien qui se poursuit jusque dans l'Eocène qui constitue le dernier épisode marin du Sahara algérien.**
- **Le Tertiaire continental** du Sahara peut être relativement épais (150m). Il se présente sous forme d'un faciès sableux et argileux avec du gypse. Dans le Bas-Sahara, la sédimentation lacustre se présente sous forme de séries sableuses et argileuses connues sous le nom du Continental terminal dont l'épaisseur peut atteindre, dans la région des Chotts algéro-tunisiens, quelques centaines de mètres. On y identifie, dans la région de Oued Rhir, deux niveaux aquifères au sein des sables qui sont séparés par une couche argileuse au milieu (première et deuxième nappe de Oued Rhir). L'ensemble est surmonté par le Plio-Quaternaire argilo-sableux et gypseux qui résulte de sédimentation en milieu lacustre durant la phase d'assèchement des lagunes des Chotts.
- **Récapitulatif** : Le schéma de la figure 6 résume et illustre la description des formations géologiques et leur signification hydrogéologique.

Figure 6 - Les formations géologiques et les aquifères du bassin saharien algérien



Dans le Sahara algérien, les couches secondaires, tertiaires et quaternaires accusent un développement d'épaisseur dans la cuvette du sous-bassin du Grand Erg Oriental et une épaisseur plus réduite ou nulle (pour le complexe terminal) dans le sous-bassin du Grand Erg Occidental. Ces formations affleurantes sur les bordures sud du bassin (plateaux de Tadimaït et de Tinrhert), sont à grande profondeur à proximité de la flexure sud atlasique. Cette structure est favorable à la présence d'aquifères multicouches et souvent captifs dans les grandes fosses de sédimentation.

2.1.2. Tunisie

En Tunisie, les formations les plus anciennes qui présentent un intérêt hydrogéologique débutent avec le Jurassique supérieur. Le Trias supérieur et le Jurassique inférieur sont évaporitiques et salifères et forment un puissant écran étanche entre le Crétacé inférieur et le Trias inférieur. Les profondeurs considérables qu'il faudrait atteindre pour éventuellement capter le Trias gréseux en font, de toute façon, un objectif peu attrayant.

- **Le Jurassique supérieur-Crétacé inférieur** se caractérise par un long épisode de sédimentation continentale, amorcé dans certaines zones à la fin du Jurassique supérieur, et entrecoupé par de rapides incursions marines dont la barre dolomitique aptienne que l'on retrouve à peu près partout dans le domaine saharien. Au dessus de la barre aptienne, l'Albien ne présente de faciès détritique que dans le sud. En se rapprochant de la bordure nord-orientale et du sillon des chotts, l'Albien est le siège d'une sédimentation marine avec prédominance des argiles et des carbonates. La série détritique constitue un ensemble aquifère correspondant au Continental intercalaire algérien.
- **Le Crétacé supérieur** correspond à un cycle sédimentaire marin qui se caractérise par l'alternance de formations dolomitiques, calcaires et argilo-marneux avec parfois du gypse et de l'anhydrite.
 - Au Cénomaniens, la mer recouvre une grande partie du sud tunisien. Le môle du Dahar qui a été émergé depuis le Jurassique supérieur, est à nouveau recouvert par la mer. La sédimentation cénomaniens comprend essentiellement un épisode calcaire et dolomitique à la base, des alternances de marnes et de calcaires marneux au milieu et de nouveau, des calcaires et dolomies au sommet ;
 - Le Turonien du sud tunisien est très homogène avec son faciès dolomitique qui conserve, sur l'ensemble de l'extrême sud, une épaisseur de l'ordre de 80 à 100m. Cette formation présente un intérêt hydrogéologique comme aquifère dans la Nefzaoua ;
 - Le Sénonien s'individualise en deux faciès :
 - Un Sénonien lagunaire à la base, très peu perméable,
 - Un Sénonien carbonaté au sommet, aquifère dans la Nefzaoua et le Djérid

La sédimentation évaporitique (anhydrite et gypse) est relativement développée durant le Cénomaniens et le Sénonien lagunaire (Figure n°7). Elle fait écho à celle du Trias évaporitique et du Jurassique inférieur et traduit des changements dans les conditions climatiques qui se reflètent par la suite, dans le passage du milieu marin au milieu continental.

- **Le Paléocène-Eocène** joue un rôle limité dans l'hydrogéologie du bassin saharien tunisien. Il affleure entre la chaîne de Gafsa et la chaîne des chotts et comprend essentiellement :
 - Une série argilo-marneuse à la base connue sous l'appellation de formation El Haria
 - Une série calcaire au sommet de la formation Metlaoui qui se présente aussi sous un faciès évaporitique sur le versant sud de la chaîne des chotts avec des bancs de gypse massif ;

Figure n°7 : Carte schématique des faciès du Cénomanien (Cénomanien p.p. max dans une partie des régions sahariennes) du Nord-Est de la plateforme saharienne et de la Berbérie (G. Busson, 1970)

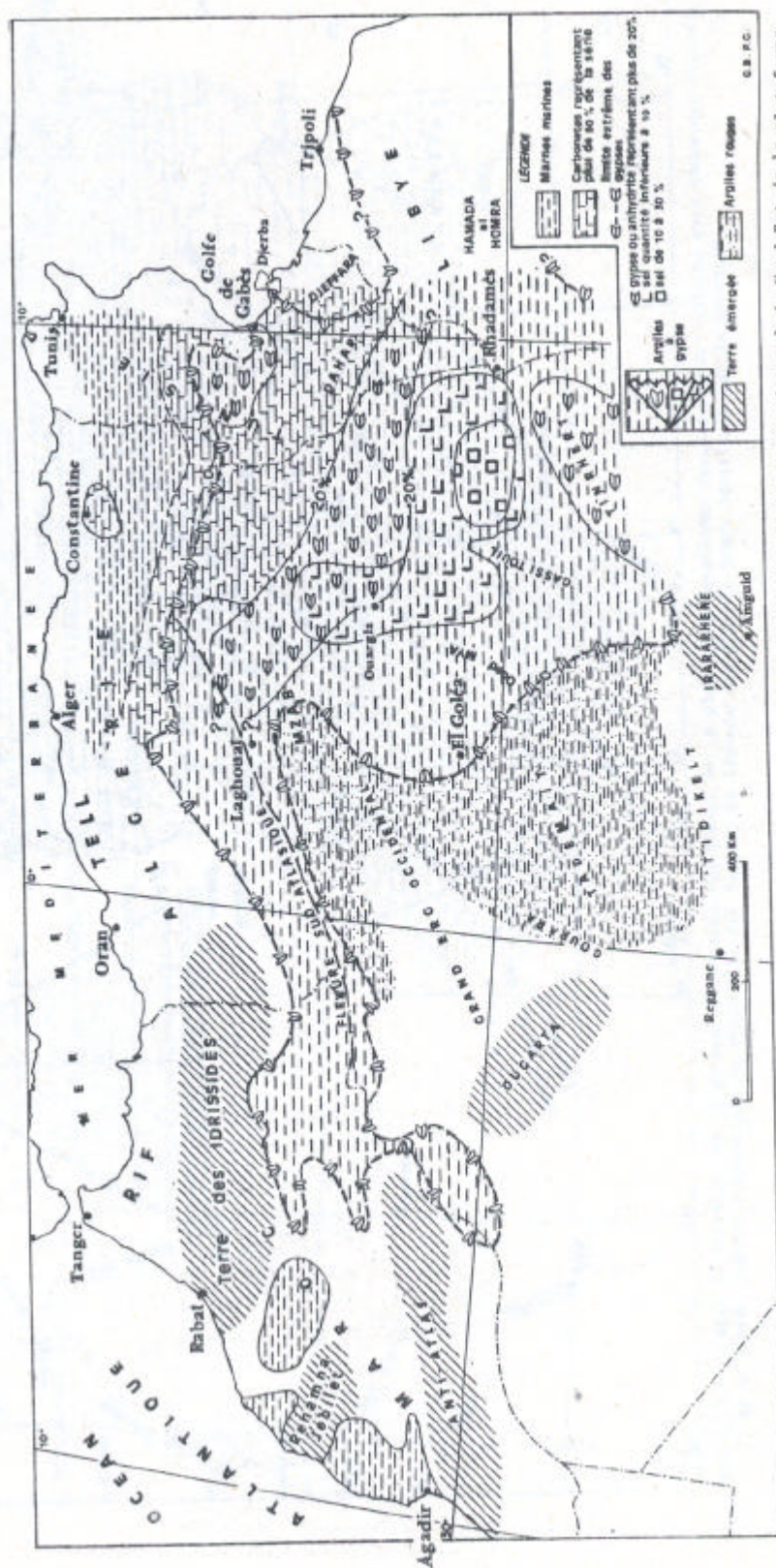


FIG.XII.7.- Carte schématique des faciès du Cénomanien (Cénomanien p.p. max dans une partie des régions sahariennes) du Nord-Est de la plateforme saharienne et de Berbérie.

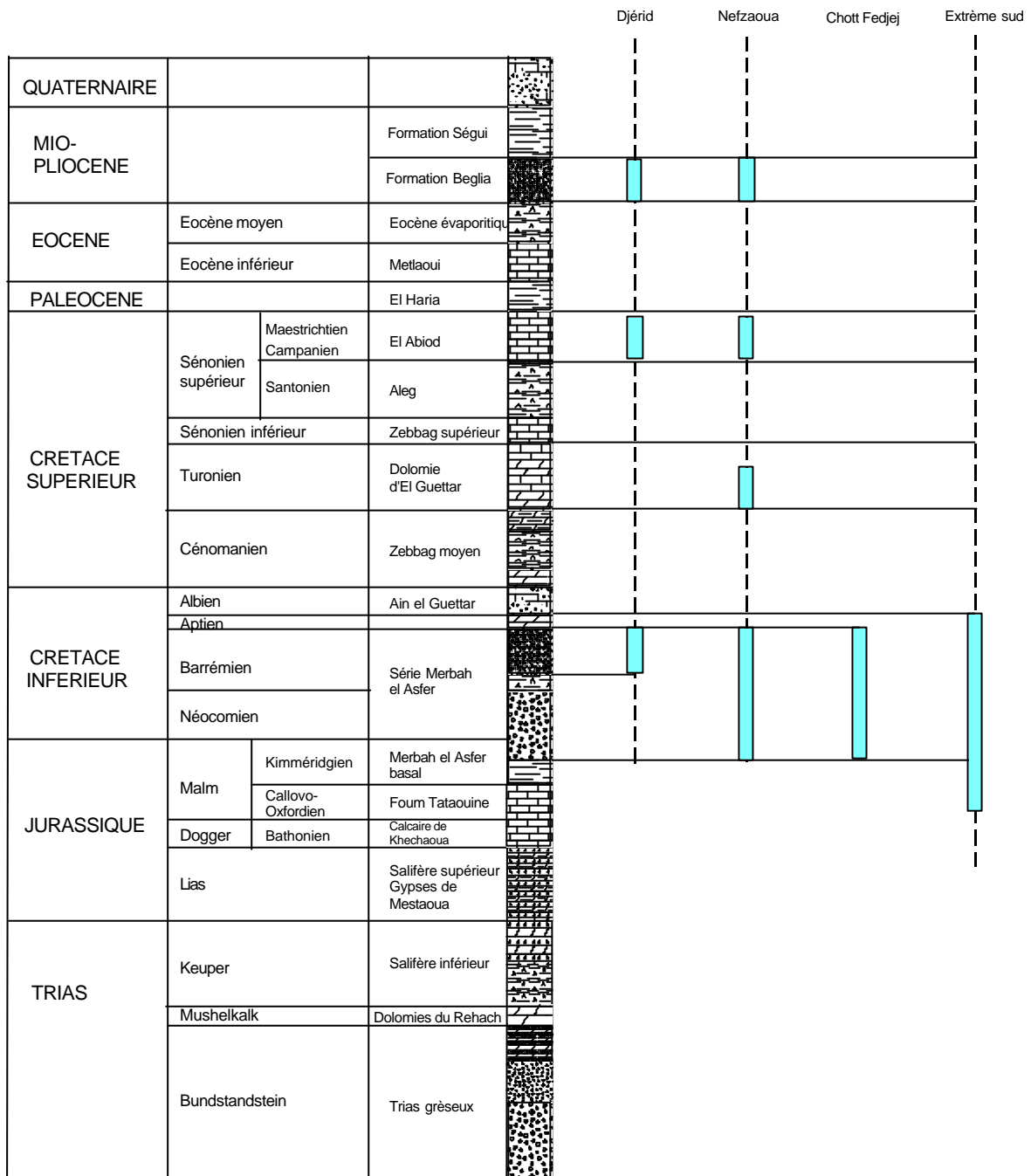
- **Le Miocène** est présent sous la Nefzaoua et le Djérid et présente essentiellement deux faciès :
 - La formation Beglia attribuée au Pontien est constituée de sables avec des passées argileuses. Elle forme un aquifère largement exploité dans tout le nord du bassin saharien tunisien ;
 - La formation Ségui constituée d'argiles sableuses avec des niveaux conglomératiques dans la partie supérieure.
- **Le Quaternaire** de la région des chotts correspond à un épisode terminal de la formation Ségui. C'est un faciès lagunaire et conglomératique largement dominé par les argiles.

Dans le Sud tunisien, le sillon des chotts a été depuis le début du secondaire une zone subsidente avec des séries sédimentaires épaisses. Le Dahar et l'extrême Sud tunisien sont, en revanche, des zones à tendance positive avec des séries moins épaisses. Les lacunes de sédimentation pour le passage du Crétacé inférieur (sables, grès et argiles) au Crétacé supérieur (carbonates, marnes et argiles) et du Sénonien-Eocène au Miocène (séries détritiques continentales), justifient la subdivision de cet ensemble sédimentaire en cycles continentaux et autres marins.

Cette structure en cuvette largement façonnée par l'évolution tectonique a favorisé la présence d'un système aquifère multicouche au sein duquel devient parfois difficile de distinguer les différents niveaux aquifères.

- **Récapitulatif** : Le schéma de la figure 8 illustre la description des formations géologiques et leur signification hydrogéologique.

Figure 8 - Les formations géologiques et les aquifères du sud tunisien



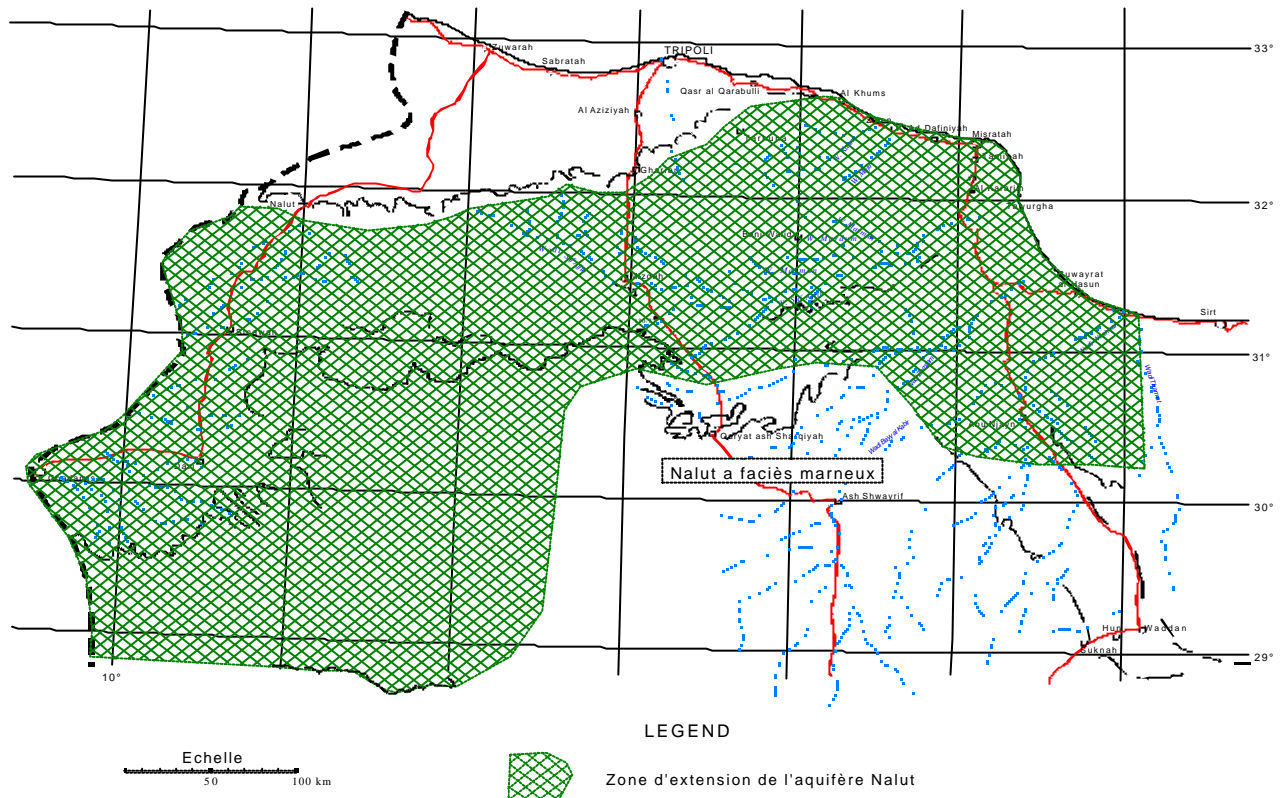
2.1.3. Libye

En commençant par les plus anciennes, les formations présentes dans le sous-sol du bassin saharien libyen et jouant un rôle dans l'hydrogéologie du bassin saharien sont les suivantes :

- **Le Paléozoïque** affleure seulement le long de la limite sud et prolonge les affleurements algériens. Les formations paléozoïques forment une fosse synclinale de plus de 3500m de profondeur sous la Hamada al Hamra. Seul le Cambro-Ordovicien constitué de grès et de quartzites jouent un rôle dans l'hydrogéologie du bassin en tant que réservoir en nappe libre en contact direct avec les formations aquifères du Crétacé inférieur dans le Jabal Hassawna et immédiatement au nord de celui-ci. Ce Cambro-Ordovicien gréseux apparaît de nouveau dans le système au niveau du horst de Tawurgha où il a été capté par une série de forages profonds fournissant une eau relativement douce. Sous la Hamada, le Paléozoïque constitué de formations siluriennes, dévoniennes et carbonifères généralement imperméables ou contenant une eau salée, forme le soubassement des couches mésozoïques.
- **Le Trias** présente plusieurs faciès qui varient d'un secteur à l'autre :
 - ❑ **Au nord et dans la partie sud de la Jifarah**
Le Trias se divise en plusieurs formations dont certaines ont une importance particulière dans l'hydrogéologie du nord du bassin. Ce sont, en commençant par les plus anciennes:
 - les grès rouges peu perméables Ouled Chebbi ;
 - les grès de Ras Hamia souvent argileux et alternant fréquemment avec des couches d'argiles rouges ou vertes. La formation Ras Hamia est généralement considérée comme un aquifère de qualité moyenne à médiocre dont l'épaisseur varie de quelques dizaines à quelques centaines de mètres ;
 - le calcaire dolomitique de la formation Aziziyah bien fracturé dans le sud de la Jifarah où il constitue un bon aquifère. Dans le nord ouest du bassin saharien, les calcaires dolomitiques Aziziyah sont encore présents puis disparaissent sous la Hamada où ils sont érodés ;
 - les grès argileux et argiles de la formation Abu Shaybah généralement peu perméables dans la bassin saharien.
 - ❑ **Au centre et au sud-ouest**
Le Trias présente un faciès continental (Zarzaïtine) et se confond avec les formations similaires du Jurassique lorsqu'elles existent. C'est en général un aquifère à eau douce. Au sud-ouest, le Trias continental est affleurant et repose directement sur les formations Paléozoïques.
 - ❑ **Au sud est**
Le Trias est érodé et le Crétacé repose directement sur le Paléozoïque
- **Le Jurassique** comprend, à la base, une puissante série évaporitique (gypse, anhydrite) présentant des intercalations dolomitiques. Cette série, correspondant aux formations Bu Ghaylan et Abreghs est bien développée au Nord-Ouest, dans la zone de Sinawan-Nalut, où elle atteint 500 à 600 m d'épaisseur et constitue de ce fait un imperméable qui isole complètement les aquifères crétacés des aquifères triasiques. Cette série est pratiquement absente sur le restant du bassin où le Jurassique est représenté :

- par des calcaires marneux du Groupe Tiji au Nord-Ouest entre le Jabal Nefusah et les escarpements qui constituent la limite nord de la Hamada. Cette série est peu perméable et complète l'isolement hydraulique du Crétacé inférieur (Kiklah) par rapport aux aquifères triasiques ;
 - une série continentale qui parfois se confond avec le Crétacé inférieur mais reste encore isolée du Trias gréseux dans la partie nord-orientale et occidentale de la Hamadah et au Sud de Ghadames. Dans toute une zone qui prend en écharpe la Hamadah du Sud-Ouest au Nord-Est, cette série continentale se confond dans une unité sablo-gréseuse d'âge indifférencié du Trias au Crétacé inférieur, assimilable aux grès nubiens du sud-est de la Libye et aux séries continentales post-tassiliennes du bassin de Murzuq.
- **Le Crétacé inférieur** présente un faciès remarquablement constant sur l'ensemble du bassin saharien libyen, de grès continentaux auxquels on attribue, en Libye, le nom de formation Kiklah et qui constitue le meilleur aquifère à eau douce du bassin, rejoignant les formations aquifères du même âge en Tunisie et en Algérie et même en Egypte. En fait la transgression cénomaniennne en provenance du Nord, a progressivement envahi tout le bassin jusqu'au 29^e parallèle de telle sorte qu'au Sud, la sédimentation continentale a persisté pendant une grande partie du Cénomanienn inférieur. Ainsi le toit de la formation Kiklah, généralement attribuée à l'Albien, remonte dans l'échelle stratigraphique jusqu'au mur du Cénomanienn supérieur dans la partie sud du domaine. Au Nord, dans la zone de Misratah-Tawurgha, le Crétacé inférieur prend un faciès dolomitique et marno-dolomitique en continuité avec les faciès carbonatés du Crétacé supérieur.
 - **Le Crétacé supérieur** comprend essentiellement des formations carbonatées alternant avec des formations marneuses peu perméables. Les formations suivantes sont rencontrées dans les forages en commençant par les plus anciennes jusqu'au toit du Kikla :
 - les calcaires et calcaires dolomitiques de la formation Ain Tobi du Cénomanienn moyen qui passent progressivement à des faciès détritiques assimilés à Kikla vers le sud. Vers le nord, les calcaires dolomitiques d'Ain Tobi sont en continuité avec le faciès dolomitique de Kikla. Dans l'ensemble, cette série, sous son faciès carbonaté, constitue un aquifère de qualité médiocre ;
 - les marnes et argiles de la formation Yafrin du Cénomanienn moyen constituent généralement un bon isolant hydraulique entre les aquifères du Crétacé inférieur et les aquifères carbonatés du Crétacé supérieur. La série marneuse peu perméable présente une épaisseur variant de 100 à 150m sur l'ensemble du domaine ; cependant, à l'est du méridien 15°E, et en particulier dans le graben de Hun et à l'est du graben, l'épaisseur des marnes diminue jusqu'à quelques dizaines de mètres seulement, facilitant probablement les échanges entre les aquifères sablo-gréseux du Crétacé inférieur et les aquifères carbonatés du Crétacé supérieur ;
 - les calcaires dolomitiques et dolomies de la formation Nalut attribués au Cénomanienn supérieur et Turonien inférieur constituent un aquifère moyen à bon dans la partie septentrionale du bassin saharien libyen seulement. Au sud du 31^e parallèle (Figure 9), la formation Nalut acquiert un faciès de plus en plus marneux et ne constitue plus qu'un aquifère médiocre où l'eau est fréquemment saumâtre.

Figure 9 - Extension de l'aquifère Nalut (Cénomano-Turonien) en Libye



- la série marneuse et marno-calcaire avec des intercalations évaporitiques (gypse) de la formation Tigrinna du Turonien supérieur, isole partiellement l'aquifère de la formation Nalut de l'aquifère carbonaté du Sénonien. Les marnes de Tigrinna ont une épaisseur variant de 100 à 200m avec un amincissement sensible vers l'est dans la zone de Misratah-Tawurgha ;
- la série carbonatée de la formation Mizdah du Sénonien affleure largement dans le bassin supérieur du Wadi Sufajjin. Dans ces zones où les calcaires de Mizdah sont affleurants ou sub-affleurants, ils constituent un aquifère de bonne qualité largement exploité, depuis quelques années, par l'agriculture privée. Les calcaires de Mizdah jouent également un rôle important dans l'hydrogéologie de la zone de Al Jufrah à l'ouest du graben de Hun où ils sont alimentés par l'aquifère cambro-ordovicien à la faveur du système de failles qui limitent le graben à l'ouest ;
- les marnes et calcaires marneux de la formation Soknah du Maestrichtien forment le passage entre le Crétacé supérieur et le Paléocène.

- **Le Paléocène**

Le Paléocène se présente habituellement sous forme de marnes et calcaires marneux bien développés sur le plateau de la Hamadah al Hamra et dans le bassin de Sirt. Les formations paléocènes ne semblent pas jouer un rôle important dans l'hydrogéologie du bassin saharien libyen.

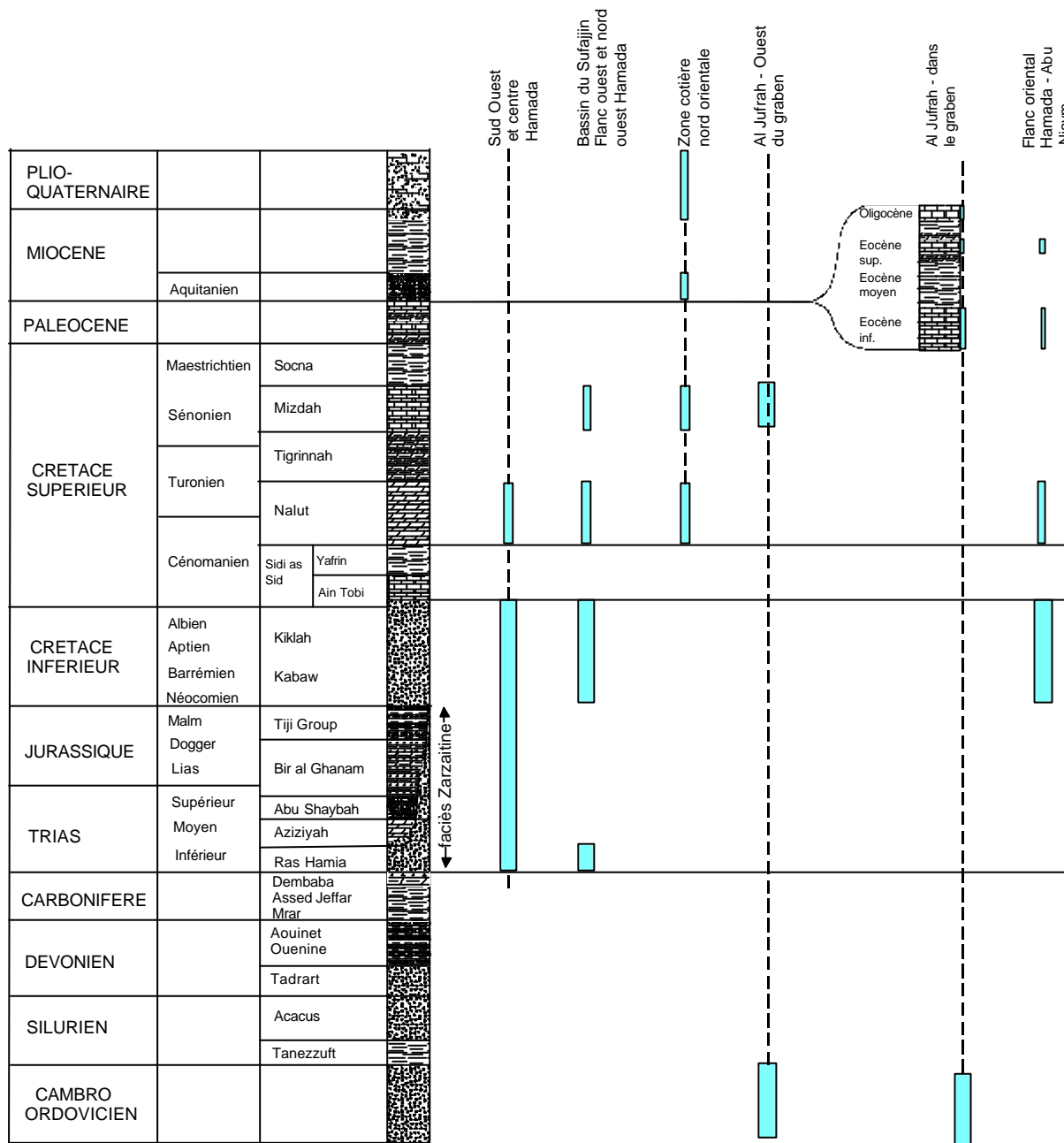
- **L'Eocène** n'est bien développé que dans le graben et à l'est du graben où deux horizons appartenant respectivement à l'Eocène inférieur (calcaire) et à l'Eocène supérieur (calcaire crayeux et calcaire oolithique) sont parfois exploités par des forages. Un projet agricole a été mis en place à Abu Njajm sur la base de forages captant les aquifères éocènes. Dans les zones de wadi Zamzam et wadi Wishkah les agriculteurs ont commencé à exploiter la nappe de l'Eocène supérieur par forages peu profonds donnant une eau de qualité médiocre. Dans l'ensemble, il s'agit d'aquifères médiocres et peu importants à l'échelle régionale.
- **L'Oligocène et l'Oligo-Miocène** sont peu représentés dans le bassin saharien libyen, à l'exception du sud du graben où les calcaires oligocènes contiennent une petite nappe phréatique exploitée par les habitants de Hun et Waddan pour irriguer leurs palmeraies.
- **Le Mio-Plio-Quaternaire** est bien développé le long de la côte nord entre Tawurgha et Zliten. Cette série est transgressive sur le Crétacé supérieur et comprend essentiellement deux niveaux aquifères :
 - Le niveau supérieur, plio-quaternaire et miocène supérieur constitué de calcaires avec des alternances de marnes et parfois de gypse, est l'aquifère traditionnellement exploité par les habitants d'abord par puits et, depuis les années 70, par forages. La nappe repose sur les niveaux marneux du Miocène moyen ;
 - Le niveau inférieur de l'Aquitaniens, à la base du Miocène constitué de calcaires souvent très fissurés, généralement plus productif et alimenté par abouchement direct avec les formations aquifères du Crétacé supérieur.
- **Récapitulatif**

Le schéma de la figure 10 illustre la description des formations géologiques et leur signification hydrogéologique. Les aquifères sont indiqués sous forme de colonnes bleu clair en correspondance des formations qui les contiennent. La largeur des colonnes suggère l'importance de l'aquifère.

La région de la Hamada El Hamra appartient à la zone de plateforme saharienne où la succession entre cycles de sédimentation marins et continentaux depuis le Cambro-Ordovicien, est à l'origine de la prépondérance de la sédimentation terrigène à partir des affleurements du socle situés au Sud du bassin (Dj. Hassawna). Le rôle des formations marines carbonatées est réduit au flanc sud du Dj. Nafusa et au bassin du Golfe de Sirt (Flanc oriental de la Hamada).

Cette structure est à l'origine d'un système aquifère dont les différents niveaux présentent des similitudes avec ceux du sous bassin du Grand Erg Oriental.

Figure 10 - Formations géologiques et aquifères du bassin saharien libyen



2.2 - Carte des affleurements des principales formations aquifères

L'information sur la géométrie des réservoirs aquifères du bassin saharien provient de l'ensemble des données géologiques et structurales disponibles sur cette région. Cette information est différenciée en :

- cartes géologiques des couches en affleurement établies à différentes échelles et pour des régions spécifiques,
- des prospections géophysiques ayant donné lieu à des cartes d'épaisseurs ou de position de toit et de mur d'une ou de plusieurs formations,
- des descriptions des couches recoupées par les sondages pétroliers et les forages hydrauliques.

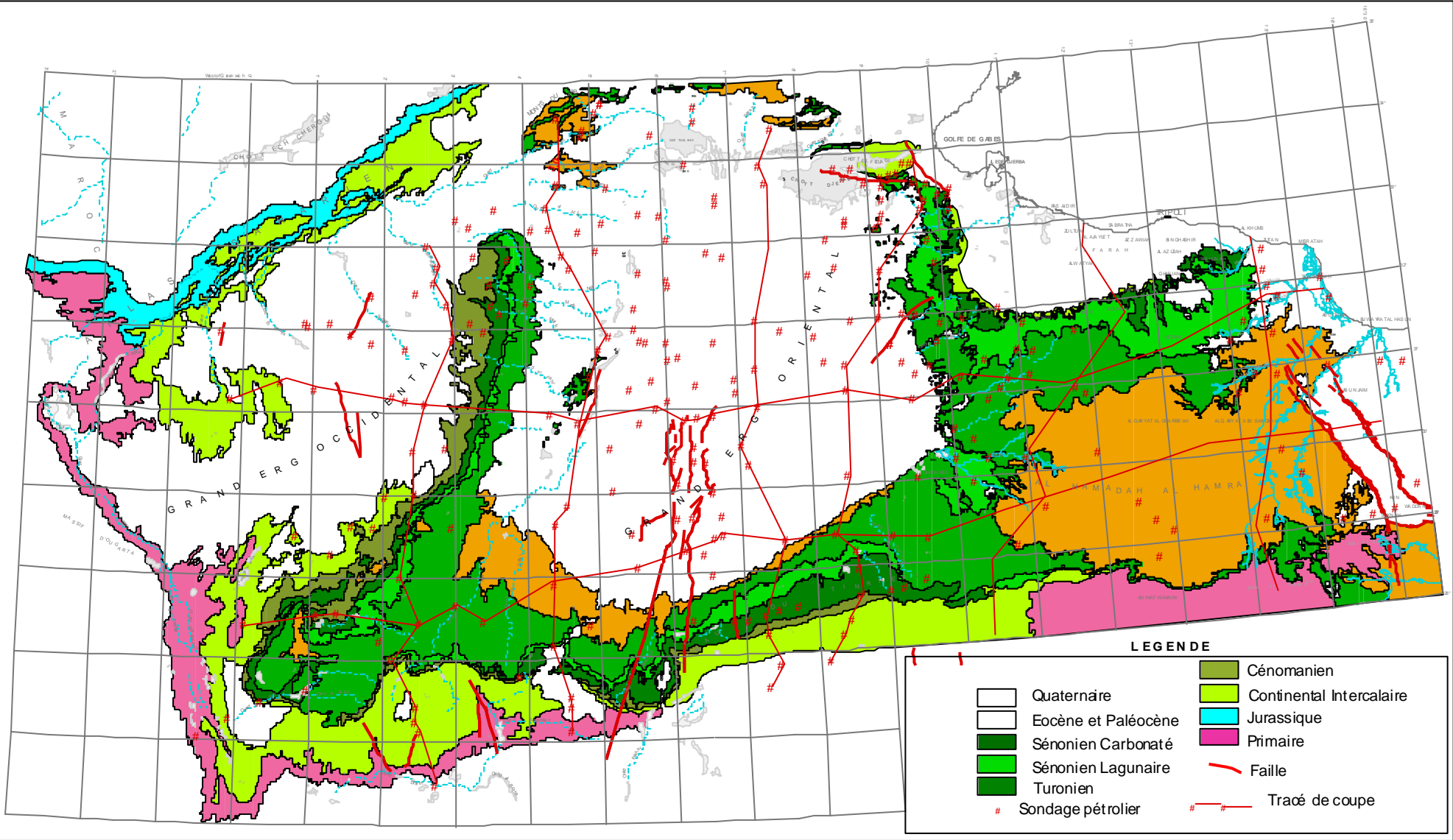
L'ensemble de cette information a fait l'objet de synthèses élaborées dans le cadre des études antérieures ayant traité de la géométrie des aquifères du bassin saharien. Un effort de synthèse à l'échelle de l'ensemble du bassin a été entrepris et a abouti à :

- une carte géologique digitalisée des affleurements sur l'ensemble du bassin saharien,
- des coupes litho-stratigraphiques qui traduisent, sous une forme schématique, la structure géologique des trois sous-bassins,
- des cartes du toit, du mur et de l'épaisseur des formations aquifères du Continental intercalaire.

Une carte géologique des affleurements de l'ensemble du bassin saharien a été élaborée à une échelle de 1/2 000 000 (Planche n°1) à partir des cartes géologiques nationales au 1/500 000 et au 1/1 000 000. Cette carte a bénéficié, pour les deux sous-bassins du Grand Erg Oriental et Occidental, de la synthèse cartographique à l'échelle 1/2 000 000 élaborée par G. Busson (G. Busson, 1970). Pour la partie libyenne du bassin, la carte géologique de la Libye à l'échelle 1/1 000 000 et différentes feuilles à 1/250 000 de la carte géologique de Libye ont été utilisées.

Des groupements de formations ou étages se sont avérés nécessaires pour aboutir à la nomenclature hydrogéologique adoptée généralisée à l'ensemble du bassin saharien.

CARTE GEOLOGIQUE DU SASS



2.3 - Coupes NS et EW: Structure géologique, extension horizontale et verticale des aquifères

Afin d'illustrer la géométrie du système aquifère saharien et son évolution dans chacun des sous-bassins, un certain nombre de coupes litho-stratigraphiques ont été élaborées et sont présentées hors texte (Pl. n° 5 à Pl. n° 9). Ces coupes ont été élaborées en se référant aux données de 150 forages pétroliers. Le Sud tunisien a fait partie d'une étude particulière de détail sur la base des données de 186 forages spécifiques à cette zone. L'examen de ces coupes montre :

- la continuité du découpage adopté d'un bout à l'autre du bassin,
- les variations d'épaisseur des séries continentales (Crétacé inférieur et Continental terminal) et marines (Jurassique, Crétacé supérieur, Tertiaire) conformément aux conditions paléogéographiques de sédimentation. Ainsi, les zones ayant évolué en cuvettes subsidentes (Grand Erg Oriental et le flanc oriental d'El Hamada) se caractérisent par des formations épaisses reflétant une certaine subsidence. C'est particulièrement le cas de la région du Bas-Sahara accumulant, depuis le début du secondaire, des séries sédimentaires de plus en plus épaisses abstraction faite des conditions de sédimentation marine ou continentale. Les régions du bassin du Grand Erg occidental, de l'Extrême-sud tunisien et d'El Hamada El Hamra ont évolué en plateau avec une sédimentation de plateforme qui est souvent d'épaisseur réduite avec des faciès traduisant le passage d'un environnement de sédimentation vers un autre.
- les grands axes tectoniques sont influencés par la proximité de la flexure sud atlasique (le sillon des Chotts, Failles de Gafsa), le golfe de Syrte (graben du Hun) et l'affleurement du socle (dorsale d'Amguid). Ils traduisent une zone de passage du craton du Hoggar au Sud, vers le domaine atlasique au nord, avec resserrement des plis et des failles cassantes à rejet plus prononcé.

2.3.1. Coupes Ouest-Est

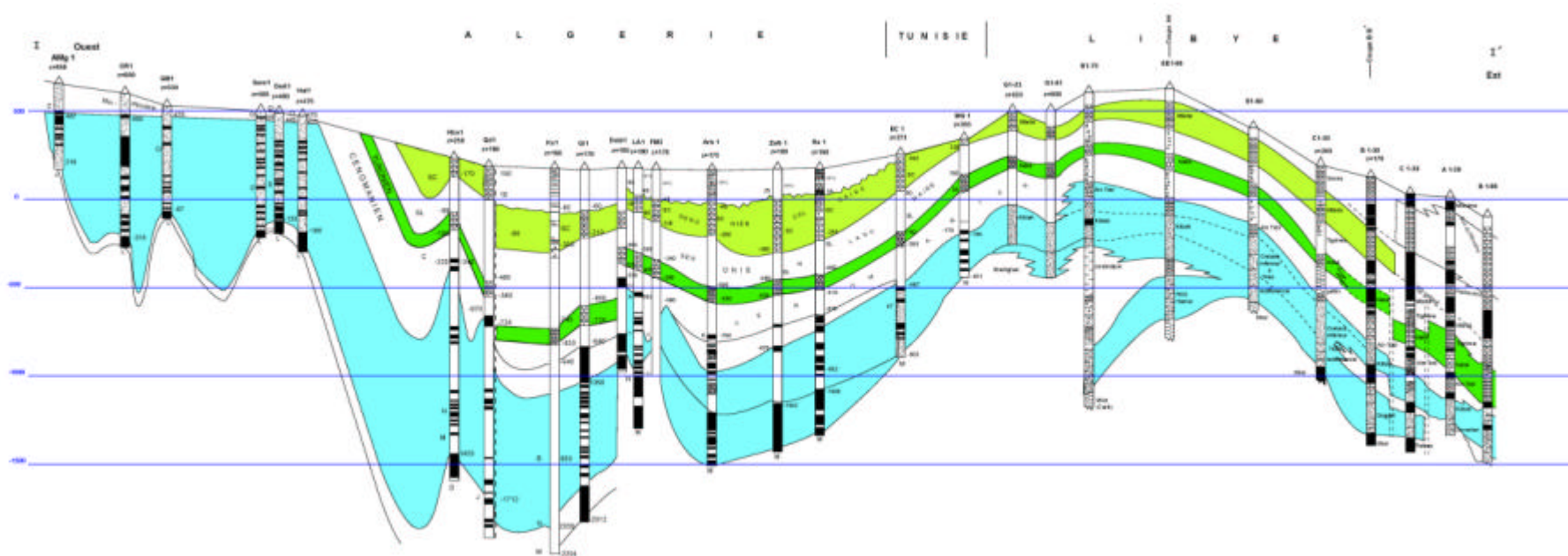
La structure longitudinale du bassin est analysée à partir de deux corrélations litho-stratigraphiques qui s'étendent d'Ouest en Est du bassin. Ces deux coupes montrent bien l'individualisation des sous-bassins, particulièrement celui du Grand Erg Oriental au sein duquel les couches secondaires subissent une subsidence accompagnée d'épaississement.

- **La coupe H'** (Pl. n° 5) située près de la flexure sud-atlasique, traduit le passage du sous-bassin du Grand Erg occidental vers le Bas-Sahara. Elle fait apparaître l'importance de la sédimentation du cycle continental du Crétacé inférieur et met en évidence le rôle du Bas-Sahara dans l'évolution subsidente du sous-bassin du Grand Erg Oriental (épaississement du Cénomaniens, du Sénonien inférieur, du Sénonien supérieur et du Continental terminal: Mio-Plio-Quaternaire). En Libye, cette coupe traverse le bassin saharien libyen en son centre et se termine, en mer, dans le golfe de Syrte. Cette coupe montre :
 - La disparition, à 200-250 km de la frontière algérienne, des formations marneuses et évaporitiques du Jurassique inférieur et moyen qui isolaient l'aquifère triasique des aquifères contenus dans les formations Jurassique supérieur-Crétacé inférieur ;
 - La présence d'un môle paléozoïque au centre du bassin, puis l'approfondissement du toit du Paléozoïque vers le bassin de Syrte où se développent les formations tertiaires ;

- Le rôle minime du graben de Hun dans sa partie septentrionale où le rejet ne dépasse pas quelques dizaines de mètres et ne semble pas affecter la continuité hydraulique horizontale des couches aquifères.

Planche n°5

COUPE II' : CORRELATION OUEST-ENTRE LE BASSIN DU GRAND ERG OCCIDENTAL ET TAWARGHA (LIBYE)



- **La coupe II-II'** (Pl. n° 6), située à proximité du craton du Hoggar, cette coupe met en évidence le substratum des sables du Continental intercalaire constitué par des séries anciennes détritiques (Cambro-Ordovicien). Ceci souligne le rôle joué par ces formations dans l'alimentation du bassin saharien par le matériel détritique aux époques où la mer, venant par le Nord, n'a pu atteindre ces contrées. Depuis la frontière algérienne, la coupe montre, au début, l'isolement relatif des formations aquifères du Trias par rapport à celles des dépôts continentaux de l'ensemble Crétacé inférieur-Jurassique. En Libye, cette coupe longe également la bordure méridionale des formations aquifères des grès mésozoïques. Plus à l'Est, le dôme paléozoïque interrompt les dépôts jurassiques et triasiques pour ne laisser qu'une centaine de mètres de formations sablo-gréseuses attribuées au Crétacé inférieur (Kikla). A une cinquantaine de kilomètres du graben de Hun et jusqu'au graben, l'aquifère Kikla ne fait qu'un avec le Cambro-Ordovicien. Dans le graben, toute la série tertiaire et crétacé supérieur a été préservée de l'érosion, mais, au niveau de la coupe, les formations aquifères sont peu nombreuses et limitées à quelques horizons de l'Eocène et au système profond Crétacé inférieur-Trias en continuité avec le Cambro-Ordovicien.

2.3.2. Coupes Nord-Sud

Ces coupes litho-stratigraphiques, établies à travers le bassin saharien, permettent de faire apparaître l'évolution de la sédimentation secondaire, tertiaire et quaternaire entre la limite sud du bassin et la flexure sud-atlasique. A l'ouest, les séries crétacées s'approfondissent du nord au sud (Pl. n° 7), à travers le sous-bassin du Grand Erg Occidental sous les dunes de l'Erg et la dalle hamadienne. Elles décrivent ainsi une cuvette qui est vite estompée par l'affleurement vers le Sud, des séries du Continental intercalaire. Cette structure en cuvette, et de taille nettement réduite comparativement à la cuvette du Grand Erg Oriental située plus à l'Est.

Dans la cuvette du Grand Erg Oriental, le passage du Sud vers le Nord depuis les affleurements du Continental Intercalaire vers la flexure sud-atlasique, s'accompagne de l'enfouissement en profondeur de l'ensemble des couches crétacées sous l'effet de l'épaisse série des sédiments tertiaires et quaternaires (Pl. n° 8). Cet enfouissement atteint son apogée juste au sud de l'accident sud-atlasique. Le rôle de la dorsale d'Amguid est mis en évidence par l'amincissement des couches et leur rapprochement de la surface du sol avec des discontinuités latérales le long des accidents majeurs.

En Libye deux coupes Nord Sud sont présentées :

- La coupe EE' (Pl. n° 9) des affleurements carbonifères du sud, à proximité de la frontière algérienne, jusqu'à la mer à l'est de Tripoli, montre l'approfondissement du bassin sous la Hamadah al Hamra et la liaison complexe du système saharien avec la plaine de la Jifarah à travers le horst du Jabal Nefusa. La partie sud de la coupe montre la terminaison des différentes formations aquifères probablement due à l'érosion. Les formations triasiques, les plus anciennes, sont celles qui s'étendent le plus au sud. Le Sénonien aquifère (Mizdah), qui est la formation aquifère la plus récente, s'arrête à la limite du plateau de la Hamadah. Cette coupe montre également le développement vers le sud, des faciès détritiques du Crétacé inférieur à la base du Trias, qui peut laisser supposer un système aquifère pratiquement continu du Cénomaniens à la base du Trias sous la Hamadah.

Planche n°6

COUPE II II' : CORRELATION OUEST-EST ENTRE REGGANE (ALGERIE) ET LE GRAND D'EL HUN (LIBYE)

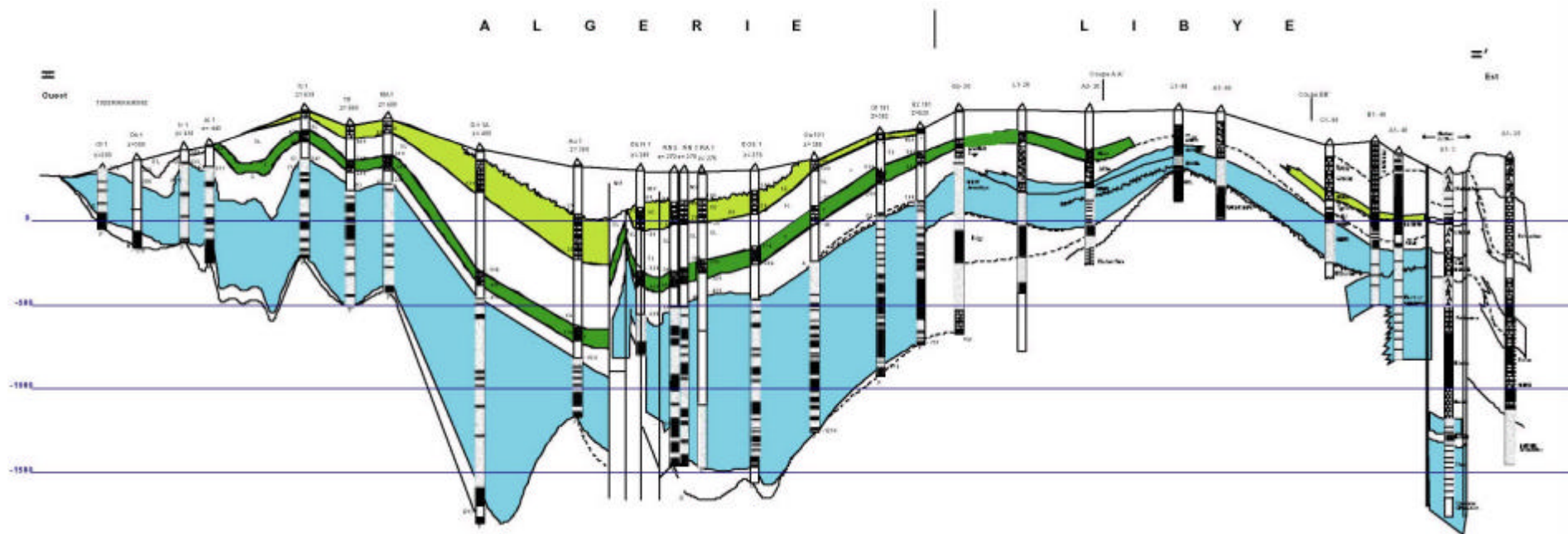


Planche n°7

COUPE A A' : CORRELATION NORD – SUD A TRAVERS LE BASSIN
DU GRAND ERG OCCIDENTAL

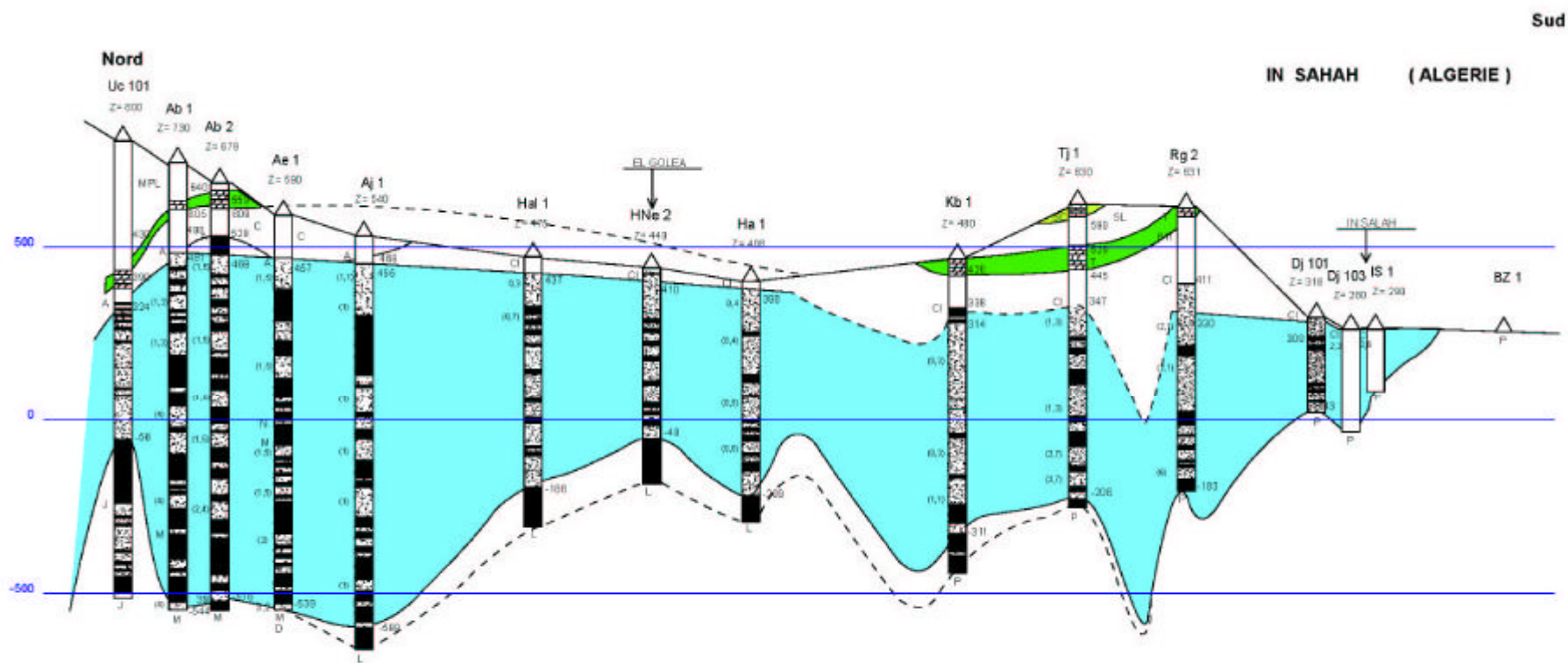
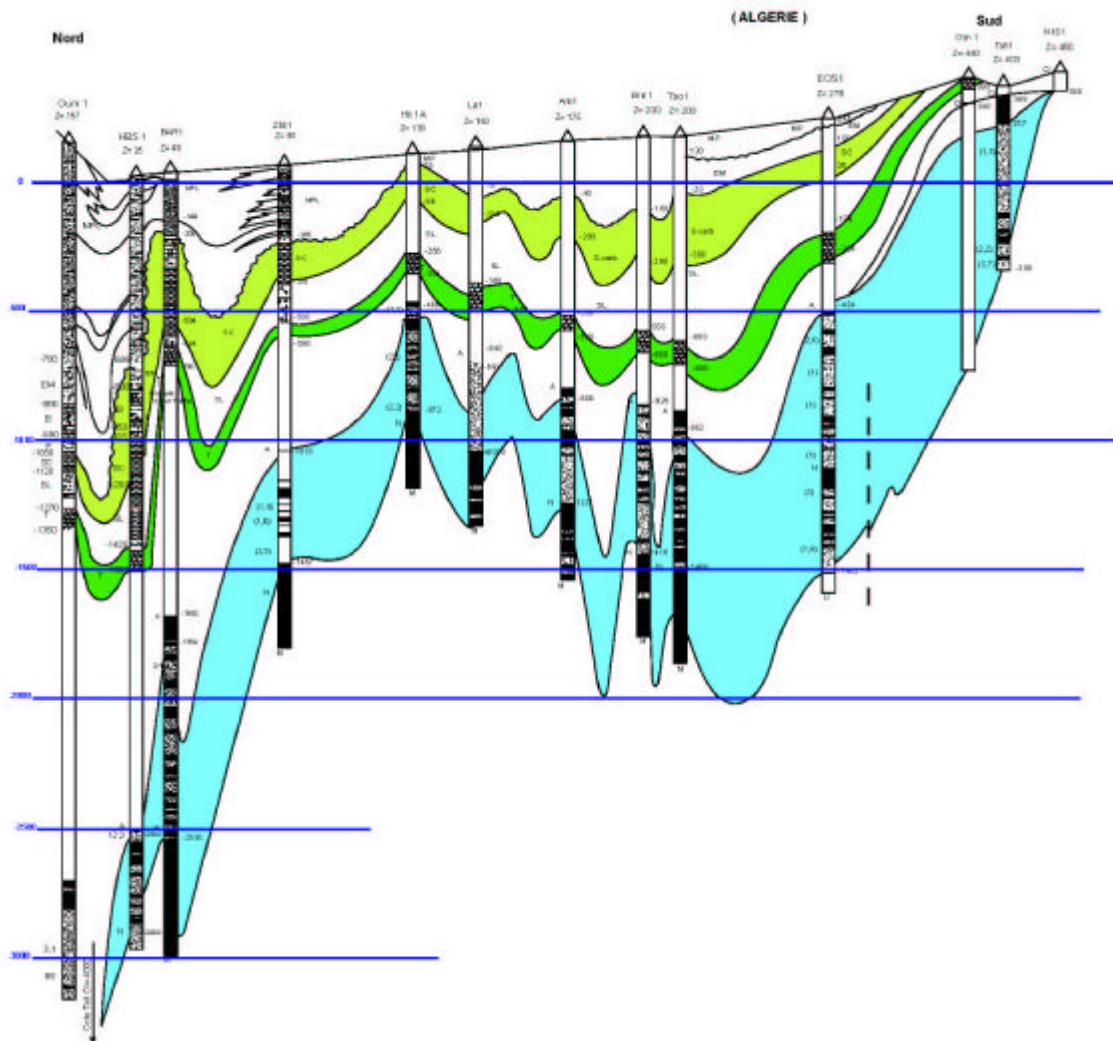


Planche n°8

COUPE C C' CORRELATION NORD – SUD ENTRE LE BAS
SAHARA ALGERIEN ET LE PLATEAU TADEMAT



- la coupe FF' (Pl. n° 9) s'étendant des affleurements cambro-ordoviciens du Jabal Hassawnah au sud jusqu'à la mer au niveau de Zliten, montre également l'approfondissement du bassin au centre et l'assimilation, au sud du parallèle 31°30', des différents niveaux aquifères du Trias au Crétacé inférieur en un seul système équivalent au Continental intercalaire en Algérie et en Tunisie. Cette coupe montre également le changement de faciès vers le nord qui passe à des faciès marins carbonatés dolomitiques au niveau de la source de Tawurgha. Ce changement de faciès qui s'accompagne d'une réduction importante de la transmissivité du Continental Intercalaire, est probablement une des causes de l'émergence de Ayn Tawurgha dans cette zone.

2.3.3. Extension horizontale et verticale des aquifères du Continental intercalaire

2.3.3.1. Extension horizontale vers l'ouest : le Bassin du Grand Erg occidental

Cette partie du bassin saharien n'a pas été considérée en totalité jusqu'à ses limites occidentales, dans les modèles précédents mais uniquement dans la partie où le Continental intercalaire est en affleurement. Le reste du bassin où le Continental intercalaire est directement sous le recouvrement dunaire de l'Erg occidental est en fait une zone de recharge de la nappe. Son intégration, dans le domaine pris en considération par le modèle, a permis de tenir compte de la totalité du bassin.

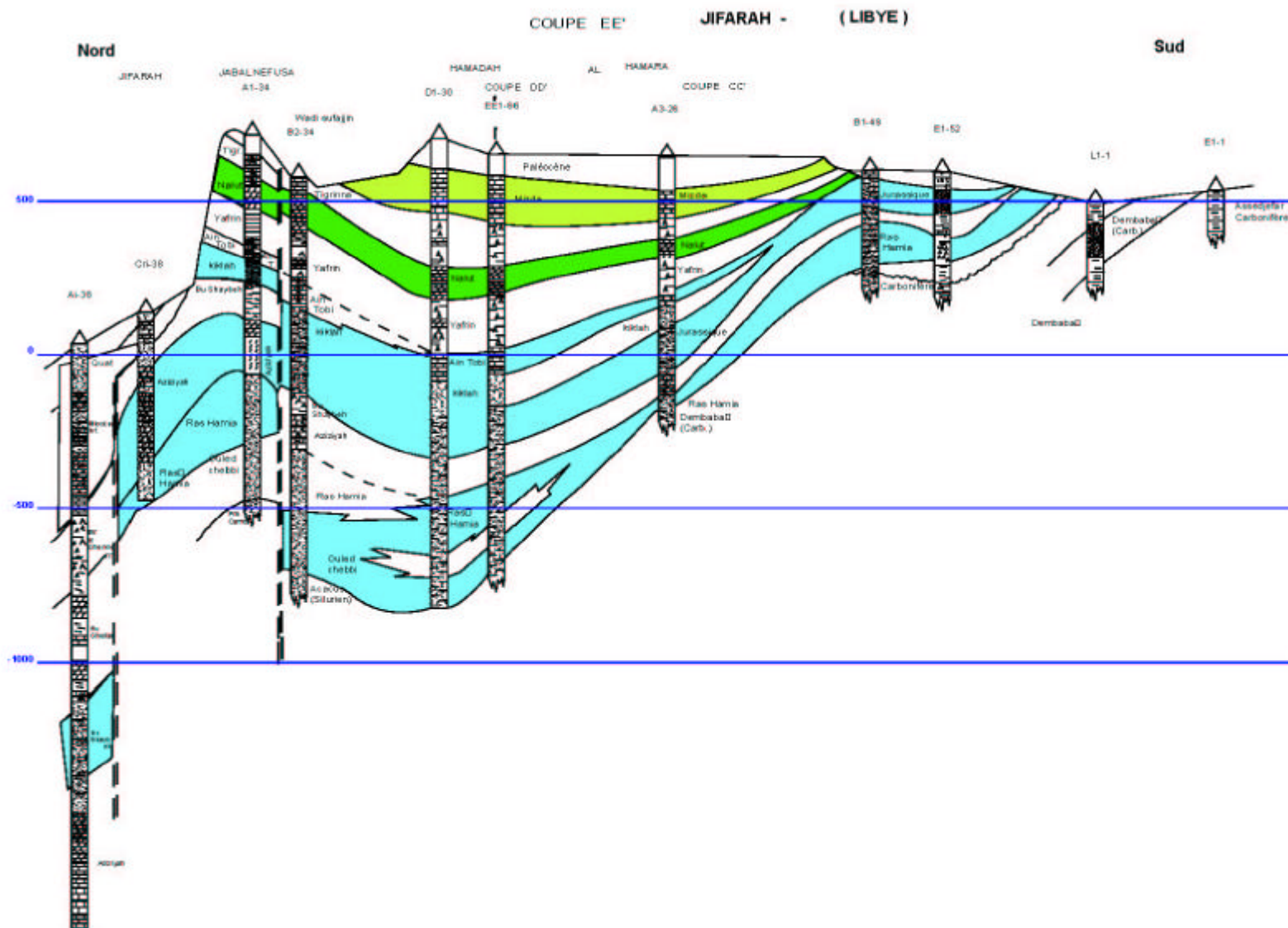
Dans cette partie du bassin, ne disposant pas de nouveaux points d'eau permettant d'approfondir la géométrie des réservoirs aquifères, on se tient à l'hypothèse qui y a été précédemment admise et qui stipule que la nappe du CI reçoit une certaine recharge à travers le couvert dunaire de l'Erg occidental.

En réalité, le sous-bassin du Grand Erg occidental est une entité géographique où la nappe du Continental intercalaire est en majeure partie libre et elle constitue de ce fait, une réserve en eau souterraine facilement accessible à l'aide d'ouvrages (Foggaras, puits et forages) de faible profondeur (quelques dizaines de mètres).

La géologie de cette partie du bassin montre que le passage de l'Atlas saharien au Nord, vers la vallée de la Saoura au Sud, s'accompagne de l'enfouissement des séries du Complexe terminal sous la dalle hamadienne qui est elle-même couverte, par endroits, par les dunes de l'Erg occidental. Cette dalle fait parfois directement suite aux sables du Continental intercalaire.

Planche n°9

COUPE E E' : CORRELATION NORD SUD ENTRE DJEBEL NEFUSA (LIBYE) ET GHADAMES (LIBYE)



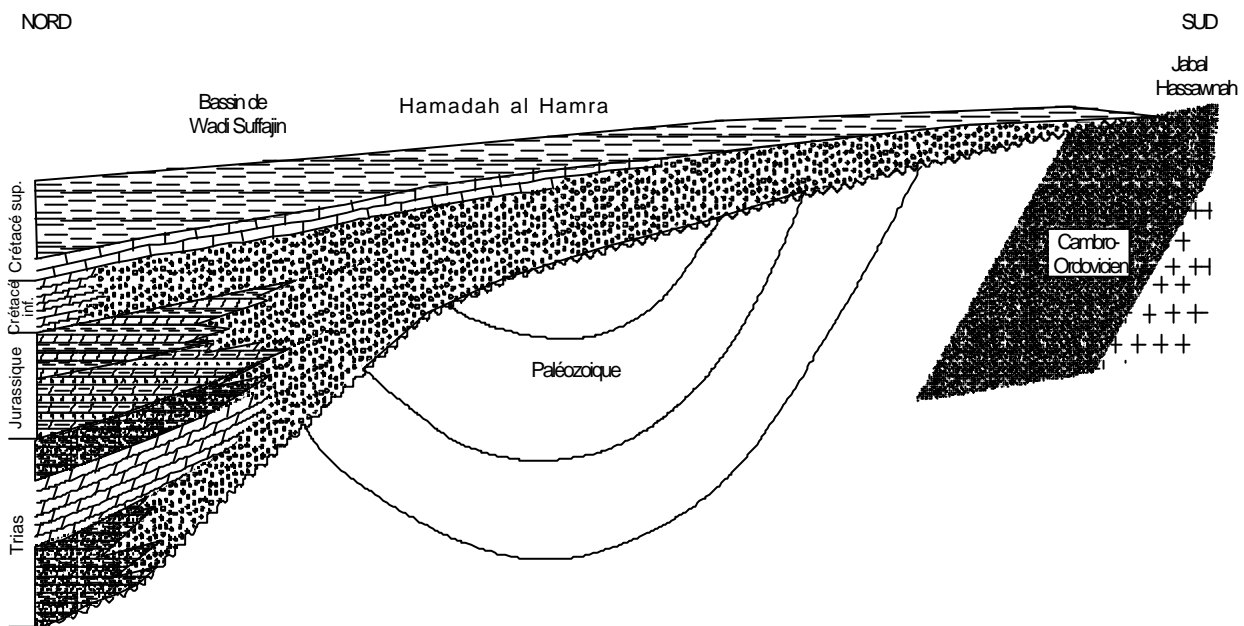
2.3.3.2. Extension horizontale vers l'est et le sud-est en Libye

L'émergence de la zone située au nord du môle paléozoïque du Gargaf (Jabal Fazzan, Jabal Hassawnah) jusqu'au niveau d'une ligne Bani Walid-Mizdah-Derj, a persisté pendant toute la période allant du Trias à la fin du Crétacé inférieur et s'est caractérisée par une prédominance de la sédimentation détritique d'origine continentale. Plus au nord, des épisodes marins ou lagunaires, favorisés par la subsidence du bassin, ont alterné avec des périodes émergées à sédimentation continentale ou marine peu profonde comme illustré très schématiquement, par la coupe Nord-Sud de la figure 11.

La transgression marine n'a complètement envahi le bassin saharien libyen qu'au Cénomaniens. Les aquifères Mésozoïque pré-Cénomaniens se présentent donc sous les faciès et associations suivants :

- au nord-est, dans la zone de Tawurgha-Zliten-Al Khums, toutes les formations mésozoïques y compris Kikla, ont une origine marine et présentent un faciès carbonaté dolomitique,

Figure 11 - Coupe schématique Nord-Sud dans le bassin saharien libyen

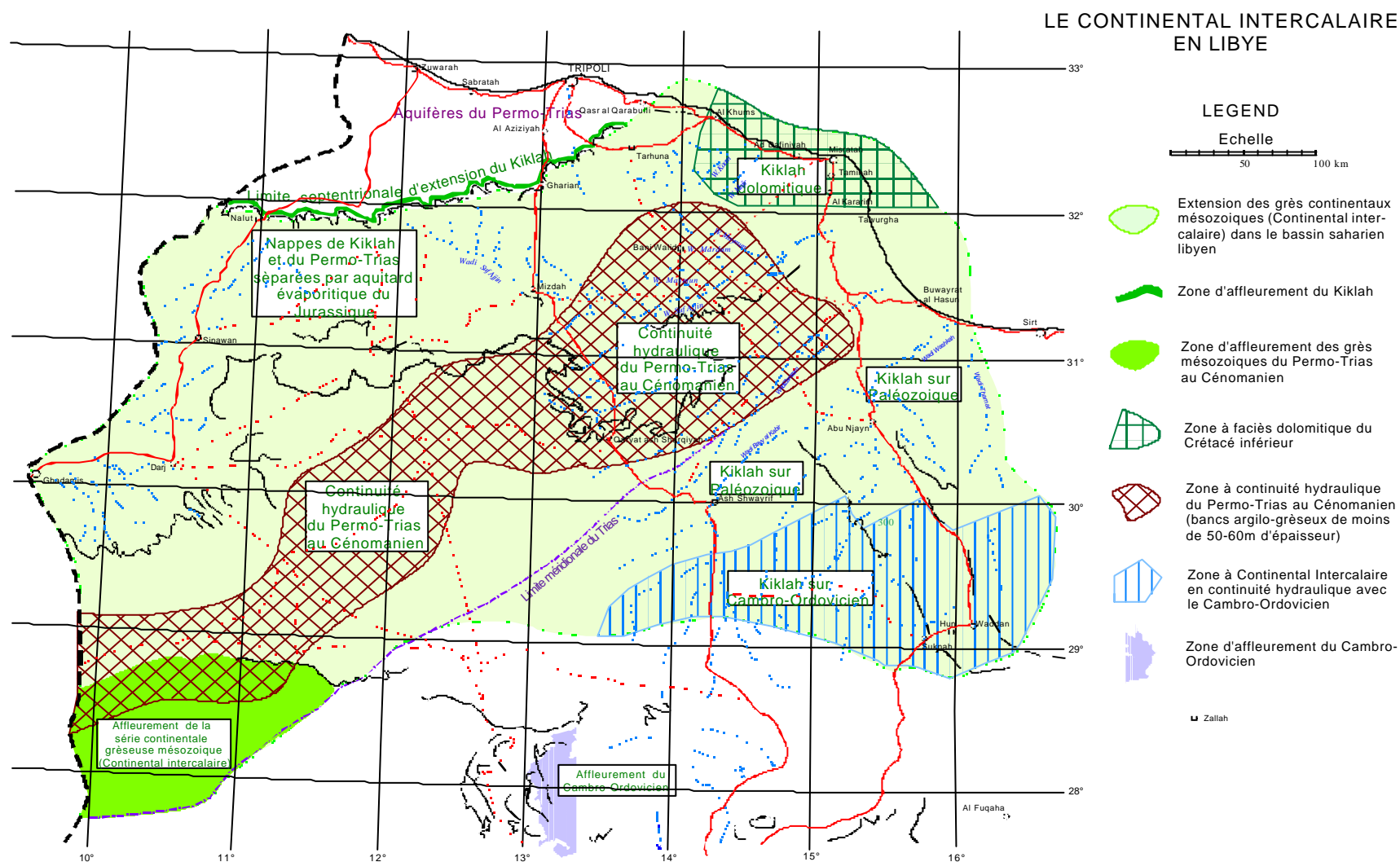


- au nord d'une ligne Bani Walid-Mizdah-Derj, l'aquifère sablo-gréseux du Kikla, souvent associé au Jurassique supérieur, est isolé des aquifères triasiques par les dépôts marins carbonatés marneux et évaporitiques du Jurassique inférieur,
- dans une zone qui prend en écharpe la Hamadah al Hamra depuis l'extrême sud-ouest à la zone Bani Walid-Wadi Zamzam, les formations mésozoïques pré-cénomaniennes présentent un faciès continental et constituent un réservoir aquifère dont l'épaisseur dépasse 500m par endroit,

- au sud de la zone précédente et jusqu'à la limite méridionale d'extension des formations mésozoïques pré-cénomaniennes, les dépôts jurassiques et triasiques ont été érodés et seul subsiste le Crétacé inférieur jusqu'au 29^e parallèle où il est en contact direct avec le Cambro-Ordovicien sur une vaste zone comprise entre le 29^e et le 30^e parallèle. Au sud-ouest, en revanche, ce sont les dépôts triasiques qui ont été préservés et qui se prolongent vers le sud jusqu'au 28^e parallèle où ils sont en contact avec le Carbonifère.

La carte de la figure 12 montre l'extension et la position des différentes zone décrites plus haut.

Figure 12 - Composition du Continental intercalaire en Libye



2.4 - Géométrie des aquifères principaux :

2.4.1. Carte isohypse du toit du Continental intercalaire/Kikla

Le toit du CI/Kikla est défini comme étant la première formation surmontant les séries sableuses du Crétacé inférieur. Ce toit varie d'un endroit à l'autre du bassin, de la dolomie de l'Aptien aux argiles et marnes du Vraconien.

A l'échelle du bassin saharien (Pl. n°2), le Continental intercalaire/Kikla affleure sur les bordures du bassin aux endroits suivants :

- au Nord, le long de la flexure saharienne et au cœur de l'anticlinal du Chott Fedjej,
- à l'Est, le long du flanc oriental du Dahar et du Dj Nafusa,
- au Sud, sur les plateaux de Tinghert et de Tadmait,
- à l'Ouest, sous les dunes du Grand Erg occidental et entre Reggane et El Goléa.

Ce toit est le moins profond sous la Hamada el Hamra (+400 à – 250m/NGM). Il devient un peu plus profond dans la partie orientale de la Hamada entre Mizda et Tawurgha (-200 à – 1000m) et s'approfondit dans le Graben de Hun (-750 à –1300m).

Dans le bassin du Grand Erg Oriental, le toit du Continental intercalaire s'approfondit du Sud vers le Nord. Il est le moins profond sur la bordure occidentale du Dahar et à proximité du Plateau de Tadmait (0 à –500m) et ne dépasse la profondeur de 1000 m que dans le sillon des chotts algéro-tunisiens (-1500 à – 3500m).

Cette configuration de la position du toit du CI/Kikla est étroitement liée à l'épaisseur de ses formations géologiques et à l'évolution des faciès depuis celui de la plate-forme à ceux du sillon fluvio-lacustre des Chotts.

2.4.2. Carte isohypse du mur du CI/Kikla

Les séries du Continental intercalaire/Kikla qui traduisent le début d'un cycle continental largement étendu, se sont déposées sur différentes formations géologiques souvent rabotées par l'érosion et en discordance. L'écorché géologique du mur du CI/Kikla est constitué suivant les endroits, du Primaire, Trias, Jurassique (Lias, Dogger et Malm). Les principales formations détritiques aquifères varient de position et s'échelonnent entre le Néocomien et l'Albien (Pl. n° 3).

Le mur du CI/Kikla du bassin saharien est le moins profond à proximité des affleurements (-250 m sur le Dahar à –500m à Jabal Hassawnah). Il devient particulièrement profond dans deux principales gouttières qui sont : le sillon des chotts algéro-tunisiens (-1570 à – 3500m) et le Graben de Hun (-1200 à –1900m). Il accuse un approfondissement local dans la Dorsale d'Amguid et sa prolongation vers le Nord (- 1000 à – 1500m).

Planche n°2

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL / SAHARA AND SAHEL OBSERVATORY
 SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL / NORTH WESTERN SAHARA AQUIFER SYSTEM

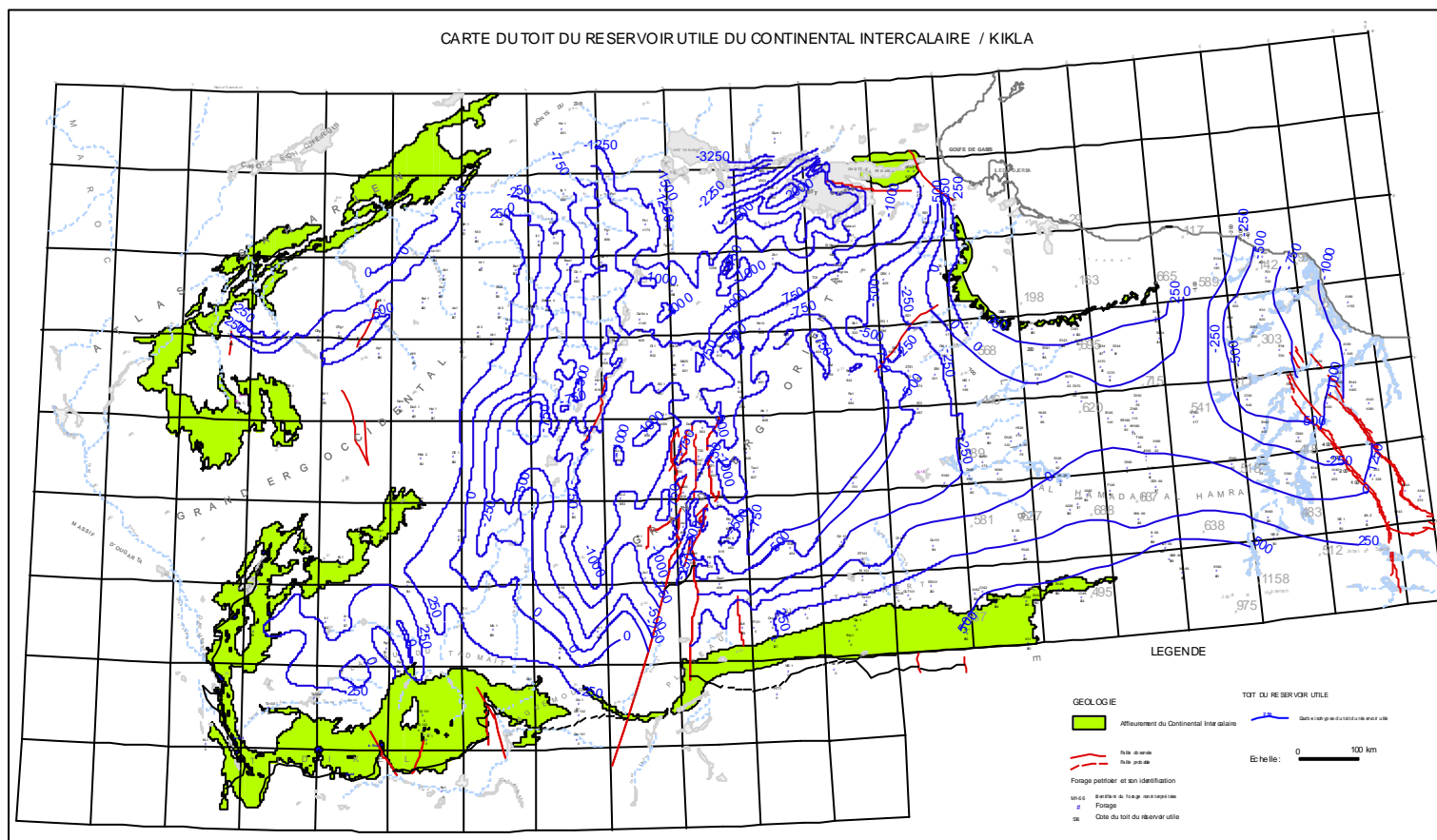
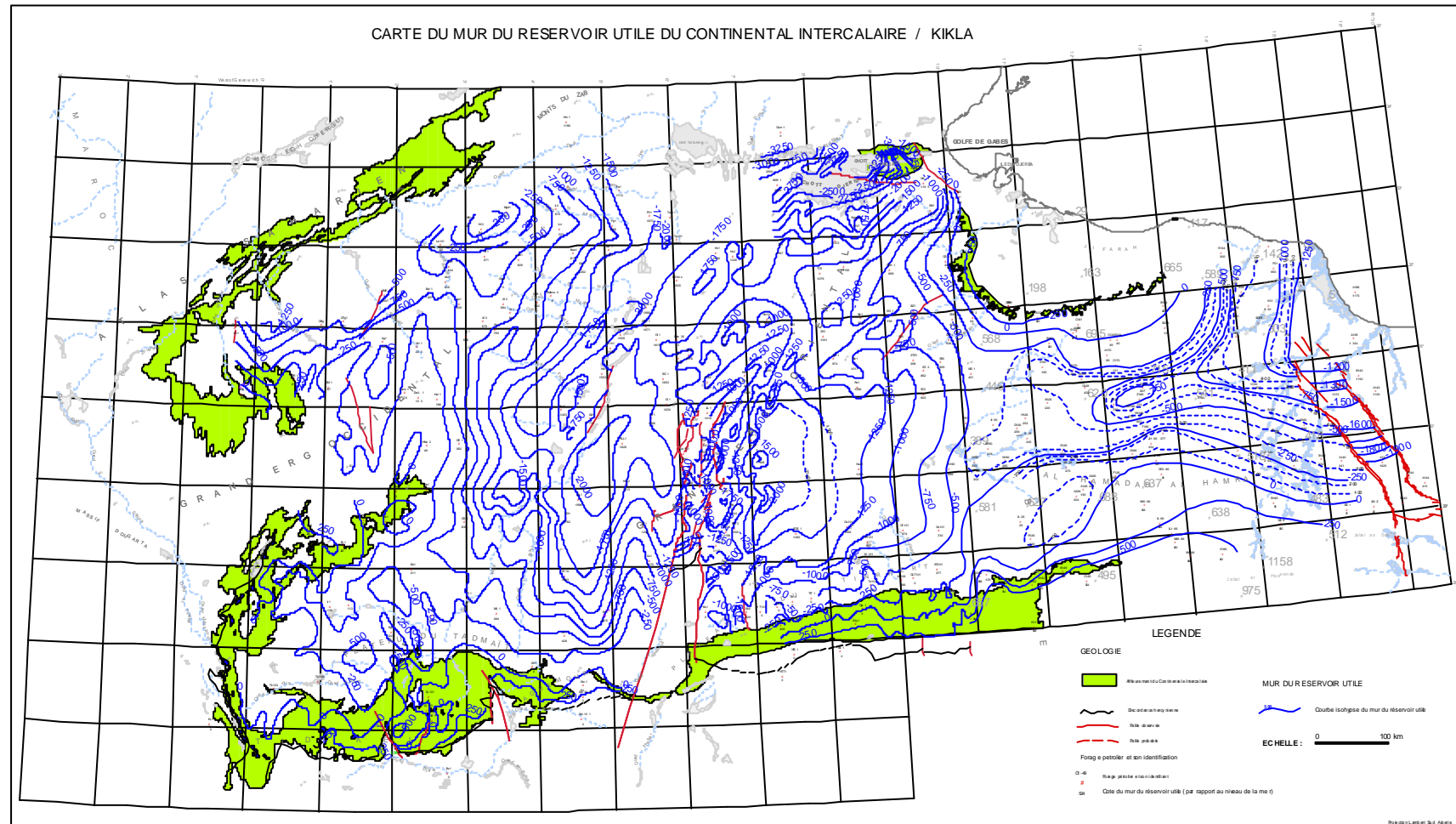


Planche n°3

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL / SAHARA AND SAHEL OBSERVATORY
SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL / NORTH WEST ERN SAHARA AQUIFER SYSTEM



2.4.3. Carte de l'épaisseur du CI/Kikla

L'épaisseur moyenne du CI/Kikla est de l'ordre de 125 à 150m sous la partie occidentale de Hamada El Hamra et l'extrême sud tunisien. Elle devient plus importante (125 à 375m) dans la partie orientale d'El Hamada (Pl. n° 4). Un épaississement notable de ces formation est noté le long de la vallée de Oued Maya et sous le Grand Erg Occidental à proximité de la flexure sud-atlasique (500 à 1000m). La tectonique ne semble jouer un certain rôle dans l'épaississement de ces séries que le long de la Dorsale d'Amguid et du Graben de Hun. De même, à proximité de la flexure sud-atlasique, les séries deviennent plus épaisses.

Certains compartiments du réservoir le long de la Dorsale d'Amguid, de la Ride de Tozeur et du Graben de Hun sont fortement isolés de l'ensemble par un jeu de failles verticales.

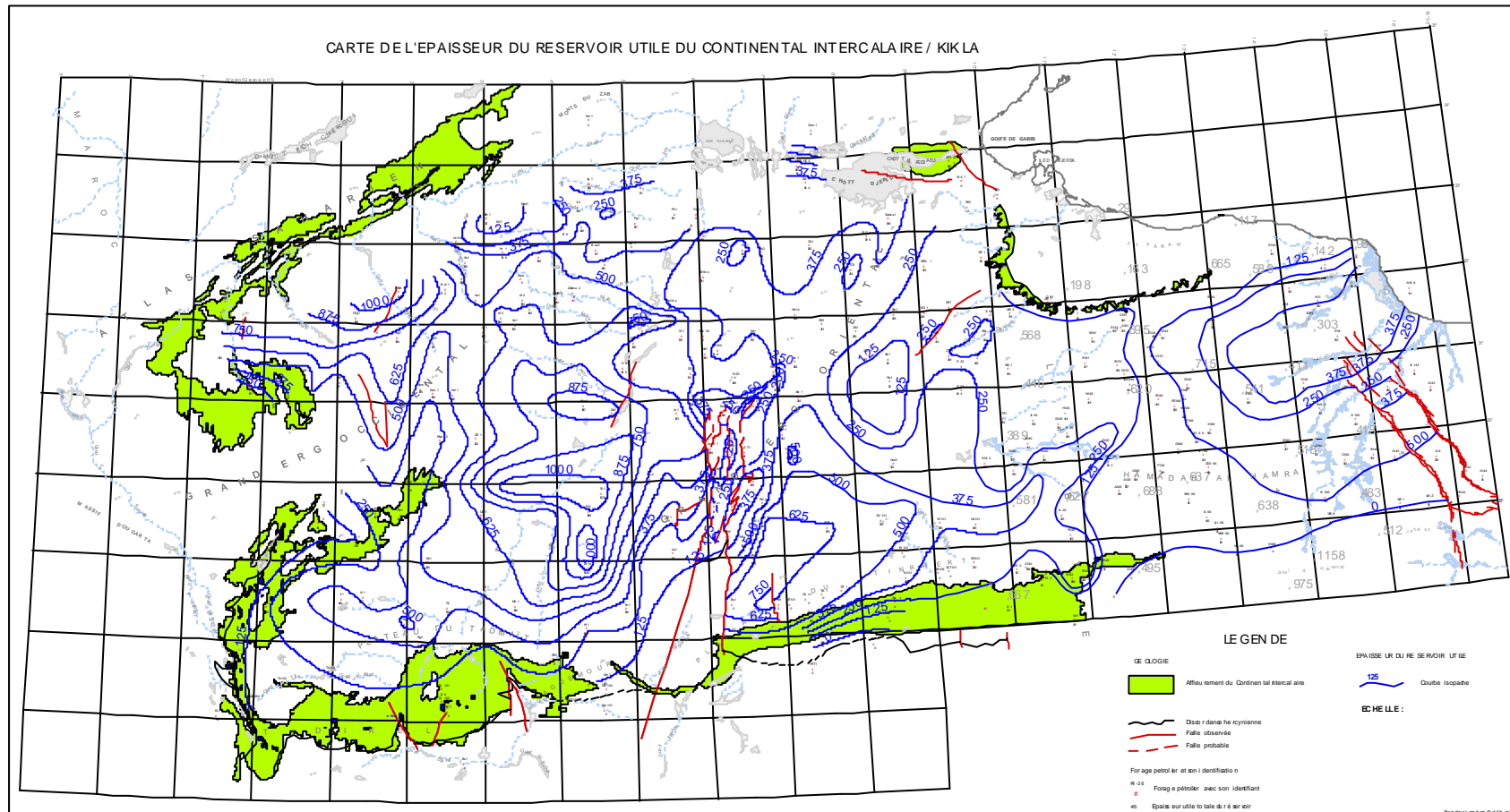
2.4.4. Géométrie des couches semi-perméables (aquitards) intercalaires

Avec un bassin aussi étendu que celui du Sahara septentrional, les changements de faciès à travers les séries secondaires et tertiaires, sont souvent multiples. Les conditions de sédimentation en marge du craton du Hoggar, a beaucoup favorisé ces changements de faciès et d'épaisseur. De ce fait les couches semi-perméables, séparant les niveaux aquifères, subissent elles aussi des variations d'épaisseur allant de quelques mètres à quelques centaines de mètres. Il en résulte une disposition générale qui fait que ces séries sont épaisses dans les zones subsidentes et minces sur les bordures des cuvettes sédimentaires et à proximité des hauts-fonds. Ce n'est qu'à travers une analyse paléo-géographique poussée, basée sur les coupes lithologiques des sondages et les prospections géophysiques qu'il serait possible d'établir ces cartes d'épaisseur des aquitards séparant les différents niveaux aquifères du bassin saharien. Il est toutefois possible de considérer très schématiquement cinq aquitards principaux:

- les couches séparant le Continental intercalaire des formations aquifères sous-jacentes : ces couches sont partout épaisses (quelques centaines à quelques milliers de mètres), à l'exception de la zone située immédiatement au nord du haut-fond de Jabal Hassawnah séparant le bassin de Murzuq de la Hamadah. Le passage vers le golfe de Sirt s'accompagne à nouveau de l'épaississement de ces formations qui s'amincissent cependant à proximité de la source de Tawurgha;
- les couches séparant le Continental intercalaire du Turonien : ces formations argilo-marneuses, d'une épaisseur habituelle de quelques dizaines de mètres, accusent un épaississement important (plus de 500 m) dans le bassin du Grand erg oriental et à proximité du sillon des chotts (G. Busson, 1970). On y identifie une série salifère constituée de gypse et d'anhydrite qui peut être à l'origine de la salinité relativement importante de l'eau (4 à 6 g/l) contenue dans la dolomie aptienne entre El Borma et Hassi Messaoud;
- les couches séparant le Turonien du Sénonien carbonaté. Ces formations marno-argileuses et carbonatées et parfois salifères sont similaires à celles de l'Albo-Cénomaniens. Elles sont susceptibles d'entraîner la salinisation des eaux du Complexe terminal sous le Grand Erg oriental et le sillon des Chotts;
- les couches séparant les calcaires sénoniens des sables miocènes : ces séries correspondent au Paléocène et à l'Eocène. Elles se développent sur l'ensemble du bassin dans sa partie occidentale, sous le sillon des Chotts et sous la Hamada al Hamra. Elles sont souvent carbonatées et peu perméables;

Planche n°4

OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL / SAHARA AND SAHEL OBSERVATORY
SYSTEM AQUIFER DU SAHARA SEPTENTRIONAL / NORTH WESTERN SAHARA AQUIFER SYSTEM



- les couches surmontant les sables miocènes et constituant le toit de la nappe du Complexe terminal. Elles sont relativement développées dans le sillon des Chotts et le Golfe de Sirt. C'est à travers ces formations que l'eau du Complexe terminal remonte vers les exutoires superficiels constitués par les chotts et les sabkhas.

2.5 - Effet de la structure géologique sur les aquifères

Les nouvelles données concernant le bassin saharien dans la partie algéro-tunisienne proviennent des nouveaux forages ayant donné lieu à des informations qui n'étaient pas disponibles auparavant ou qui se rattachent à des zones qui n'ont pas été prises en considération dans les modélisations antérieures des aquifères du bassin. C'est particulièrement le cas du modèle du Continental intercalaire de l'ERESS qui ne couvrait pas la totalité du sous-bassin du Grand Erg Occidental et de celui du Complexe terminal qui ne s'est intéressé qu'à la région du Bas-Sahara algéro-tunisien. A ceci s'ajoute la partie située en Libye qui n'a jamais été considérée auparavant dans son cadre d'ensemble.

L'ensemble de cette structure en cuvette et plateaux présente des formations à grande variations d'épaisseur résultant d'une longue évolution en milieux marin et continental et qui ont subi la phase de plissement alpine. Tout en étant relativement atténuée. Au sein de cette mega-structure synclinale, les barrières techniques sont relativement limitées (dorsal d'Amguid, ride de Tozeur et Graben de Hun). Ces barrières sont plutôt le long de la limite nord du bassin dans la zone de passage vers l'Atlas Saharien. C'est vers les bordures qu'affleurent les principales formations géologiques secondaires et tertiaires. De ce fait, les plateaux bordiers constituent les Aires d'alimentation des niveaux aquifères.

2.5.1. En Algérie

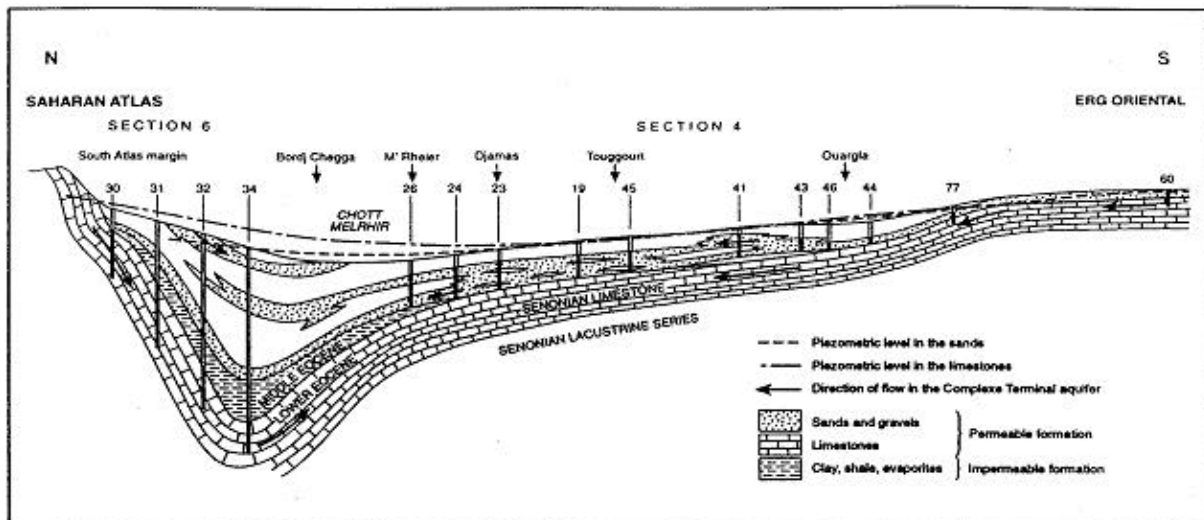
2.5.1.1. Bassin du Grand Erg oriental

Plusieurs forages pétroliers (120 forages) ont été créés depuis le début des années 80 dans cette zone. Ces forages se répartissent entre les wilayas de Ouargla et Ghardaïa. Ceux qui captent le CI sont au nombre de 33, les autres se limitent au Complexe terminal. Les forages hydrauliques, créés après 1981 dans cette partie du bassin, se chiffrent à **4600 forages** dont 28% captent le CI et le reste capte le CT.

Ces forages sont principalement créés dans les Wilayas d'Adrar, Ghardaïa et Ouargla pour le CI et dans celles de Ouargla, El Oued et Biskra pour le CT. (voir vol. 3 : base de données et SIG).

Ces forages apportent des renseignements sur les caractéristiques hydrauliques des nappes du bassin, sur le plan géologique, cependant, ils ne font que confirmer la structure connue. C'est le cas plus particulièrement des forages réalisés dans Oued Rhir-nord et captant la nappe du CI, ainsi que celui des forages captant le CT à Biskra et à Adrar. Parmi ces derniers, plusieurs centaines se limitent aux formations superficielles (Miocène et Plénipotentiaire). Leurs données permettent d'envisager lors de l'établissement des sous-modèles, la différenciation, au sein du CT, de l'aquifère des calcaires (sénoniens et éocènes) de celui des sables tertiaires (**Figure n°13**).

Figure n°13 : Corrélation géologique nord-sud à travers le Complexe terminal entre Grand Erg Oriental - Ouargla et l'Atlas saharien (M. Edmunds et al, 1997).



2.5.1.2. Flexure sud-atlasique et nappe du CT à Biskra

Le Bas-Sahara algérien se présente comme une cuvette synclinale dont l'évolution structurale remonte au début du Mésozoïque. Cette cuvette, qui abrite les principaux chotts en Algérie et en Tunisie, est bordée à l'Ouest, par la dorsale du Mزاب, au Sud, par la falaise méridionale du Tinrhert, à l'Est par les affleurements crétacés du Dahar tuniso-libyen et au Nord par la chaîne sud-atlasique. Sur les bordures de cette cuvette, les calcaires du Sénonien ou de l'Eocène sont régulièrement inclinés vers l'intérieur, à l'exception du côté nord qui est brutalement limité par l'accident sud-atlasique. Cet accident se traduit par une flexure redressant presque à la verticale, les couches Crétacées.

A l'Ouest de Biskra, de larges affleurements éocènes se trouvent au contact de la flexure saharienne et indiquent que son rejet n'est pas très important. En s'approchant de Biskra, la flexure sud-atlasique redevient importante et elle provoque, au niveau de Bou Rhézal, le renversement du flanc sud de cet anticlinal. A ce niveau, les calcaires turoniens oscillent de part et d'autre de la verticale et disparaissent au Sud sous le remplissage. Un phénomène similaire s'observe au niveau de Gafsa, en Tunisie, où l'accident sud-atlasique est matérialisé par la faille de Gafsa. Les forages de la zone de Tolga, à l'ouest de Biskra, exploitent les calcaires sénoniens et éocènes à des profondeurs variables qui augmentent rapidement vers le sud et dépassent 500m.

A l'Est de Biskra, le rejet de la flexure sud-atlasique augmente rapidement et l'ensemble des couches crétacées et tertiaires sont redressées à la verticale. On se trouve ainsi en bordure de la fosse sud-aurasienne qui constitue la partie la plus profonde de la dépression du bas-Sahara.

Plus à l'Est, dans le sud tunisien, l'accident sud-atlasique se subdivise en plusieurs branches avec des rejets variables d'un endroit à l'autre. Sur la plate-forme saharienne, le substratum crétacé réapparaît à la faveur d'un vaste anticlinal dont le cœur érodé occupé par Chott Fedjej laisse affleurer le Crétacé inférieur. Le Bas-Sahara apparaît ainsi comme une cuvette très dissymétrique dont l'ombilic est localisé entre Chott Melrhir et l'Aurès. Son flanc septentrional, s'étendant vers l'Est jusqu'à dans la région de Gafsa, est très abrupt tandis que ses bords sud, ouest et est sont régulièrement évasés. Le fond de cette cuvette s'est continuellement affaissé jusqu'à une époque récente au fur et à mesure de l'accumulation de la sédimentation continentale tertiaire et quaternaire. Cette subsidence est à l'origine de la

configuration de l'exutoire de la nappe du Complexe terminal centré sur les dépressions des Chotts tunisiens (El Rharsa et Djérid) sa configuration actuelle. La sédimentation tertiaire constitue les réservoirs aquifères de la première et la deuxième nappe de l'Oued Rhir qui se prolongent en Tunisie dans les sables pontiens du Djérid.

Les forages réalisés au Nord d'El Oued (Hamaïra, El Feidh et Aïn Naga) traduisent bien la subdivision du Pontien en une partie argilo-gréseuse inférieure et une partie supérieure argilo-gypseuse. Le substratum des sables pontiens s'approfondit à proximité de l'accident sud-atlasique à plus de 1000 m de profondeur (forage Aïn Naga : 1300m).

Au pied de l'Aurès, les calcaires turoniens et sénoniens donnent naissance à une série de sources à débit plus ou moins important, à l'image de ce qui est observé le long de la chaîne montagneuse de Gafsa en Tunisie, entre Tamerza et Métlaoui. Les calcaires éocènes affleurent dans cette zone où ils sont à faible profondeur et donnent une série de sources (Tolga, Foughala) qui sourdent tantôt directement des calcaires, tantôt en transitant par les sables et le recouvrement alluvionnaire plio-quadernaire.

A mesure qu'on s'éloigne vers le sud des affleurements de l'Atlas, les sables pontiens deviennent de plus en plus épais et les venues d'eau s'opèrent avec des pertes de charges diminuant le débit des sources. La majeure partie de l'eau circulant de la nappe en charge dans les calcaires et les sables s'achemine vers la surface en butant contre la chaîne sud-atlasique et rejoint la nappe phréatique.

Les niveaux hydrostatiques montrent que le groupe de forages de Tolga est alimenté par le Nord à travers l'infiltration des eaux qui rejoignent les calcaires sénoniens et éocènes. A Oued Djellel, les forages captant les calcaires éocènes présentent une piézométrie qui se raccorde avec celle du Nord du Mzab captant les sables. Il devient ainsi très difficile de distinguer, dans cet ensemble multicouche, l'appartenance des aquifères au domaine nord-atlasique ou au domaine saharien et de préciser le rôle de l'accident sud-atlasique dans l'alimentation de la nappe du Complexe terminal à partir du Nord.

La flexure sud-atlasique présente la même configuration structurale entre Biskra (Algérie) à l'Ouest et Gafsa (Tunisie) à l'Est : affaissement graduel des couches en surface jusqu'à des profondeurs de quelques centaines de mètres, mettant ainsi en contact le long d'une série d'accidents tectoniques qui se relaient, des couches d'âges différents. Ce phénomène d'affaissement s'est accompagné de subsidence ayant permis l'accumulation dans la fosse sud-atlasique (Bas-Sahara et dépressions des chotts) d'une épaisse série sédimentaire du Tertiaire et du Quaternaire.

2.5.1.3. Failles d'Amguid

Les failles de la dorsale d'Amguid s'apparentent à un réseau orienté Nord-Sud qui traverse le massif précambrien du Hoggar et se prolonge vers le Nord en affectant la couverture sédimentaire primaire et secondaire. Les sédiments tertiaires et quaternaires masquent la continuité, vers le Nord, de ce réseau de failles qui semblent se prolonger en profondeur jusqu'à la fosse sud-atlasique.

A l'endroit du réseau de failles de la dorsale d'Amguid, les séries géologiques mésozoïques (Crétacées) affichent dans les sondages (Pl. n°6) des rejets verticaux de l'ordre de 300 à 400m (Sondages Au 1 et EkN 1). Dans la cuvette de Oued Mya située à l'Ouest de ces failles, le substratum permien se situe, au niveau du sondage Au1, à -1170m de profondeur et se présente comme un ancien haut-fond où les dépôts du Trias et du Jurassique sont absents (cas similaire au dôme de Malaab en Tunisie). Sur ce dôme, les séries continentales du CI accusent une nette réduction d'épaisseur (352 m au lieu de plus de 1000m à Df1A).

L'épaisseur du Crétacé inférieur semble être affectée par le jeu de ces failles, particulièrement la partie détritique des séries.

Le jeu vertical de ces failles se fait sentir dans les séries supérieures du Crétacé et affecte même l'épaisseur des calcaires sénoniens. Ce sont donc d'anciens accidents tectoniques régionaux qui ont continué à rejouer jusqu'aux époques récentes. Leur activité tardive est attestée par la subsidence qui a accompagné la sédimentation plio-quaternaire dans la gouttière Oued Maya-Oued Rhir. Ces accidents jouent probablement un rôle dans les écoulement souterrains, en facilitant les échanges verticaux entre le Continental intercalaire et les formations du Crétacé supérieur.

Le rôle hydrogéologique de la dorsale d'Amguid, dans la communication entre les nappes du Continental intercalaire et du Complexe terminal, est parmi les hypothèses qui sont à vérifier par les modèles. Il est supposé, dans les études antérieures, que les failles à jeu vertical affectant, dans cette zone les séries secondaires et tertiaires, sont à l'origine de drainance dont le débit est à quantifier.

2.5.2. En Tunisie

2.5.2.1. Exutoire tunisien et dôme du Dahar

La notion d'exutoire de la nappe du CI dans le sud tunisien est apparue dès le début des études de synthèse ayant intéressé cette nappe (Cornet, 1961). Cette notion a été parmi les principales orientations adoptées dans l'étude de l'ERESS lors de l'établissement du bilan de la nappe. Cet exutoire est délimité comme étant « la zone qui s'étale depuis le Malaab au sud, jusqu'à la zone la plus plissée formée par les Djebels Hadifa, Haïdoudi et Zemlet Beïda au Nord (la chaîne nord des chotts) forme, à notre avis, le seul exutoire en Tunisie de la nappe du Continental intercalaire » (R. Rouatbi, 1970).

Basée sur une interprétation profonde de la géologie, de la piézométrie et de la chimie de l'eau, cette délimitation s'est trouvée, par la suite, contestée lors de l'établissement du bilan de la nappe du CI (ERESS, 1972). La chaîne nord des Chotts avec ses plis coffrés constitue bien la limite nord de la nappe, mais vers le sud, l'exutoire de cette nappe fut poussé jusqu'au Dahar de Tataouine (avec une largeur double atteignant 80 km) malgré l'absence des séries détritiques du Crétacé inférieur et ce, afin de pouvoir simuler sur cette aire une alimentation de la nappe de 1.99 m³/s et de faire passer à travers cet exutoire un débit sortant vers la Djeffara de 3.5 m³/s. On a supposé qu'en l'absence des séries sableuses du Crétacé inférieur, les formations calcaires et dolomitiques de l'Albo-Aptien au sommet et du Jurassique à la base peuvent constituer le relais de la nappe du Continental intercalaire.

A la lumière des nouveaux forages réalisés dans cette zone à Tamezret, Matmata, Zmertem et Techine au cours des années 80 (B. Ben Baccar, 1985) il s'est avéré que les formations détritiques du Crétacé inférieur ou du Jurassique étaient absentes sous les Matmatas. Seul le forage de Tamezret a recoupé, entre le Permien et l'Albo-Aptien, un faciès argileux attribué au Crétacé inférieur ou au Jurassique supérieur. Les formations de l'Albo-Aptien tendent à être moins dolomitisées et plus bréchiques et marneuses.

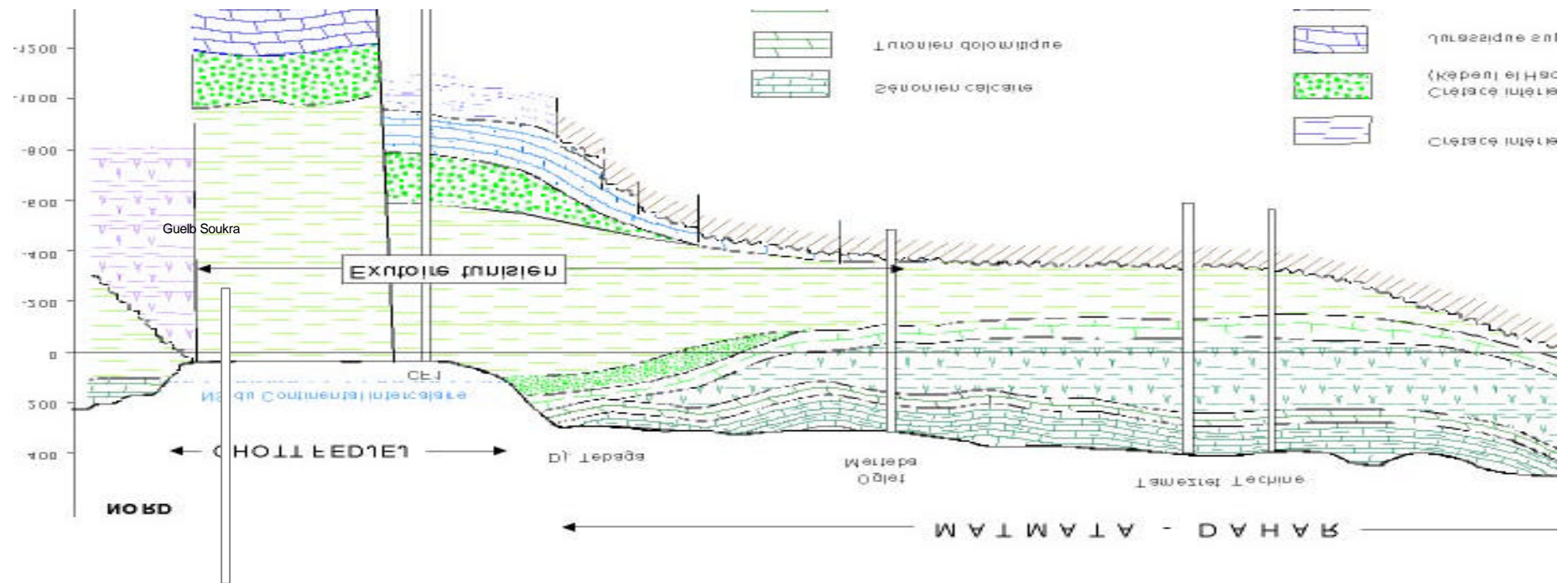
L'Albo-Aptien de Dj. Malaab contient une nappe de faibles potentialités en eau dont la salinité est de 10 g/l. De même, les deux forages de Matmata et Zmertem ont donné, avec un faible débit spécifique au sein de l'Albo-Aptien, une eau dont la salinité est de 5 à 10 g/l ce qui dénote l'isolement du compartiment des Matmatas de l'exutoire du CI à Chott Fedjej.

La seule nappe identifiée sur les Matmatas est celle rattachée aux calcaires du Crétacé supérieur (Turonien et Sénonien). Le dôme de Malaab et les Matmatas correspondent à une

zone où l'aquifère du CI est absent sur une aire qui s'étend jusqu'au niveau du Tébaga de Médenine.

Une analyse détaillée des données des sondages du Sud tunisien entreprise récemment dans le cadre du SASS/OSS (Abidi B., 2002 ; Ben Baccar B., 2002¹ et Moumni L., 2002), a permis de présenter une nouvelle conception de l'exutoire tunisien qui tient compte de la structure géologique de la région et des caractéristiques hydrogéologiques de la nappe dans l'ensemble du Sud tunisien (Figure n°14).

Figure 14 - Schéma de l'exutoire tunisien



SCHEMA DE L'EXUTOIRE TUNISIEN



2.5.2.2. Configuration structurale

L'exutoire tunisien correspond à une configuration structurale qui a fait que les formations aquifères du Crétacé inférieur (Néocomien et Barrémien) connues sur l'ensemble du bassin saharien sous leur faciès sablo-gréseux, subissent une réduction énorme d'épaisseur en s'approchant du Golfe de Gabès avant d'accuser un changement lithologique profond (argiles et marnes).

En effet, les séries continentales du Néocomien et du Barrémien déposées dans un environnement sédimentaire fluvio-lacustre et deltaïque, subissent au niveau du passage de la plateforme saharienne, vers la Tunisie centrale et la plateforme de la Tunisie orientale, un net changement de leur environnement sédimentaire. L'évolution tectonique de la région au cours du Tertiaire et du Quaternaire, a largement favorisé l'individualisation de grandes unités structurales dont principalement le dôme du Chott Fedjej et l'anticlinal de la Djeffara (le Dahar actuel n'est que le flanc occidental de cet anticlinal de la Djeffara). Sur l'aire des chotts algéro-tunisiens s'est confirmée la subsidence amorcée depuis le début du Mésozoïque et qui s'est poursuivie jusqu'au Quaternaire par les dépressions des Chotts. La flexure sud-atlasique a fini par limiter le domaine saharien vers le Nord, par un chapelet de plis coiffés principalement représentés par les deux chaînes montagneuses du Nord des Chotts et de Gafsa.

Cette évolution paléo-géographique des conditions sédimentaires et des faciès lithologiques lors de l'orogénèse atlasique s'est achevée par la mise en place des principales unités structurales dont le dôme du Dahar-Djeffara vers l'Est et la chaîne montagneuse sud-atlasique qui limitent vers l'Est et le Nord, l'extension de la plateforme saharienne. La tectonique cassate qui a suivi cette évolution orogénique, a fini par achever la configuration structurale de la région avec la mise en place des principaux accidents tectoniques comme les deux failles de Gafsa- El Hamma et de Médenine.

C'est suite à cette évolution structurale que l'exutoire tunisien de la nappe du Continental intercalaire s'est trouvé limité à un petit couloir localisé entre le dôme du Dahar au Sud et la chaîne Nord-des Chotts au Nord, la faille de Gafsa El Hamma constitue la limite orientale de cette nappe. Cet exutoire est le jeu d'une série de conditions sédimentaires et tectoniques. Il résulte d'une évolution paléogéographique des faciès en même temps qu'il est le résultat d'une tectonique ayant favorisé la création d'un seuil hydraulique au point de passage du dôme du Fedjej vers la plaine de la Djeffara.

La nouvelle configuration de l'exutoire tunisien permet de délimiter la zone d'alimentation de la nappe de la Djeffara à partir du Continental intercalaire, au secteur du Chott Fedjej. Ceci est de nature à mieux expliquer les pertes par drainance, dans les séries supérieures du Crétacé inférieur du Chott, et accorde à l'écoulement ouest-est au sein de la nappe du CI, beaucoup plus d'importance dans l'alimentation souterraine de la Djeffara.

2.5.2.3. Continuité hydraulique avec la Djeffara

La continuité hydraulique de la nappe du Continental intercalaire avec celle de la Djeffara est prouvée entre El Hamma et la plaine côtière à l'aide d'une série de sondages de reconnaissance ayant permis d'accumuler plusieurs paramètres hydrogéologiques qui sont concordants. On note plus particulièrement :

- **l'évolution des faciès lithologiques** : La série de Kébeur el Hadj (Néocomien sablo-gréseux) connue dans le sillon des Chotts (Nefzaoua et Chott Fedjej) par son faciès de sables grossiers, accuse sous la Djeffara (vers l'Est et de Sud-Est de la plateforme saharienne) une nette dégradation de sa perméabilité en même temps que se réduit son épaisseur et finit par disparaître. C'est également le cas des séries gréseuses du

Barrémien qui constituent une part non négligeable des formations aquifères du Continental intercalaire saharien. Les faciès sablo-gréseux du Barrémien ne subsistent avec une épaisseur réduite et une perméabilité plus faible, qu'au Nord du Chott Fedjej, sous le Ségui, mais leur rôle hydrogéologique dans l'écoulement de la nappe est nettement plus réduit que dans la partie saharienne.

- **Les paramètres hydrogéologiques :** plus particulièrement la piézométrie, la température de l'eau et sa composition chimique et isotopique qui montrent la continuité du « spectre » de l'eau du Continental intercalaire dans celle de la nappe de la Djefara. En effet, des anomalies de température (de 25 à 30°C au dessus de la température moyenne de l'eau de la nappe) sont constatées dans les eaux des forages d'El Hamma et Chenchou. Elles ne s'expliquent que par des liaisons hydrauliques, à travers les failles, entre les deux nappes du CI et de la Djefara. Ces anomalies thermiques sont accompagnées de « parenté chimique » entre les eaux du CI et de la Djefara qui se traduit par les mêmes faciès chimiques. Les valeurs d'âge des eaux et de leurs teneurs en isotopes stables permettent également de mettre en évidence un « rajeunissement » de ces eaux lors de leur passage dans l'aquifère de la Djefara.
- **La configuration de la piézométrie du Continental intercalaire et celle de la Djefara** souligne un écoulement orienté Oues-Est qui se fait à travers le seuil d'El Hamma (seuil tectonique) dénotant une dénivelée piézométrique de plus de 50m. Cette dénivelée s'explique par la configuration géologique forçant l'eau du CI de remonter le long des accidents tectoniques de Gafsa-El Hamma pour se déverser dans les différentes formations aquifères de la Djefara.

2.5.2.4. Effets sur la conceptualisation du modèle

L'effet de l'exutoire tunisien sur la conceptualisation du modèle se traduit par deux phénomènes :

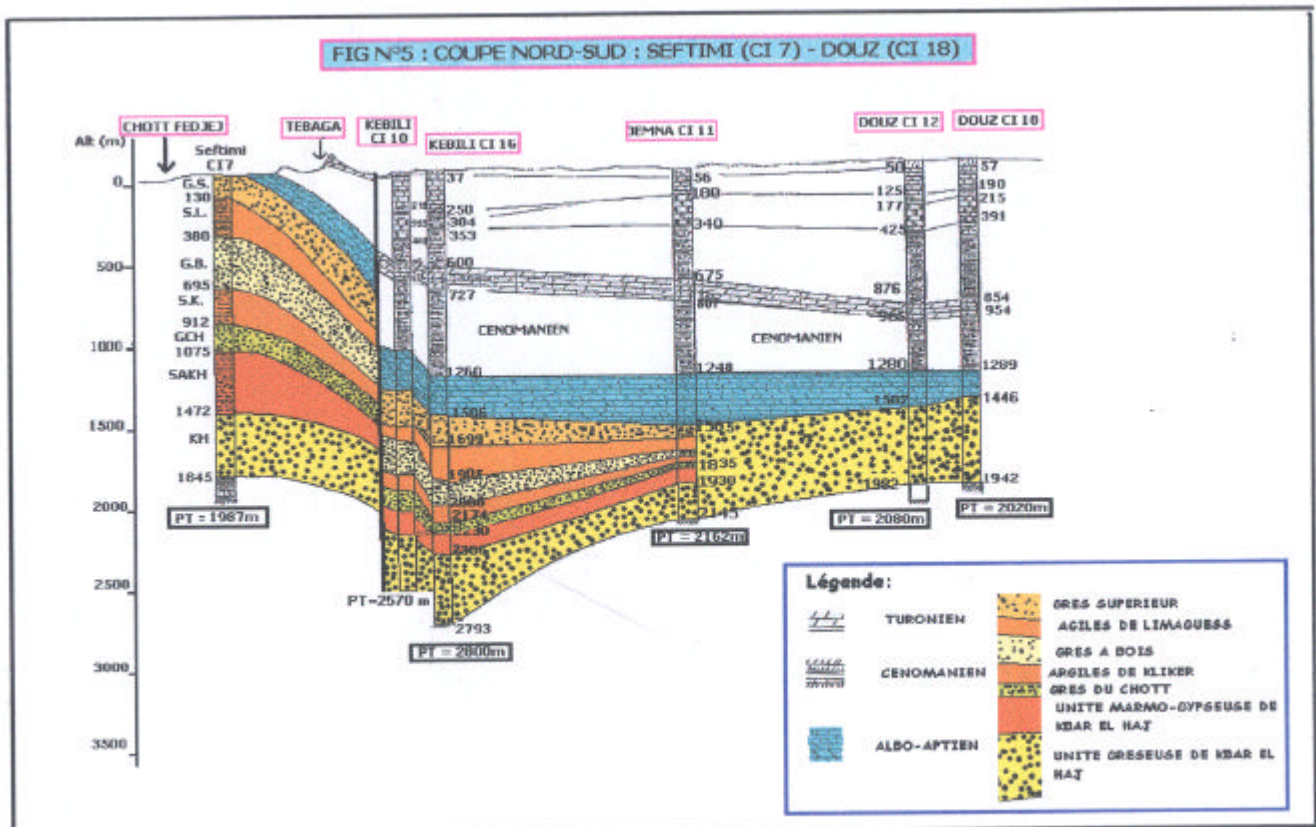
- la réduction de la section d'écoulement à l'exutoire qui est ainsi ramenée à près de 40 Km de largeur. Cette réduction influence d'une manière sensible le débit qui traverse cette section et fait qu'il est à l'origine de l'essentiel de l'alimentation latérale de la nappe de la Djefara. La configuration géologique du dôme de Dj Melaab avec les résultats géologiques des derniers forages de Oglet El Marteba, Tamezret, Matmata, Techine et Zemertene ne laisse plus de doute sur la limite de l'extension réelle des séries du Continental intercalaire sous le Dahar. Dans ces conditions, la pondération des transmissivités à travers la section de cet exutoire est le seul recours pour la modération de son débit sortant.
- La révision de l'étude géologique et hydrogéologique de la nappe du CI dans le sud tunisien à la lumière des données récentes actualisées pour l'année 2000 (L. Mourni, B. Ben Baccar, 2002 et B. Abidi, 2002) a permis de distinguer, à l'échelle du Sud tunisien, le dédoublement des séries sableuses au sein du CI, qui se présente ainsi en un « multicouche » qui est anormalement épais comparativement au domaine de la plateforme saharienne (**Figure n° 15**). Cette structure, analysée dans le détail avec les liaisons latérales des niveaux aquifères de part et d'autres des frontières du Sud tunisien, a permis de distinguer, au sein du CI, deux principaux niveaux aquifères dont le plus épais est le relais entre la partie saharienne et l'exutoire. Cette nouvelle configuration a permis de mieux rattacher les forages à leur environnement hydrogéologique et d'avancer les caractéristiques hydrodynamiques qui sont en parfaite concordance avec le comportement hydrodynamique du système.

Lors de la conceptualisation du fonctionnement hydrodynamique de la nappe du CI, la nouvelle configuration structurale de l'exutoire tunisien s'est traduite par deux nouveaux éléments :

- la différenciation au sein du CI de deux niveaux aquifères (Grès supérieurs et CI proprement dit),
- la délimitation de l'exutoire du CI vers la Djeffara, à la zone située entre la chaîne Nord-des chotts et les Matmatas.

Cette situation réduit l'alimentation de la nappe de la Djeffara à partir des infiltrations actuelles et accorde à l'exutoire tunisien du CI un rôle prépondérant dans cette alimentation.

Figure n°15 : Corrélation Nodr-Sud à travers la Nefzaoua entre Seftimi (Chott Fedjej) et Douz (Nefzaoua).



2.5.3 - En Libye

2.5.3.1. Liaisons du bassin saharien libyen avec la Djeffara

S'il existe une liaison hydraulique entre le bassin saharien et la Jifarah, celle-ci ne peut exister qu'au niveau du Trias, l'aquifère du Crétacé inférieur (Kiklah) étant interrompu au niveau de la falaise du Jabal Nafusah et le Jurassique étant en grande partie imperméable tout au moins dans la plaine. Les échanges avec la Djeffarah en Tunisie sont conditionnés par plusieurs phénomènes à caractères structural et lithologique:

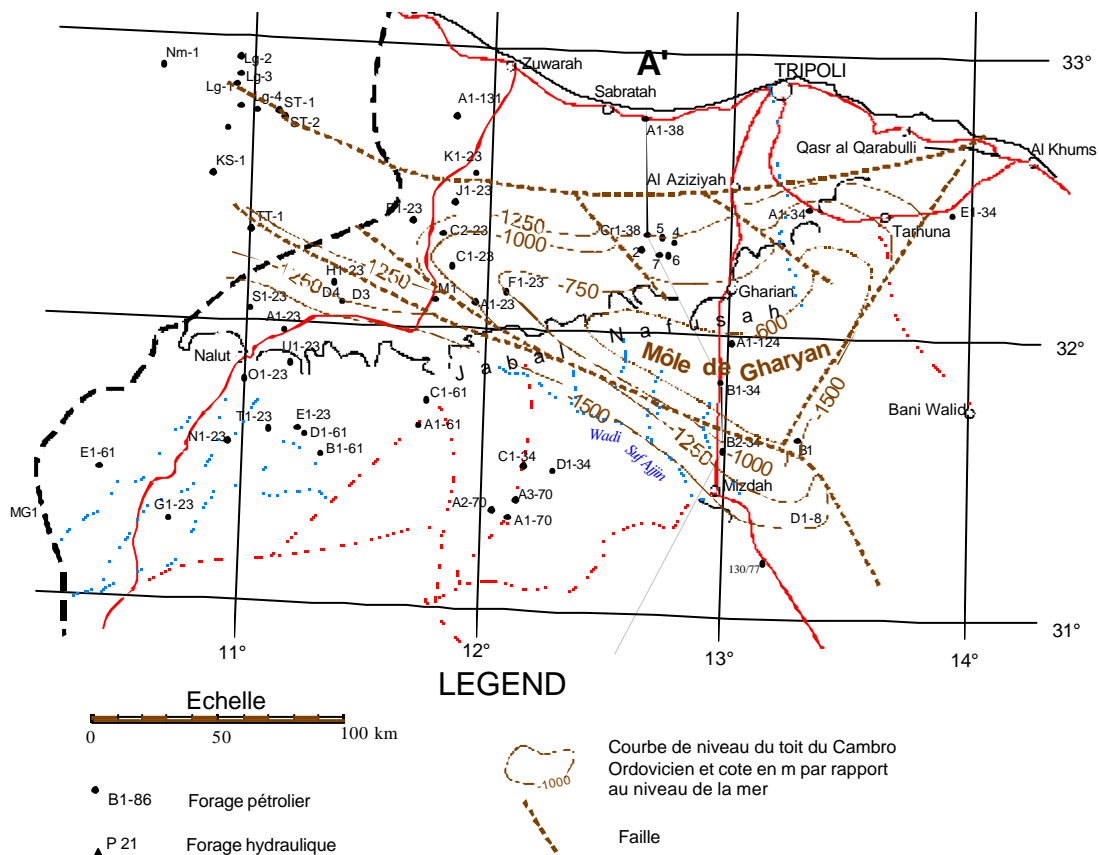
- Le Jabal Nafusah correspond, en son centre, à un horst qui a même porté le Précambrien à une cote de l'ordre de -500m par rapport au niveau de la mer au forage B1-34, une trentaine de kilomètres au sud de la ville de Gharyan, alors que quelques kilomètres plus au sud, au forage B2-34, le Précambrien est à une cote inférieure à -1500m par rapport au niveau de la mer. La zone structurale haute, appelée Môle de

Gharyan, est indiquée sur la carte de la figure 16 représentant le toit du Cambro-Ordovicien.

- Bien que les failles n'aient pas affecté les formations post-paléozoïques aussi profondément, elles ont provoqué des décalages verticaux qui peuvent soit rendre difficiles les communications entre l'amont et l'aval soit, parfois, les faciliter en mettant en contact l'ensemble Kikla-Jurassique supérieur continental au sud avec les formations triasiques (Al Aziziyah) au nord de la faille, comme cela est suggéré sur la coupe AA'. Le phénomène est beaucoup plus atténué vers l'ouest où les failles ont un rejet plus limité et vers l'est dans la zone de Qasr al Qarabulli où la formation Kiklah semble exister dans la plaine associée à la partie supérieure d'Abu Shaybah.
- Les formations triasiques considérées comme aquifères subissent des changements de faciès importants qui en altèrent les propriétés hydrodynamiques. Ainsi la formation gréseuse Abu Shaybah du Trias supérieur, largement exploité dans la plaine, devient de plus en plus argileuse vers le sud, passé le Jabal Nafusah et inclut même des épisodes évaporitiques. Les dolomies et calcaires dolomitiques d'Al Aziziyah du Trias moyen, excellents aquifères dans la plaine, passent progressivement à des calcaires marneux au sud et perdent leur caractère d'aquifère. En revanche, le Jurassique supérieur imperméable dans la plaine prend un faciès sablo-gréseux au sud et est fréquemment associé au Kikla dans la formation d'un aquifère continu sur une grande partie du bassin saharien libyen.

En conclusion, il est possible qu'il existe des écoulements souterrains du bassin saharien vers la plaine de la Jifarah mais les données disponibles ne permettent pas d'en indiquer l'importance. Si un nouveau modèle de la plaine de la Jifarah est réalisé, ce problème des sorties souterraines du bassin saharien devenant des apports pour les aquifères de la Plaine devra être étudié dans le détail.

Figure n°16 : Liaison avec la plaine de la Jifarah



2.5.3.2. Continuité des aquifères vers le Sud avec le Paléozoïque

Le Cambro-Ordovicien du Jabal Hassawnah se présente comme un vaste massif gréseux et quartzitique très fracturé, affleurant et sub-affleurant au nord sous une mince couverture paléocène ou crétacé supérieur, sur une superficie de plus de 20 000 km². Sur toute une zone comprise entre le 29^e et le 30^e parallèle, le Crétacé inférieur aquifère (Kikla) est en contact direct avec le Cambro-Ordovicien, assurant ainsi une continuité hydraulique parfaite entre les deux systèmes aquifères. Cet accouplement des deux systèmes présente deux conséquences importantes et contradictoires :

- le Cambro-Ordovicien constituant un vaste réservoir en nappe libre, l'aquifère du Kikla qui lui est associé bénéficiera, même à distance, de cette réserve importante ;
- En revanche, la zone du Jabal Hassawnah étant le centre d'un vaste champ de forages captant l'aquifère du Cambro-Ordovicien, destiné à alimenter la branche occidentale de la Grande Rivière, l'aquifère Kikla subira directement le contrecoup des prélèvements considérables (2.5 millions de m³ par jour) envisagés sur le Cambro-Ordovicien.

Vers le sud-ouest, près de la frontière algérienne, ce sont les formations détritiques triasiques qui avancent le plus au sud. Ces formations sont en contact avec le Carbonifère imperméable et il n'y a donc, dans cette zone, aucune liaison hydraulique avec le Paléozoïque.

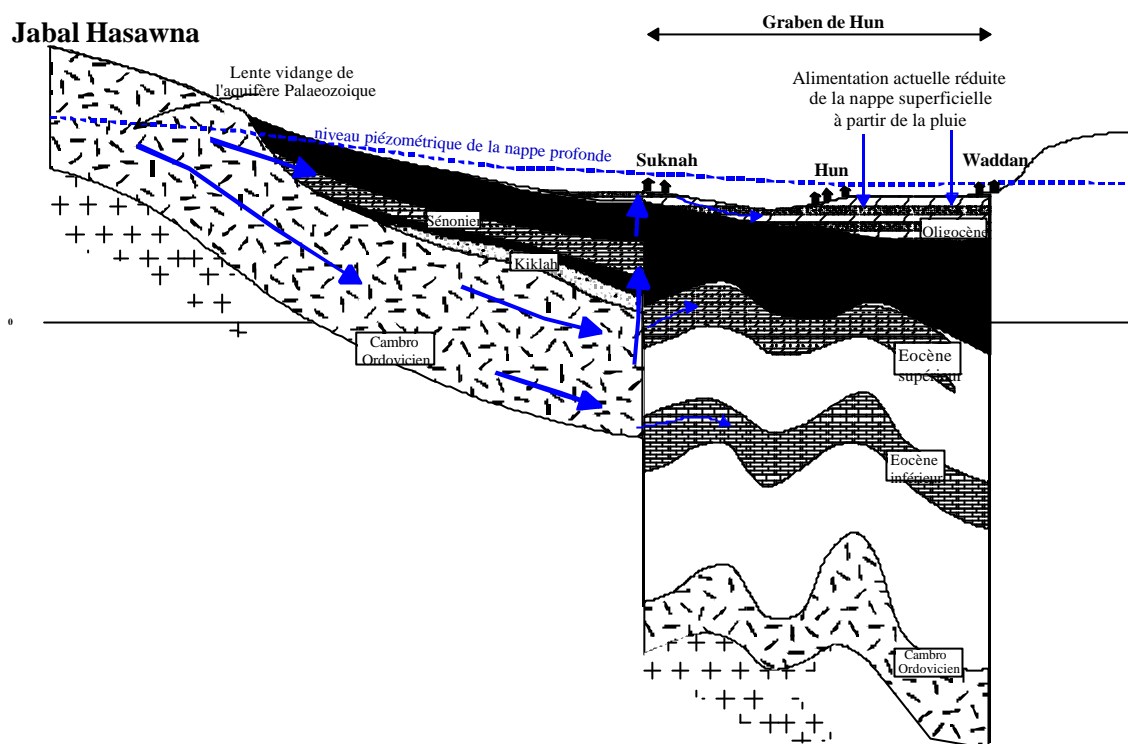
Dans la partie orientale de la Hamada El Hamra, le réservoir aquifère du Continental intercalaire ne se limite pas à la série de Kikla, mais se trouve en continuité avec les formations aquifères du Trias et du jurassique.

Plus au Sud (Jabal hassawna), la Continuité hydraulique entre ces formations et le Cambro-Ordovicien est admise comme origine de l'alimentation de cette nappe.

2.5.3.3. Rôle du graben de Hun

Le graben de Hun se présente comme une touche de piano dont l'axe serait situé au nord où le rejet est minime, tandis qu'au sud, dans la zone d'Al Jufrah, l'approfondissement dans le graben atteint 1000m. La première conséquence de cette structure, qui a probablement pris place au Miocène, est la préservation des formations tertiaires pré-Miocène dans une grande partie du graben et l'enfouissement des formations aquifères du Mésozoïque pré-Cénomanien. Le rôle hydrogéologique du graben peut se résumer ainsi :

Figure 17 - Rôle du graben de Hun dans la zone de Al Jufrah



- Les effets de la structure sont peu sensibles au nord où les formations aquifères de Wadi Zamzam (Eocène, Nalut, Kikla) restent en continuité de part et d'autre des failles du graben.
- Au centre, dans la zone d'Abu Njaym, et au sud dans la zone de Al Jufrah, les couches aquifères (Cambro-Ordovicien, Kikla, Nalut, Mizdah) sont complètement déconnectées de part et d'autre de la faille occidentale qui interrompt les écoulements horizontaux. En revanche la faille occidentale est le siège d'écoulements verticaux qui permettent l'alimentation d'aquifères éocènes dans le graben et surtout de l'aquifère sénouien (Mizdah) à l'ouest de Suknah comme illustré par le schéma de la figure 17.

2.5.3.4. La source de Tawurgha

La source de Tawurgha (figure n°18) est l'une des deux sources les plus importantes de la Libye, l'autre étant la source d'Ayn Zayanah au nord de Binghazi. La source de Tawurgha fournit un débit de l'ordre de $2\text{m}^3/\text{s}$ à travers une cheminée de plusieurs dizaines de mètres de profondeur qui alimente un vaste bassin dont les exutoires se répandaient dans la sabkha mais qui sont maintenant acheminés vers une station de pompage qui porte l'eau vers un projet agricole.

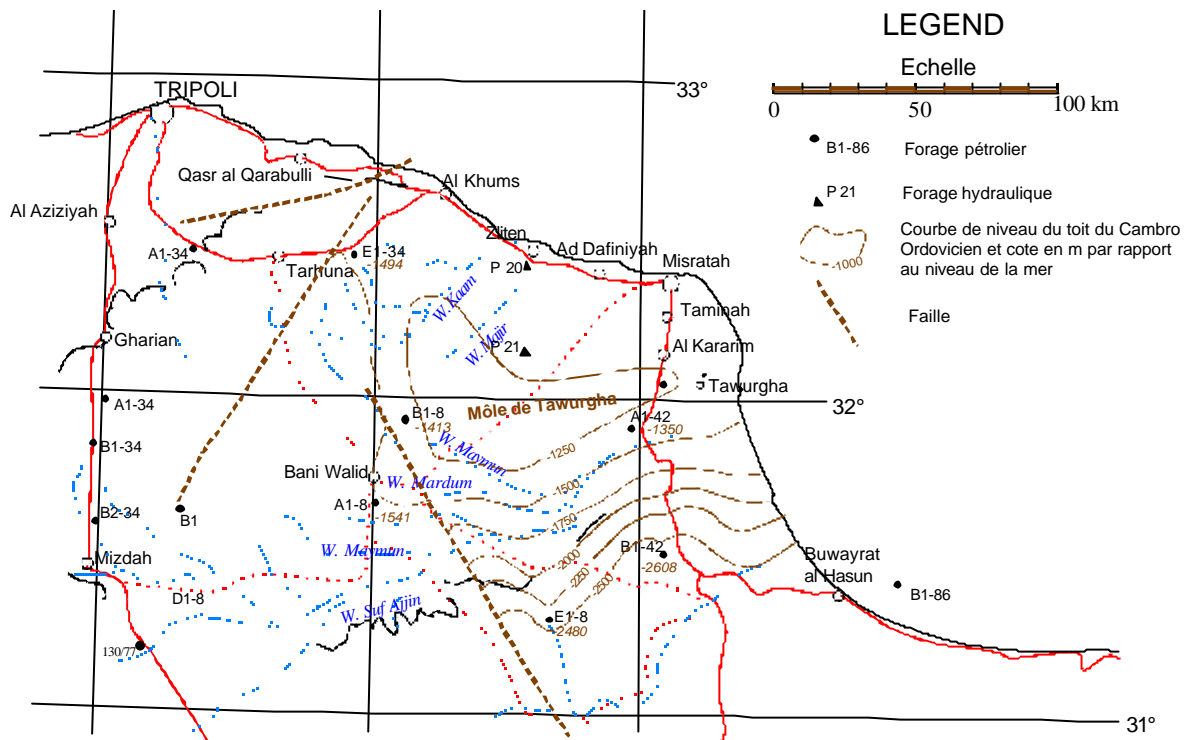
L'émergence est située dans une zone extrêmement plate et la topographie ne donne aucune indication sur une origine possible de la source et sur sa localisation. Des nombreux forages et profils de géophysique réalisés dans la zone, ainsi que des analyses chimiques et isotopiques des eaux (Pallas P. et Bufila T., 1978) il est possible de tirer les conclusions suivantes :

Figure 18 - La source de Tawurgha



- la zone de Tawurgha se trouve à l'extrémité d'une zone haute du socle qui se traduit par un môle cambro-ordovicien illustré par la carte de la figure 19. En fait la remontée du socle est encore plus abrupte puisque au niveau du forage A1-42 situé à proximité de la source, le socle précambrien est à la cote -1500m par rapport au niveau de la mer alors qu'au forage B1-42 situé quelques 50km plus au sud, le socle est à une cote inférieure, -2700m . Cette remontée du socle a pour conséquence une réduction de l'épaisseur des sédiments et en particulier des aquifères, principalement dans le Paléozoïque, formant ainsi une sorte de barrage souterrain perpendiculaire à la direction des écoulements.

Figure n°19 : Toit du Cambro-Ordovicien autour de la source de tawargha



- le principal aquifère de la zone, la formation Kikla, perd son faciès détritique habituel sur l'ensemble du bassin pour devenir carbonaté dolomitique au nord du parallèle de Tawargha. Les forages captant le Kikla dolomitique indiquent une forte réduction de transmissivité qui vient renforcer davantage l'effet barrage dû à la réduction d'épaisseur des sédiments
- les analyses isotopiques effectuées sur les eaux de la source et sur celles des forages avoisinants indiquent clairement que l'eau de la source résulte d'un mélange d'eaux anciennes en provenance de Kikla et du Cambro-Ordovicien et d'eaux plus récentes provenant des aquifères du Crétacé supérieur alimentés dans la bassin du Wadi Sufajjin.

La zone située entre Zliten et Ain Tawargha constitue le principal exutoire naturel en Libye, du système saharien. Les deux sources Ain tawargha et Wadi Kaam ainsi que les sebkhas qui leurs sont associées sont la manifestation, en surface, de cet exutoire.

3 - SCHEMATISATION DES AQUIFERES EN VUE DE LA REALISATION DU MODELE

3.1 - choix des aquifères et aquitards à représenter

Les coupes décrites dans le paragraphe 2.3 suggèrent une schématisation de l'aquifère sur l'ensemble du territoire étudié. Les couches perméables qui ont apparemment des liaisons hydrauliques entre elles, se regroupent en un réservoir aquifère dont l'épaisseur varie en fonction des conditions locales de leur sédimentation. Les autres couches traitées en aquitards permettent d'assurer la continuité horizontale des aquifères sur l'ensemble du bassin.

La structure du bassin saharien en une grande entité sédimentaire favorise sa conception en un système aquifère multicouche.

L'adoption d'une représentation de l'ensemble des couches aquifères du bassin saharien en un seul système multicouche, permet de se rendre compte des liaisons latérales et verticales qui conditionnent les échanges hydrauliques et chimiques. L'objectif de cette étude étant l'analyse du comportement du système à moyen et long terme, la prise en compte des différentes couches et de leur relation a été considérée comme une condition de crédibilité de l'étude.

La séquence litho-stratigraphique commune aux trois pays permettant de schématiser le système aquifère du Sahara septentrional sur le modèle, se présente de bas en haut, comme suit :

- le **substratum imperméable général du système** est constitué, suivant les zones, par le Trias ou le Jurassique argilo-marneux et évaporitique ou plus communément par les formations argileuses ou argilo-sableuses du Paléozoïque. Cependant, dans la partie orientale du bassin saharien libyen, le substratum du système entre les 29 et 30 parallèles et au niveau de la source de Tawurgha, est constitué par des grès du Cambro-Ordovicien formant un immense réservoir à eau douce occupant la moitié occidentale de la Libye. Ce réservoir paléozoïque est en contact direct avec le Continental intercalaire à la faveur de structures anticlinales faillées: le horst du Gargaf (dont fait partie le Jabal Hassawnah) et le horst de Tawurgha. La mise en communication du réservoir cambro-ordovicien avec le système aquifère du Sahara septentrional, au niveau du Jabal Hassawnah, est à l'origine de l'écoulement sud-nord dans la partie orientale du bassin, résultant de la lente vidange du réservoir paléozoïque.
- le **réservoir aquifère du Continental intercalaire** est associé aux séries détritiques du toit du Paléozoïque au Cénomanien supérieur. Cependant, dans le bassin du Grand Erg oriental en Algérie, sur une grande partie du territoire tunisien et dans la partie nord-ouest du bassin en Libye, la sédimentation jurassique et triasique est nettement individualisée en cycles marins successifs. Elle constitue alors le substratum du Continental intercalaire composé uniquement du Crétacé inférieur parfois associé (en Tunisie et en Libye) au Jurassique supérieur détritique.

Cette configuration signifie que le Trias inférieur gréseux, bien qu'aquifère, n'est pris en compte dans le système aquifère du Sahara septentrional, que lorsqu'il est en continuité hydraulique avec l'aquifère du Crétacé inférieur, c'est-à-dire lorsque l'épaisseur des formations imperméables du Jurassique ou du Trias est inférieure à 80-100m et lorsque ces formations sont constituées de sédiments semi-perméables sans horizons salifères.

- l'**imperméable surmontant la nappe du Continental intercalaire** correspond à la transgression marine qui a succédé au long épisode continental du Mésozoïque inférieur et moyen et qui a couvert tout le bassin saharien. Cet imperméable est constitué par une série argilo-marneuse avec parfois des passages évaporitiques, d'âge cénomanien, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs centaines de mètres dans la partie centrale du bassin, en Algérie, et va en s'amenuisant vers l'Est en Libye où il n'atteint que quelques dizaines de mètres dans les zones de Buwayrat al Hasun et Tawurgha.
- l'**aquifère carbonaté dolomitique** du Cénomanien supérieur au Turonien, dont l'épaisseur est assez constante sur l'ensemble du bassin saharien et dépasse rarement 50m, est présent sur l'ensemble du bassin saharien. La formation, connue sous le nom de Nalut en Libye, présente un faciès plus marneux dans le sud-est du bassin saharien libyen. Cette nappe est exploitée en Libye (région de Misratah) et en Tunisie (Dahar et

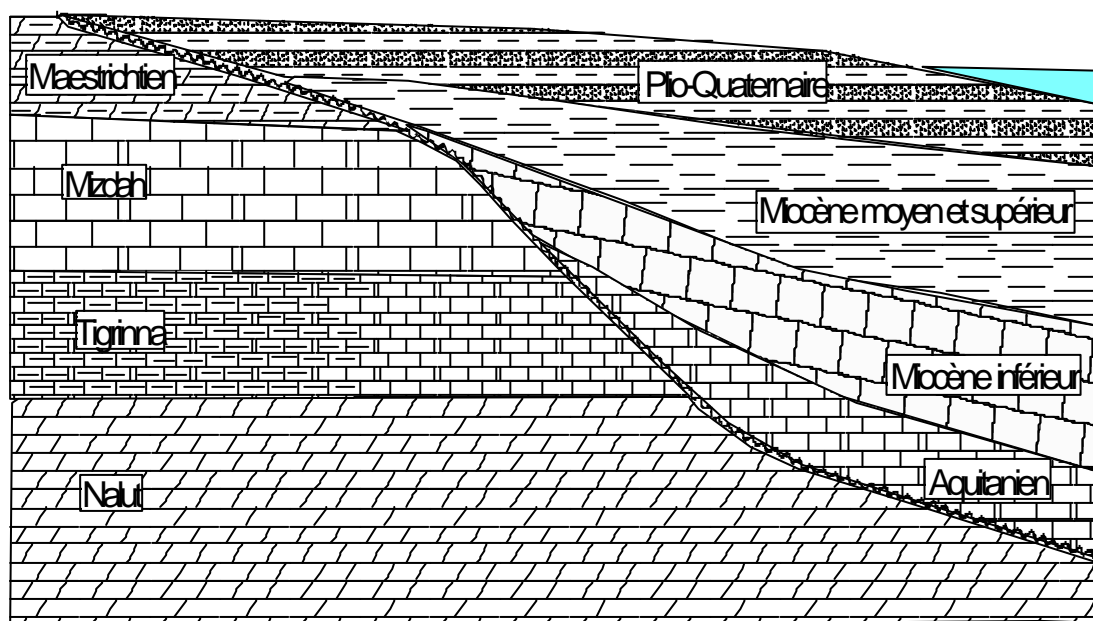
Nefzaoua) où son eau est de qualité acceptable (inférieure à 3 g/l). Ailleurs et surtout en Algérie (Hassi Messaoud), son eau est hypersalée (50 à 80 g/l) et constitue un risque de contamination pour les aquifères situés au dessus.

- les **séries marno-gypseuses** du Sénonien inférieur qui acquièrent une épaisseur relativement importante au sein du bassin du Grand Erg Oriental isolent l'aquifère du Cénomano-turonien du Complexe terminal sus-jacent. En Algérie, cet imperméable est constitué par le Sénonien lagunaire dont le faciès prédominant est constitué par des marno-calcaires, des marnes et de l'anhydrite. Le niveau « salifère » du Sénonien inférieur est largement étendu dans le bassin du Grand Erg Oriental. En Tunisie, ce niveau devient semi perméable et il est constitué par l'unité marno-gypseuse du Sénonien inférieur (formation du Zebbag supérieur). En Libye, la série semi perméable correspond aux argiles, marnes et gypse de la formation Tigrinna dont l'épaisseur peut atteindre quelques centaines de mètres.
- La série aquifère qui surmonte le Sénonien inférieur constitue un ensemble peu homogène connu en Algérie et Tunisie sous le nom de "Complexe terminal" qui englobe les séries carbonatées du Sénonien et les sables tertiaires.
- **La nappe des calcaires sénoniens et paléocènes** prennent de l'importance dans les zones où les sables tertiaires sont absents ou d'épaisseur réduite (Biskra, Nefzaoua, J. Nafusa). Leur épaisseur et leur perméabilité varient en fonction des conditions de sédimentation et d'altération en surface (fracturation et fissuration). En Algérie, le niveau aquifère des calcaires du Complexe terminal est formé par le Sénonien carbonaté (Santonien, Campanien et Maestrichtien) et l'Eocène carbonaté qui englobe les calcaires du Paléocène et de l'Eocène inférieur. En Libye, le Sénonien supérieur (Formation Mizda) se présente sous forme de calcaires largement répandus sur le flanc sud du Jabal Nafusa et dans le sud-est du bassin, où il constitue un aquifère moyen (Bassin de wadi Sufajjin) à excellent (Al Jufrah).

Figure 20 - Coupe schématique montrant les relations entre le Crétacé supérieur et le Miocène dans la zone de Misratah

SUD-OUEST

NOR-EST



- **le semi perméable surmontant la nappe des calcaires sénoniens** est constitué par les formations de l'Eocène moyen évaporitique (Algérie) ou du Eocène et du Paléocène (Tunisie) de nature marno-argileuse à marno-calcaire. En Libye, ce semi perméable prend de l'importance vers l'est (graben de Hun et bassin de Sirt).
- **la nappe des sables tertiaires** est d'une importance capitale pour la région du Bas-Sahara algéro-tunisien (Oued Rhir et Djérid). En Libye, les sables et calcaires du Miocène inférieur sont représentés uniquement dans la partie nord-est du bassin où ils sont en liaison avec les aquifères carbonatés du Crétacé supérieur comme indiqué sur le schéma de la figure 20.
- **un toit imperméable** surmonte la nappe des sables tertiaires et est constitué de séries argileuses peu perméables. Localement dans le bassin du Grand Erg Occidental, ce toit est constitué par les séries du Mio-Pliocène et surmonte directement les formations du Crétacé inférieur. En Libye dans la zone de Misratah, ce sont les argiles et marnes du Miocène moyen et supérieur qui constituent le toit des sables aquifères sous-jacents.
- **d'autres aquifères** sont présents dans le bassin saharien libyen mais leur importance purement locale, rend difficile leur intégration dans un contexte régional. Il s'agit en particulier :
 - de l'aquifère oligocène présent uniquement dans la moitié sud du graben de Hun ;
 - de l'aquifère Eocène supérieur présent dans la moitié nord du graben et vers le golfe de Sirt. Cet aquifère est exploité en particulier par l'agriculture privée dans les wadis Zamzam, Wishkah et Mrah.
 - de l'aquifère superficiel plio-quaternaire constitué de sables et calcarénites qui, en fait, constitue une unité limitée à la zone côtière du nord-est sans véritable liaison avec les autres nappes.
 - Il ne semble pas utile, dans le contexte de cette étude, de représenter ces aquifères dans le modèle.

3.2 - Schématisation en vue de la réalisation du modèle

En se référant à la structure géologique du bassin saharien et au comportement de ces différents niveaux aquifères après près d'un siècle d'exploitation graduellement croissante, il a été conçu comme un multicouche dont les échanges verticaux sont bien pris en compte dans le calcul de son bilan hydraulique. Cette option adoptée par l'étude actuelle du SASS se démarque de toutes les conceptions de modélisation précédentes, particulièrement l'étude ERESS. Elle permet pour une fois, d'être plus proche du fonctionnement naturelle du système et apporte beaucoup de précisions sur les échanges hydrauliques entre les différents niveaux aquifères de ce système.

La figure 21 montre la schématisation adoptée en vue de la modélisation du système.

Figure 21 - Schématisation aquifères-aquitards en vue de la réalisation du modèle

ALGERIE	TUNISIE	LIBYE
Toit imperméable	Toit imperméable	Toit imperméable
Nappe des ables	Nappe des sables (Djérid)	Nappe des sables et calcaire du miocène inf. (zone cotière)
Nappes du Complexe Terminal		
Nappe des calcaires	Nappe des calcaires (Nefzaoua)	Nappe des calcaires de Mizdah
Semi-perméable	Semi-perméable	Semi-perméable
Nappe du Turonien	Nappe du Turonien	Nappe du Turonien
Semi-perméable	Semi-perméable	Semi-perméable
Nappe du Continental Intercalaire		
Crétacé inférieur Jurassique - Trias	Crétacé inf. Jurassique sup	Crétacé inf. Jurassique sup
		Crétacé inf. – Jurassique Supérieur Trias
Substratum imperméable		
Paléozoïque	Jurassique inf. – Trias	Carbonière
		Nappe du Cambro-Ordovicien

3.3 - Limites des modèles

3.3.1 - Extension horizontale du Complexe terminal et limite conseillée pour la couche représentant le Complexe terminal

Les limites occidentales et septentrionales du CT sont des limites naturelles, elles sont approximativement les mêmes que celles adoptées par l'ERESS. Vers le Sud, le CT a été étendu jusqu'aux limites sud des affleurements permettant ainsi de mieux tenir compte des réserves aquifères qui n'avaient pas été prises en compte par l'ERESS. Des problèmes de limites à prendre en compte existent cependant en Libye dans la partie orientale du bassin qui passe, à la faveur du graben de Hun au bassin de Sirt où la sédimentation tertiaire s'est fortement développée et prend la place du Crétacé supérieur qui s'enfoncé profondément et devient très peu transmissif et salé.

Sur la carte de la figure 22 ont été représentées les limites naturelles des deux aquifères du Cénomanién Turonien (Nalut) et du Sénonien (Mizdah), correspondant au nord et au sud, à la limite d'extension de ces formations. A l'est, en revanche, les formations existent encore sous la couverture tertiaire mais on considère qu'à l'est des méridiens 16°30'-17°, les deux aquifères deviennent très peu transmissifs et la salinité des eaux dépasse les 5 à 6 g/l.

3.3.2 Extension horizontale du Continental intercalaire et limite conseillée pour la couche représentant le Continental intercalaire dans le modèle

Les limites du Continental intercalaire en Algérie et en Tunisie sont à peu près les mêmes que celles adoptées par l'ERESS. En Algérie cependant, le modèle est étendu vers le nord-ouest pour inclure le Grand Erg occidental jusqu'à la Saoura. Cette modification est justifiée par le fait que le Continental intercalaire est relayé par les formations sableuses du Mio-Pliocène et par les dunes du Grand Erg.

L'inclusion de ce volume additionnel d'aquifère permet de tenir compte des réserves qui y sont contenues. Les limites orientales à adopter dans le modèle en Libye, posent un certain nombre de problèmes dont en particulier:

- **la limite sud-est correspond bien à une limite naturelle** d'extension des formations du Crétacé inférieur mais est en continuité avec l'aquifère cambro-ordovicien avec lequel le Continental intercalaire est en contact direct sur une superficie qui dépasse 20 000 km²;
- la limite nord-est n'est pas une limite naturelle car les formations du Crétacé et du Jurassique se poursuivent en mer. Cependant les formations gréseuses du Crétacé inférieur qui constituaient le corps actif du système aquifère du Continental intercalaire passent rapidement à des formations carbonatées dolomitiques au niveau du parallèle de la source de Tawurgha (**figure n°23**). Ce changement de faciès, qui est partiellement à l'origine de la source, se traduit par une **importante réduction de la transmissivité dont les valeurs obtenues par essai de débit sont inférieures à 10⁻³ m²/s le long de la côte.**
- **la limite orientale n'est pas non plus, une limite naturelle** puisque les formations aquifères du Crétacé inférieur se prolongent bien au delà du graben. Au delà du méridien 16°E, l'aquifère du Continental intercalaire présente une transmissivité faible (aux essais) et une salinité de l'eau qui dépasse rapidement les 3-4 g/l vers le bassin de Sirt et perd, pour une éventuelle exploitation, évidemment de son intérêt. Cependant et étant donné la présence de projets agricoles (Wadi Washkah, Wadi Zamzam, Wadi Bayy al Kabir) situés à proximité immédiate de cette limite, il est essentiel que le modèle puisse estimer les effets d'un accroissement de prélèvement dans cette zone limitrophe sur la qualité chimique de l'eau qui pourrait subir une forte dégradation si la direction du flux était inversée. **Il est donc important de positionner, dans le modèle, la limite de la couche représentant le Continental intercalaire le plus à l'Est possible, au minimum le long du méridien 16°30' et au mieux, le long du méridien 17°.**

Figure 23 - Limite conseillée pour la couche du modèle représentant le Continental intercalaire

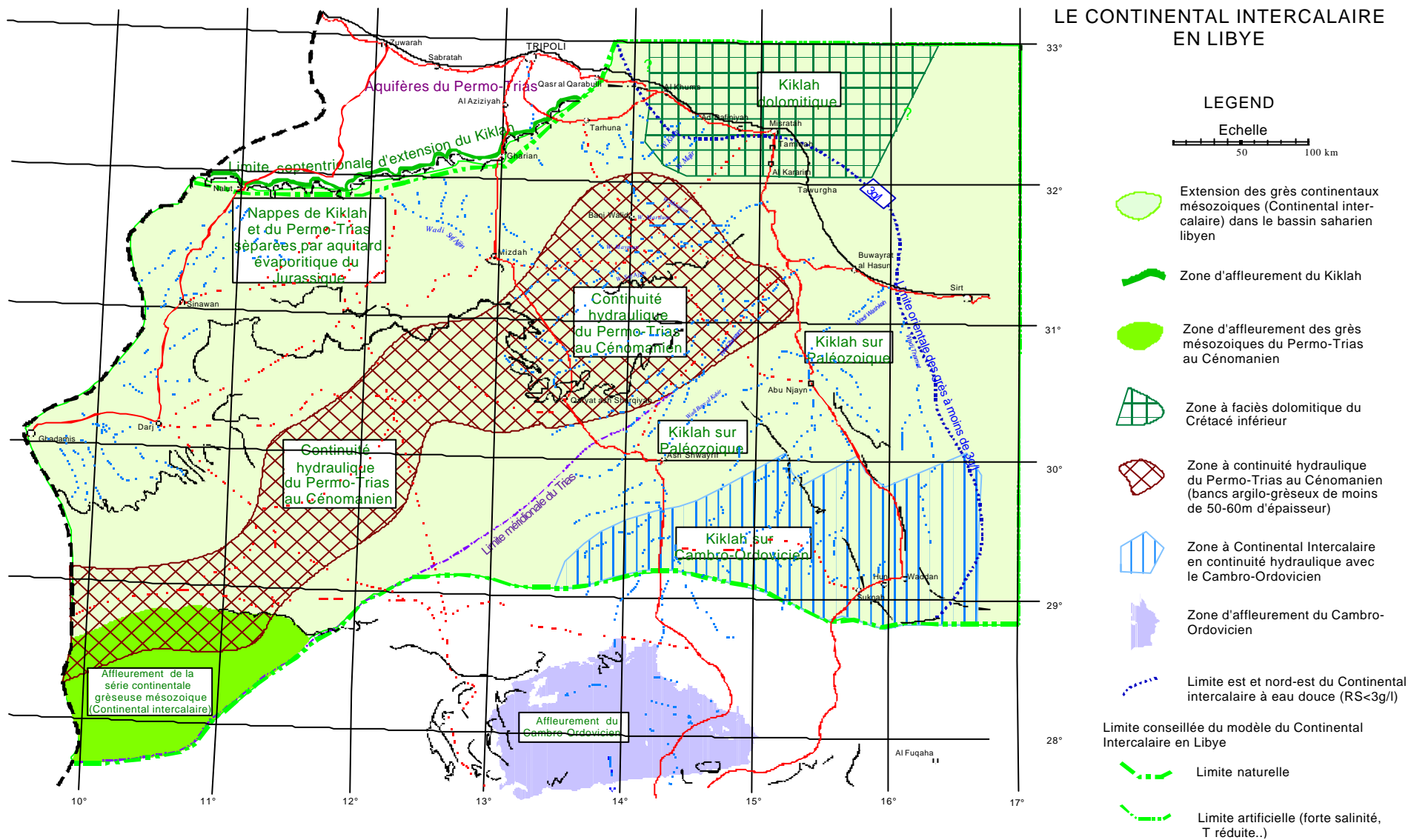
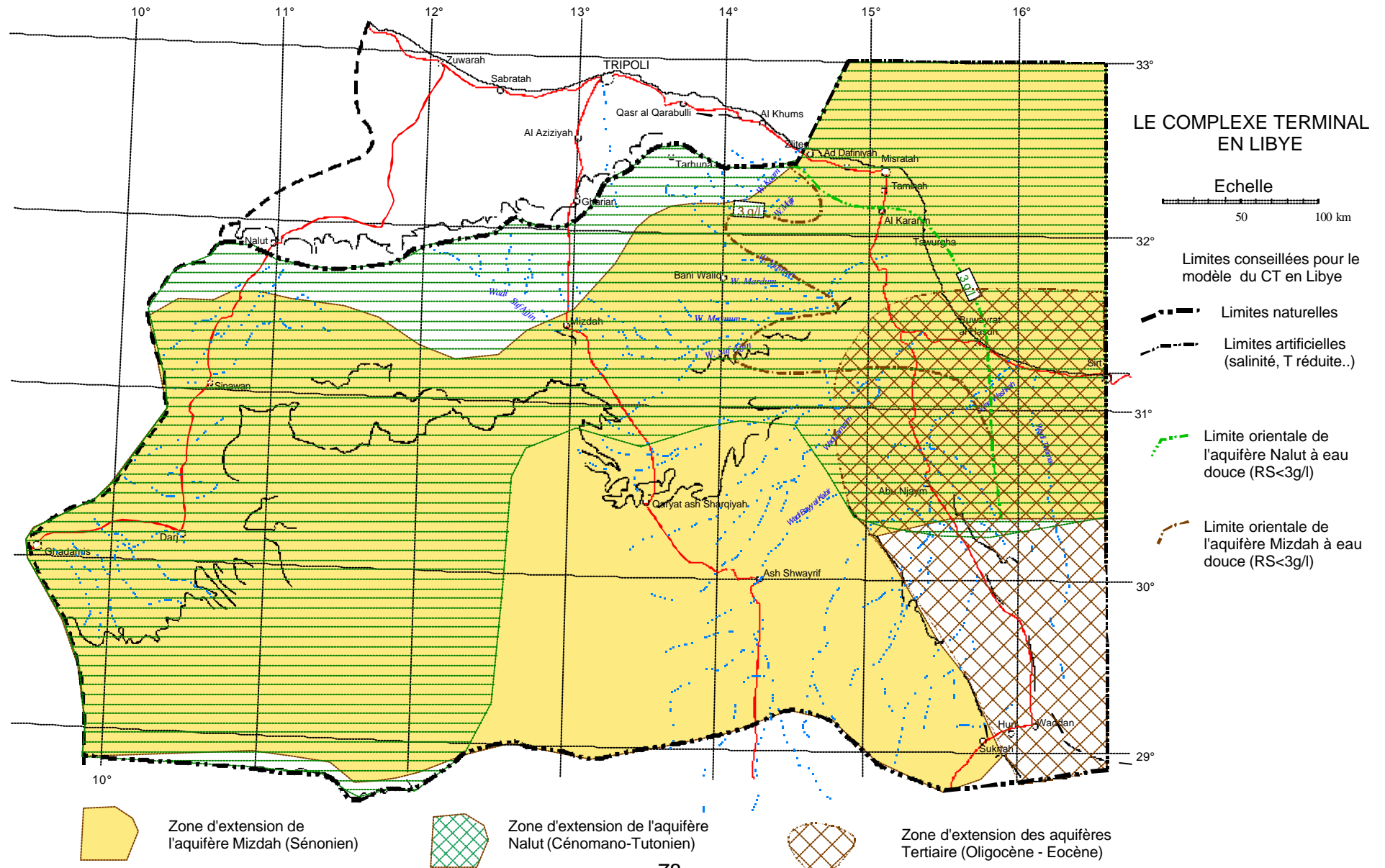


Figure 22 - Limite conseillée pour la couche représentant le Complexe Terminal



4 - HYDRODYNAMIQUE DU SYSTEME AQUIFERE

4.1 - Dynamique du système

La structure en cuvette du bassin saharien fait que les couches géologiques anciennes n'affleurent que sur les bordures. D'une façon générale, la majeure partie des formations aquifères autre que les niveaux quaternaires, sont sous une couverture sédimentaire plus ou moins épaisse. Il en résulte que sur une grande partie de ce bassin, les aquifères sont captifs, mais des zones à nappe libre existent également en périphérie et correspondent assez souvent aux aires d'alimentation.

Cette configuration complexe fait que l'hydrodynamique de l'ensemble du système aquifère est largement commandée à moyen et long termes, par l'impact des échanges verticaux entre les différents niveaux aquifères. L'influence des champs d'exploitation sur les zones environnantes sera différente dans la partie captive de la nappe (large rayon d'action) de la partie où elle est libre (cas du sous-bassin du Grand Erg occidental). Les phénomènes interviennent également dans la vitesse de circulation de l'eau au sein de la nappe, des échanges chimiques verticaux et dans les pertes aux exutoires.

Dans toute la partie du bassin où la sédimentation plio-quaternaire est suffisamment épaisse et détritique, une nappe phréatique libre constitue le niveau aquifère le plus superficiel. Cette nappe joue un rôle important dans les échanges du système aquifère avec la surface. Ce rôle est appelé à devenir crucial à mesure s'affaiblit la pression des niveaux captifs sous-jacents.

4.1.1. Carte piézométrique de référence

4.1.1.1. Définition et signification dans les trois pays

La piézométrie de référence est une notion imposée par la construction du modèle de simulation de la nappe. Le calage du modèle qui permet d'assurer la cohérence des différents paramètres intervenant dans la mise en œuvre du modèle (transmissivités, conditions aux limites, alimentation, débits d'exutoires, débits d'exploitation...) consiste à vérifier que la piézométrie calculée par le modèle est concordante avec celle qui a été mesurée. Afin d'éviter de devoir également caler le paramètre régissant l'emmagasinement, il est habituel d'effectuer un premier calage à une date où le système est supposé être en équilibre ⁽¹⁾ ce qui correspond à un régime non influencé par les activités humaines. On a donc choisi une date pour laquelle les exploitations par forages étaient très limitées.

En réalité, l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire n'a pas démarré à la même époque dans les trois pays. La création des premiers forages captant cette nappe en Algérie, remonte au début du 20^e siècle, en Tunisie, aux années 50 et en Libye, aux années 70. Malgré ce décalage dans la mise en exploitation de cette nappe, cette exploitation est restée relativement faible, dans les trois pays, jusqu'au début des années 60. Rares sont les mesures piézométriques intéressant les anciens forages qui sont antérieurs à 1956. On a donc décidé de considérer l'année 1950 comme date de référence pour la piézométrie initiale du système non influencé et ce, bien que les données utilisées pour tracer la carte piézométrique initiale ne correspondent que rarement à cette date. En effet :

- **En Algérie**, c'est en 1956 qu'ont débuté les exploitations par forages profonds dans la zone du Bas-Sahara algérien où les prélèvements ont été les plus développés. Avant cette date, les seules exploitations importantes de la nappe du CI étaient constituées par :

⁽¹⁾ les entrées sont égales aux sorties et les réserves n'interviennent pas.

- les foggaras du Touat-Gourar et Tidikelt dont le débit ne variait pas depuis plusieurs dizaines d'années,
- le groupe d'exploitation d'El Golea qui, situé à la limite de la nappe libre/nappe captive, ne semble pas influencer les formes piézométriques des zones voisines.

Dans les autres zones d'exploitation (Ghardaïa, El Oued et In salah), les prélèvements étaient faibles et ne pouvaient modifier de façon notable le régime hydraulique de la nappe.

- **En Tunisie**, le premier forage captant la nappe du CI en Tunisie (Borj Bouguiba) a été créé en 1950. Il a été suivi de près par celui de Ksar Ghilane. Les deux forages de Chott Fedjej (CF1 et CF2) créés pratiquement au cours de la même période, ne sont entrés en exploitation qu'à la fin des années 60. Avant cette date, l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire se faisait dans le Sud tunisien à l'aide de certaines sources localisées dans la régions de Chott Fedjej et dont le débit ne dépassait pas 50 l/s.
- **En Libye**, les premier forages captant la nappe du Kikla ont été créés au début des années 70. En réalité, cette exploitation est restée relativement faible pendant toute la décennie 70-80. Ce n'est qu'à la fin des années 70 qu'ont été créés les projets agricoles du flanc oriental de la Hamadah El Hamra qui ont véritablement intensifié l'exploitation de la nappe profonde.

4.1.1.2. *Données existantes*

La piézométrie de référence adoptée a été établie à partir des éléments suivants :

- les cotes topographiques des points d'eau déterminées par des mesures réalisées par les pays ou par interpolation sur des cartes topographiques quand ces mesures font défaut,
- les mesures de pression en tête ou de profondeur d'eau effectuées sur des forages.

En règle générale, seules les altitudes déterminées par nivellement sont considérées comme précises dans l'établissement de la piézométrie initiale. Les altitudes déterminées à partir de cartes peuvent être entachées d'erreur pouvant aller jusqu'à $\pm 20\text{m}$.

En ce qui concerne le Complexe terminal, l'exploitation a débuté en Algérie et en Tunisie, longtemps avant la création des forages dont les premiers en Algérie remontent à la seconde moitié du 19^{ème} siècle, et en Tunisie au début du 20^{ème} siècle. En Libye, cette exploitation est beaucoup plus récente mais un certain nombre de forages ont été réalisés, au Crétacé supérieur, déjà dans les années 30 dans la zone des projets agricoles de Dafniyah, Tumina, Kararim.

Les données utilisées pour représenter la piézométrie initiale des nappes du Complexe terminal et du Continental intercalaire sont reportées en Annexe 2.

4.1.1.3. *Description des cartes piézométriques de référence*

Deux cartes piézométrique de référence sont présentées sous forme de planches hors texte.

- **Complexe terminal**

La carte de la piézométrie de référence du CT (Pl. n°10) a été établie à partir des mesures réalisées en 1950-56 pour la partie tunisio-algérienne et au cours des années 1950-70 pour la partie libyenne. Les forages des chantiers pétroliers de la Hamada El Hamra ont permis

de combler une grande lacune dans l'établissement de la piézométrie de cette nappe en Libye.

Cette piézométrie a intéressé, en Algérie et en Tunisie, les forages qui captent les calcaires sénoniens et éocènes ainsi que les sables du Pontien (Oued Rhir et Djérid). La piézométrie de ces formations qui sont assez souvent en relais hydrogéologiques, se raccorde parfaitement et permet d'avoir la continuité de l'écoulement souterrain en passant d'une zone à l'autre. En Libye, elle concerne plutôt les forages captant les calcaires et dolomies de la formation Nalut (Turonien) et parfois de la formation Mizdah (Sénonien). En Tunisie, la piézométrie du calcaire Turonien se confond dans la région de la Presqu'île de Kébili avec celle des calcaires sénoniens. En Algérie, en dehors de la région de Hassi Messaoud, le Turonien n'est pas un bon aquifère et dans cette zone, **la salinité dépasse souvent 50 g/l**.

Cette piézométrie met en évidence :

- la division du domaine saharien en deux principaux sous-bassins hydrogéologiques qui sont ceux du Grand Erg oriental et de la Hamada el Hamra.
- les mêmes principales zones d'alimentation que la nappe du CI/Kikla (Atlas saharien, Dahar-J. Nafusa et J. Hassawnah),
- les zones exutoires principalement centrées sur les Chotts algéro-tunisiens et le Golfe de Sirt entre Misratah et Buwayrat Al Hasun.

La piézométrie de la nappe du CT/CS montre, dans le sous-bassin du Grand Erg oriental, le rôle du Bas-Sahara algéro-tunisien dans la focalisation de l'écoulement souterrain formant un bassin endoréique. Les Chotts Marouan-Melhir en Algérie et Gharsa-Djérid, en Tunisie, constituent l'exutoire de la nappe et en même temps la région où se concentrent les prélèvements par sources et forages.

En Libye, l'alimentation à partir du Sud semble l'emporter sur celle du J. Nafusa. La zone de la Hamada El Hamra est une zone de « replat » où le gradient piézométrique est relativement faible mais où les directions d'écoulement semblent indiquer la Hamada comme une zone d'alimentation. Il s'agit plus probablement d'un vaste réservoir souterrain non alimenté actuellement et dont la lente vidange entretient un écoulement vers l'extérieur de la zone. Dans la partie nord-est du bassin libyen, les couches sédimentaires tertiaires et quaternaires semblent jouer un grand rôle dans la mise en charge de la nappe du CT/CS et dans ses pertes par drainance verticale, dans les zones d'exutoire.

- ***Continental intercalaire et raccord avec le Paléozoïque***

La carte de la piézométrie de référence du CI (Pl. n°11) montre :

- la **division du domaine saharien** en plusieurs provinces hydrogéologiques qui sont :
 - le Bas-Sahara à écoulement d'Ouest en Est,
 - le Tinrhert et le Grand Erg Oriental à écoulement du Sud vers le Nord,
 - le Grand Erg Occidental, le Touat-Gourara et le Tidkelt à écoulement du Nord vers le Sud et Sud-Ouest,
 - le Dahar et le J. Nafusa à écoulement d'Est en Ouest et du Nord vers le Sud,
 - J. Hassawna à écoulement du Sud vers le Nord et le Nord-Est
- les **zones d'alimentation**, aux limites suggérées par les directions d'écoulement de la nappe qui sont :
 - le piémont sud atlasique du Nord-Ouest,

- le Tinrhert où l'alimentation est probablement davantage un effet de lente vidange du réservoir plutôt qu'une véritable recharge de la nappe à partir d'une pluie rarissime
 - le Dahar (Tunisie) et J. Nafusa (Libye),
 - J. Hassawnah où la piézométrie du Kiklah se raccorde parfaitement à la piézométrie de la nappe du Cambro-Ordovicien qui présente, sur le Jabal Hassawnah, un dôme à la cote 350m drainé vers le Sud, par le Wadi ash Shati et vers le nord par la nappe du Continental intercalaire. La seule explication possible pour ces directions d'écoulement est, là encore, une lente vidange du réservoir paléozoïque qui donne naissance aux écoulements sud-nord dans le Continental intercalaire.
- les **zones exutoires**, suggérées par les points d'aboutissement des lignes de courant dessinées par la carte piézométrique, qui sont :
 - le Touat-Gourara et le Tidkelt,
 - l'exutoire tunisien marqué par la faille d'El Hamma,
 - l'exutoire libyen au niveau de Ain Tawargha.

La piézométrie de la nappe du CI montre, dans le sous-bassin du Grand Erg Occidental, une indépendance quasi totale du reste de la nappe avec un écoulement de l'atlas saharien vers le Sud puis le Sud-Ouest, une ligne de partage des eaux souterraines sépare l'écoulement s'effectuant vers l'Ouest de celui qui intéresse la partie orientale du bassin. L'exutoire de la nappe était au départ, présenté sous forme de sources transformées par l'homme, en foggaras, suite à la baisse de la surface piézométrique.

Le dôme piézométrique centré sur le Dahar-Jabal Nafusa traduit une aire d'alimentation locale dans une zone où la nappe n'est pas jaillissante. Cette recharge actuelle se reflète dans la composition chimique de l'eau et ses caractéristiques isotopiques.

L'anomalie piézométrique sur la dorsale d'Amguid ne peut être expliquée que par une drainance verticale vers le Complexe terminal, à travers les failles de cette zone.

4.1.2. L'alimentation actuelle : données et hypothèses

L'alimentation actuelle des nappes se manifeste sur les bordures nord du bassin saharien lorsque trois conditions sont présentes :

- des précipitations suffisantes et un relief relativement accentué pour produire un ruissellement dans des oueds,
- l'affleurement de formations perméables appartenant à un des systèmes aquifères ou en relation directe avec un des aquifères sahariens.

La valeur de l'alimentation dans le modèle n'est pas un paramètre fondamental dans la simulation du comportement futur des nappes car les prélèvements sont généralement situés loin des zones potentielles d'alimentation. Cependant, dans la phase de calage en régime permanent qui permet de définir la distribution des transmissivités, l'alimentation est le résultat du calcul obtenu en fixant les potentiels en bordure et en faisant varier les transmissivités : quand la valeur de l'alimentation est fixée et considérée comme une donnée du modèle, la transmissivité est variée progressivement jusqu'à l'aboutissement du calage de la piézométrie restituée sur celle qui est mesurée. Cette approche permet d'aboutir à une distribution différente des transmissivités et donc à un comportement différent de la nappe lorsqu'elle est sollicitée par les prélèvements.

Quoiqu'il en soit, l'alimentation actuelle de ces nappes est faible par rapport aux prélèvements actuels et prévus dans le futur et quelque soit le résultat d'études hydrologiques plus précises, celles ci ne changeront pas le caractère non-renouvelable des ressources en eau du Sahara.

4.1.2.1. En Algérie

En Algérie, ces conditions sont réunies le long de la bordure nord ouest, au pied de l'Atlas saharien. Les écoulements en provenance de l'Atlas vont s'infiltrer dans les sables dunaires du Grand Erg Occidental pour rejoindre finalement le Continental intercalaire. Malheureusement, aucune étude hydrologique n'a pu être menée dans cette zone qui aurait pu fournir des estimations même approximatives, des volumes annuels ruisselés et infiltrés. Des études de synthèse sont à encourager dans ce sens à l'avenir.

La dorsale du Mزاب, bien que peu arrosée, est cependant le siège d'écoulements dans les oueds qui se dirigent vers l'Est et participent à l'alimentation des calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène appartenant au Complexe terminal. Là encore aucune étude n'est venue fournir des estimations des quantités ruisselées. **Cet aspect hydrologique du sahara algérien est à renforcer par des études spécifiques à mener ultérieurement même dans le cadre des travaux de recherche.**

4.1.2.2. En Tunisie

En Tunisie, l'alimentation des nappes du Complexe terminal et indirectement du Continental intercalaire dépend essentiellement des précipitations et des ruissellements sur le massif du Dahar. Les apports des bassins hydrologiques du nord, en provenance de l'Atlas, vont soit alimenter les aquifères superficiels de la zone des Chotts soit s'accumuler dans les chotts où ils sont repris par l'évaporation. Dans l'étude ERESS, l'alimentation actuelle du Continental intercalaire à partir du Dahar avait été estimée à **2 m³/s**. Depuis, des études hydrologiques (M. Fersi, 1979) et portant sur les oueds du flanc occidental du Dahar, ont permis d'aboutir à une estimation plus fiable de l'alimentation. Le tableau 5 donne les résultats de ces études,

**Tableau 5 - Caractéristiques hydrologiques des oueds du flanc ouest du Dahar
(M. Fersi, 1979)**

Bassin versant	Superficie S (Km ²)	Pluie P (mm/an)	Débit Q (m ³ /s)	Débit spécifique Qs (m ³ /s/km ²)	Coefficient de Ruissellement Kr (%)
Oued Tarfa					
- Oued Léguine	206	90	131	0.630	21.6
- Oued. Oum Labbes	86	100	160	1.860	26.8
- Oued. Zmertene	44	140	340	0.821	8.4
- Oued. Hallouf	1800	95	1140	0.633	7.2
Garaet Bou Flidja	1540	140	1940	1.260	12.9
- Oued. Bel Khacheb	670	125	550	0.821	9.8
- Oued. . Laraj	108	100	33	0.306	4.4
- Oued. rechada	576	100	150	0.260	3.8
	Total:5030	Pm :120mm		Qs moy: 0.85	Kr moy: 12%

En considérant que la totalité de la superficie de ces deux bassins est filtrante (formations calcaires du Sénonien) et en tenant compte d'une pluviométrie moyenne annuelle de 120

mm et d'un coefficient de ruissellement de 12%, le volume ruisselé serait de l'ordre de $72.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$. L'infiltration jusqu'à la nappe n'intéresse que près de 10% de ce volume ce qui donne un volume infiltré de l'ordre de $7.2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ ($Q : 229 \text{ l/s}$).

Cette alimentation a pu être également évaluée à partir de la vitesse de circulation souterraine déduite des activités en carbone-14 et ce, par la formule suivante (Aranyoussi J.F & Mamou A. 1985):

$$Q = V_e \cdot S \cdot n_e$$

où : Q : Débit d'alimentation à partir du Dahar,
 V_e : Vitesse d'écoulement souterrain déterminée à partir des teneurs en Carbone 14 ($V_e = 2 \text{ m/an}$)
 S : Section d'écoulement totale de l'aquifère (longueur d'affleurement: 200 km et épaisseur de la formation aquifère : 150 m).
 n_e : Porosité cinématique de la formation aquifère ($n_e = 0,05 \text{ à } 0,1$).

L'application de la formule à partir des mesures de vitesse donne un débit de recharge qui est, dans le meilleur des cas, de 190 l/s correspondant à 10% seulement de la valeur adoptée par l'ERESS. Cette valeur, même si elle n'est qu'un ordre de grandeur, semble plus concordante avec l'évolution piézométrique de la nappe qui présente dans l'extrême Sud tunisien, une tendance vers la baisse (baisse annuelle de 1 à 2,5 m/an) suggérant ainsi des valeurs de transmissivité plus faibles que celles adoptées par l'ERESS.

L'ensemble des données géologiques (forages), hydrogéologiques (piézométrie) et géochimiques (isotopes) montrent que l'évaluation de la recharge des nappes sahariennes par infiltration actuelle sur le Dahar ($Q : 2 \text{ m}^3/\text{s}$) est surestimée et ne dépasse pas, dans le meilleur des cas, les 250 l/s. Il y a lieu de souligner les hypothèses sur l'alimentation actuelle des aquifères sahariens sont sujettes à des grandes incertitudes dans les conditions d'aridité générales de la région.

En outre, la variabilité interannuelle de ces apports est extrême et affaiblit beaucoup la salinité des moyennes. L'approche basée sur des observations hydrométriques à partir desquelles des «formules empiriques» ou des modèles hydrologiques sont établis (comme c'est le cas en Tunisie), permettent d'aboutir à des estimations d'alimentation moyenne cohérentes avec les autres données. Toutes les estimations hydrologiques restent approximatives tant qu'elles ne cadrent pas avec des tentatives d'élaboration d'un bilan en eau du système.

4.1.2.3. En Libye

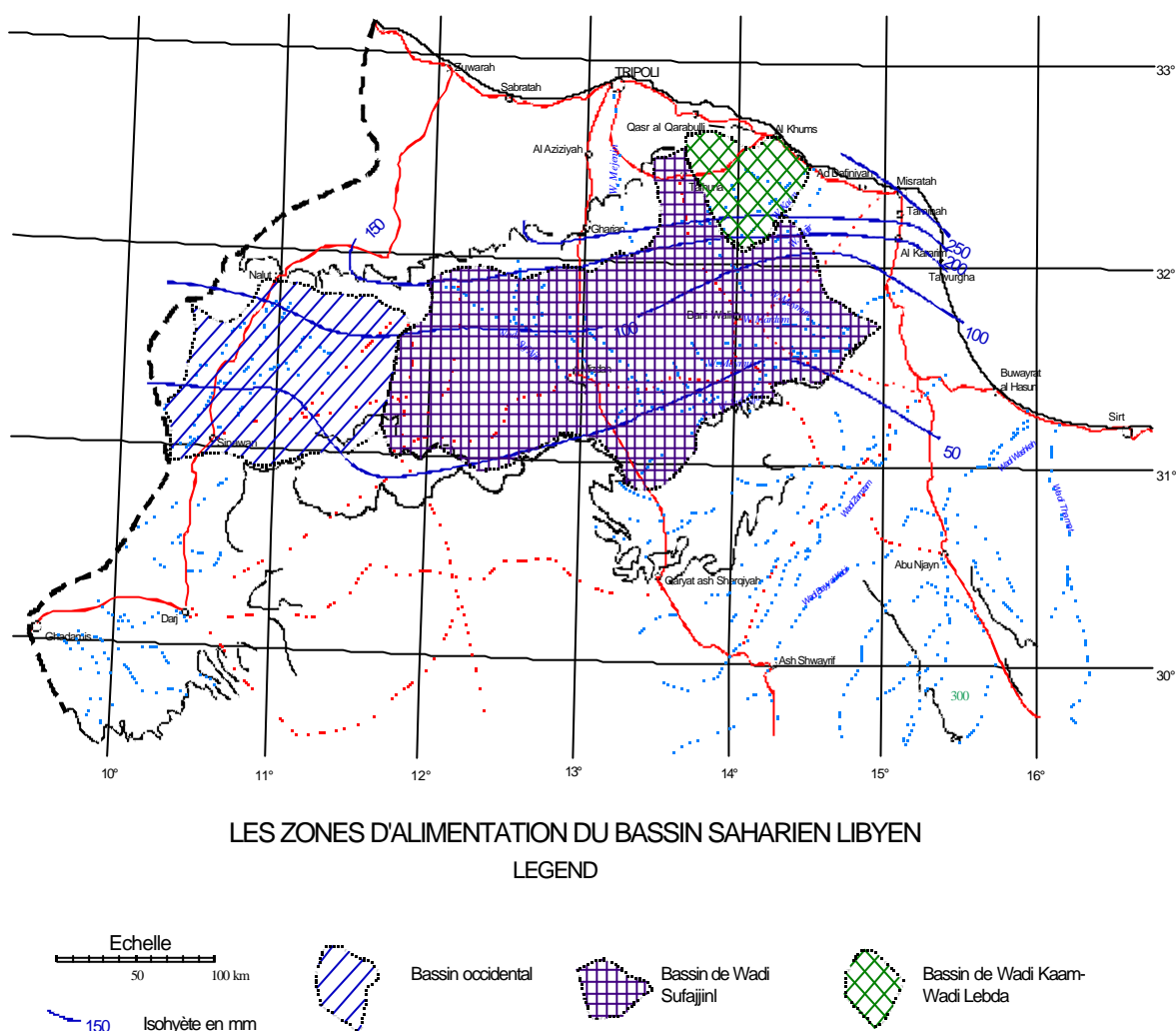
En Libye, l'alimentation des aquifères carbonatés du Crétacé supérieur se manifeste sur tous les flancs Sud et Est du Jabal Nafusa. Deux grands bassins versants drainent les eaux de ruissellement vers la Méditerranée : Wadi Sufajjin et Wadi Kaam (**Figure 24**). A ces deux grands bassins s'ajoutent des systèmes hydrographiques mineurs, Wadi Lebda, Wadi Majir vers le Nord Est, et d'autres petits bassins endoréiques sur la partie nord ouest du Jabal Nafusa qui se perdent et s'évaporent dans des dépressions vers le Sud.

Une estimation des ruissellements du bassin du Wadi Sufajjin a été réalisée par GEFLI dans les années 70 (GEFLI, 1976, 1978). Les zones de recharge préférentiels, dans les lits d'oueds, ont été reconnus et confirmés par des analyses isotopiques (présence de Tritium) et l'alimentation des nappes a été estimée comme suit :

- Bassin amont (en amont de Bani Walid jusqu'au méridien de Mizdah) : alimentation estimée par calcul à partir du gradient hydraulique dans les aquifères du Crétacé supérieur et une transmissivité moyenne de $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$: (12 millions de m^3/an).

- Bassin en aval de Bani Walid jusqu'aux affleurements imperméables du paléocène et du Miocène : 8 millions de m³/an.
- La partie du bassin en amont du méridien de Mizdah n'a pas été étudiée par Gefli. Sa contribution est estimée également à 20 Mm³/an. Cette zone fait partie du bassin hydrogéologique de Ghadamis.

Figure 24 - Les zones d'alimentation des nappes du Crétacé supérieur en Libye



Les bassins de Wadi Kaam-Wadi Lebda se développent sur une superficie d'environ 2000 km² dans une zone d'affleurements carbonatés et à précipitation plus abondante comprise entre 200 et 250 mm par an. L'infiltration, favorisée par les pertes dans le barrage de Wadi Kaam et par les nombreux petits ouvrages traditionnels construits sur le bassin, est estimée entre 25 et 30 Millions de m³/an. Elle se retrouve, en grande partie, dans le débit de la source de Wadi Kaam.

Le bassin occidental endoréique incluant les oueds qui s'écoulent vers le Sud-Ouest participe également à l'alimentation des nappes du Crétacé supérieur. La superficie du

bassin est de l'ordre de 12 000 km² et l'infiltration dans les nappes, à partir du ruissellement dans les oueds, est estimée à une vingtaine de Mm³/an.

En ce qui concerne l'aquifère du Crétacé inférieur, la piézométrie suggère une alimentation sur la zone du Jabal Nefusa mais, par suite de la dimension très réduite des affleurements localisés dans la falaise nord du Jabal, elle ne peut se faire que par transfert vertical à partir des aquifères du Crétacé supérieur.

4.1.3. Les exutoires naturels

Les sources provenant du complexe terminal du Sahara algérien étaient connues dans la région de l'Oued Rhir jusqu'au début du XX^e siècle. Leur débit était estimé avant cette date à près de 2.85 m³/s. L'intensification de la création des forages jaillissant à cette époque a été à l'origine de leur tarissement définitif. Celle provenant du continental intercalaire, se contonnaient dans le sous-bassin du Grand Erg occidental (Adrar, Tidikelt et Gourara). Elles ont été substituées par des foggaras.

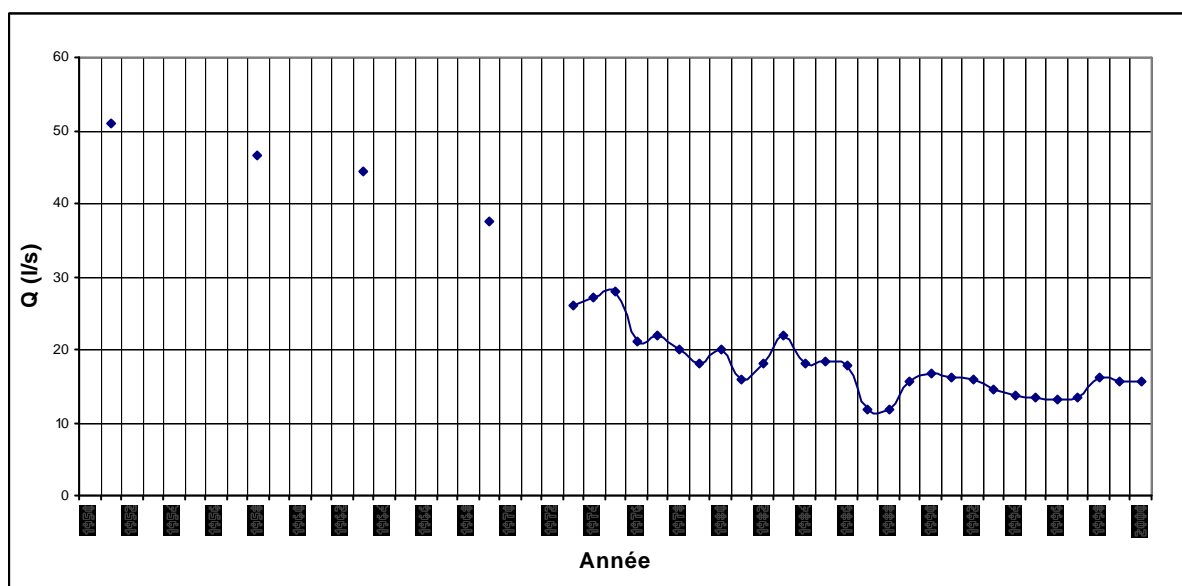
4.1.3.1. Les sources

- **En Tunisie**

Les sources en provenance des nappes du Continental intercalaire et du Complexe terminal dans le sud tunisien ont toujours fait l'objet d'un suivi plus ou moins régulier dans le temps. Celles qui sont rattachées au Complexe terminal sont de loin les plus importantes.

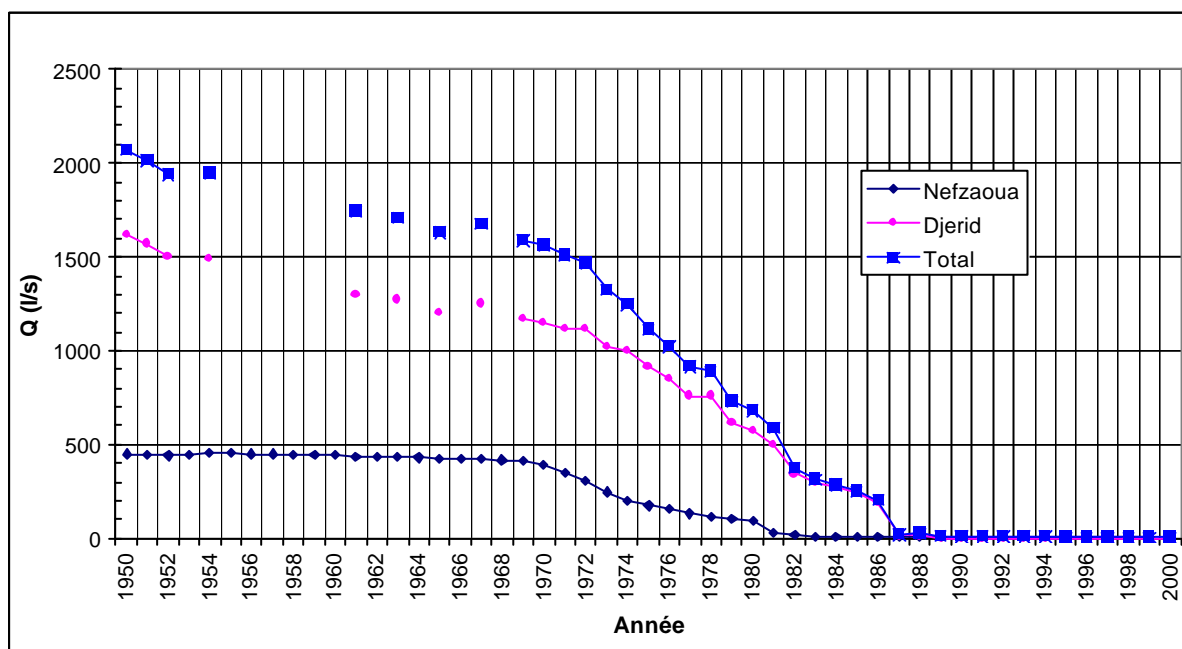
- **Les sources du Continental intercalaire** du Sud tunisien se localisent dans la région du chott Fedjej. Elles intéressent plus particulièrement les deux niveaux des grès supérieurs et des grès à bois et correspondent à des sources de trop-plein dont le débit n'est souvent que de quelques litres par seconde (Figure n°25). Le suivi des débits de ces sources était aléatoire jusqu'en 1974. Depuis, les plus importantes ont fait l'objet d'un suivi annuel et l'annuaire d'exploitation des nappes profondes de Tunisie rend compte des volumes en eau qui arrivent en surface à partir de ces exutoires. Le débit de ces sources n'a jamais dépasser les 50l/s. Il est en baisse continue depuis 1950 et atteint en l'an 2000, près de 15 l/s. Cette situation reflète la vidange que subit l'aquifère des grès supérieur au sein du système multicouche de Chott Fedjej (baisse de 70% du débit initial).

**Figure 25 - Historique du débit des sources
du Continental Intercalaire en Tunisie
(Chott Fedjej)**



- **Les sources du Complexe terminal** en Tunisie se localisent dans les deux régions du Djérid et de la Nefzaoua. Ces sources correspondent à des émergences qui fonctionnent sous l'effet de la pression de jaillissement de la nappe. Leur débit s'affaiblit à mesure que l'exploitation de la nappe augmente et que la décompression devient plus importante sous l'effet de la multiplication des forages (Figure n°26).

Figure 26 -Historique du débit des sources du Complexe Terminal (Tunisie) de 1950 à 1985



- *Les sources du Djérid* se présentent sous forme d'un surcreusement de la formation aquifère qui est affleurante le long du Draa du Djérid, jusqu'au recoupement de la surface piézométrique de la nappe. Cette situation rend possible l'écoulement gravitaire de l'eau à la surface du sol vers des zones situées plus bas (A.Mamou, 1990). Les sources du Djérid sont principalement représentées par celles de Nefta, Tozeur, El Hamma et El Oudiane. Les sources de Nefta et Tozeur se présentent au fond de cratères topographiques tandis que celles d'El Oudiane étaient creusées le long du flanc de la montagne. Les sources d'El Oudiane étaient plus nombreuses, de faible débit et les premières à tarir entre 1968 et 1974. C'est le cas également des sources d'el Hamma (1987). Celles de Tozeur et Nefta ont continué à couler jusqu'en 1988-89. Ces deux groupes présentaient la majeure partie du débit des sources du Djérid (plus de 85% en 1950). L'évolution du débit des sources du Djérid qui était de près de 1600 l/s en 1950, a accusé une nette tendance vers la baisse qui s'est accélérée depuis le début des années 70 (1100 l/s). Cette baisse plus accentuée à partir de 1982 (350 l/s) traduisait un net régime de tarissement. Ces sources ont complètement tari en 1988.
- *Les sources de Nefzaoua (Kébili)* sont des émergences à partir des calcaires du Turonien et du Sénonien. Les sources turoniennes, localisées au niveau de la Presqu'île de Kébili, sont très similaires dans leur fonctionnement hydrodynamiques aux sources d'El Ouediane du Djérid. La plus importante de ces sources était celle de Oued Zira qui a été exploitée jusqu'en 1974. Les autres sources de la Nefzaoua émergent au fond de petites dépressions (« guelta »). Parsemées à travers la région de la Nefzaoua, elles ont été à l'origine des oasis de cette région avant la création des premiers forages d'eau au début du siècle dernier (1907). La plus importante de ces sources était celle de Mansoura dont l'écoulement s'est poursuivi jusqu'en 1978. Avec un débit global de près de 450 l/s en 1950, ces sources ont accusé un régime de tarissement qui s'est accentué au début des années 70 pour baisser à moins de 100 l/s au début des années 80. Actuellement, la plupart de ces sources ont tari et celles qui ne le sont pas ne présentent qu'un débit de quelques l/s.

• **En Libye**

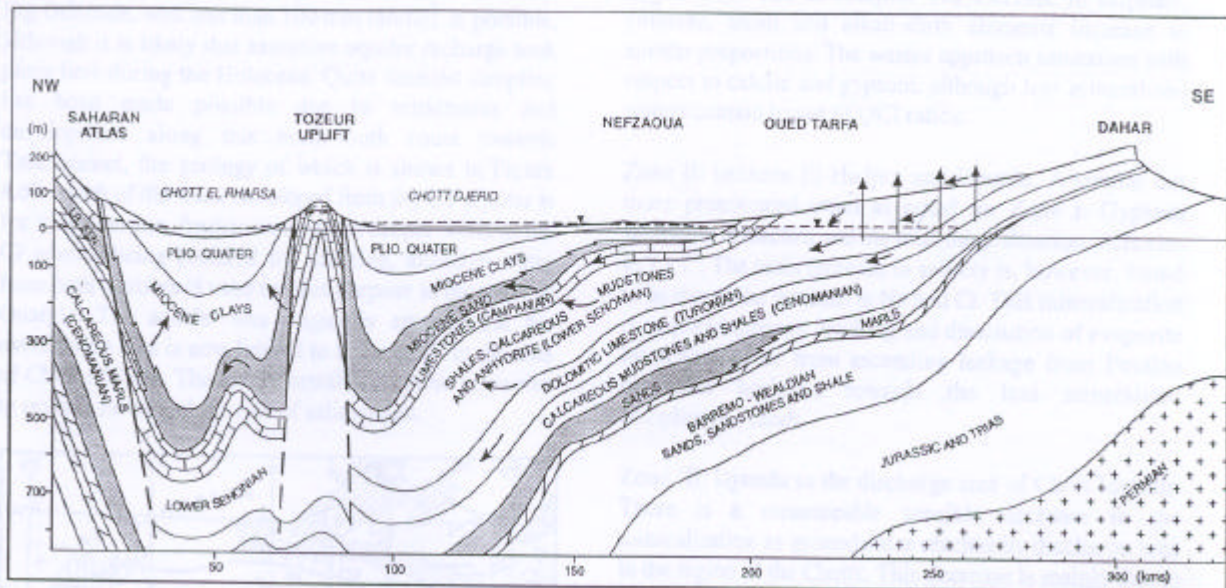
- **La source Tawurgha** située au milieu d'une zone marécageuse dont elle est certainement l'origine, continue à fournir un débit important qui a relativement peu varié au cours des cinquante dernières années malgré l'accroissement des prélèvements à partir des nappes en liaison avec cette source. Plusieurs mesures de débit ont été réalisées entre 1972 et 1977 dont la moyenne était de 1,966 m³/s (62 Mm³/an). En février 2001, une mesure de débit a fourni une valeur moyenne sur plusieurs jours de 55.9 Mm³/an. Un rapport établi par la GWA en 1988 (Pallas P. et Bufile T., 1978) suggérait que sur les 62 Mm³/an mesurés, 22 proviendraient de la nappe du Crétacé supérieur du bassin de l'oued Sufajjin et 40 viendraient des nappes profondes du Kiklah et du Paléozoïque. Si l'on conserve la même répartition de l'origine de l'eau, les 56 Mm³/an mesurés en 2001 proviendraient à raison de 18 Mm³/an du Crétacé supérieur et de 38 Mm³/an du Kiklah/Paléozoïque.
- **La source de Wadi Kaam** émerge dans le lit d'un oued dont elle porte le nom. Elle tire son origine des calcaires et calcaires dolomitiques du Crétacé supérieur. Son débit était de l'ordre de 450 l/s au début des années 70 mais a rapidement commencé à chuter avec la création des projets agricoles de Wadi Kaam alimentés par une batterie de forages captant les formations qui donnaient naissance à la source. Depuis quelques années quatre pompes de 300 m³/h ont été installées dans l'émergence. La source fonctionne donc actuellement, comme un forage. Son débit naturel est nul et son débit d'exploitation est compté comme un prélèvement du Crétacé supérieur.

4.1.3.2. Les chotts et les sabkhas

L'examen des cartes piézométriques indique clairement que les chotts algériens et tunisiens jouent le rôle d'exutoire naturel des deux nappes mais principalement de la nappe du Complexe terminal. Aucune étude exhaustive n'a été réalisée pour essayer de déterminer les volumes évaporés dans chacun des chotts. Seules quelques estimations ont été faites.

En Tunisie, l'eau du Complexe terminal qui passe par drainance verticale dans la nappe superficielle des Chotts Djérid et Gharsa, est soumise à l'évaporation à travers l'ensemble de la surface du Chott qu'elle couvre (Figure n°27). Cette évaporation intéresse en même temps l'eau qui rejoint le Chott par ruissellement. Le débit d'évaporation a été estimé indirectement, en appliquant la loi de Darcy à partir d'hypothèses sur les perméabilités verticales des formations semi-perméables, à $1.57 \text{ m}^3/\text{s}$ (approximativement $50 \text{ Mm}^3/\text{an}$). Ce débit est cependant appelé à baisser avec le rabattement de la nappe qui diminuera le gradient hydraulique vertical. Cette méthode est la même que celle appliquée dans le modèle mais fait appel à des approximations considérables des paramètres qui régissent la drainance verticale.

Figure n°27 : Coupe schématique à travers la région des chotts El Gharsa et Djérid



Une estimation du bilan hydrologique en eau de la cuvette du Chott Djérid a été avancée en 1983 (H. Hezzi, 1983). Elle estime la superficie du bassin versant du Chott à 10 500 Km² et celle du Chott Djérid à 4750 Km². Les apports dus au ruissellement estimés à environ 16 Mm³/an ne représentent qu'une petite fraction de l'évaporation potentielle sur la surface du Chott estimée à 810 Mm³/an. Ce calcul indique que toute l'eau provenant des aquifères sous-jacents est complètement évaporée. Des estimations plus précises à partir du bilan d'énergie liée au rayonnement solaire et à l'évaporation n'ont pas été faites

4.1.3.3. Les exutoires souterrains

La configuration structurale des aquifères du bassin saharien fait que suite à une tectonique cassante, certaines failles importantes (faille de Gafsa en Tunisie, failles du graben de Hun en Libye,...) sont à l'origine d'un décalage vertical des couches aquifères de part et d'autres de ces failles. Il en résulte au niveau des formations aquifères un « abouchement » d'une nappe avec une autre. Ceci est particulièrement le cas de :

- **L'exutoire tunisien du CI**

A l'occasion de la faille de Gafsa El Hamma, les formations du crétacé inférieur se trouvent dans la région de Chott Fedjej mises en face de celles contenant la nappe de la Djéffara.

Il en résulte l'écoulement souterrain de la nappe du continental intercalaire vers la plaine côtière, alimentant ainsi la nappe de la Djéffara (cf 2.5.2.1.). Cette alimentation souterraine est un aspect dont la qualification est d'une importance capitale pour l'exploitation de la nappe en aval.

En effet, l'évolution du débit transitant par cet exutoire en fonction de l'intensification de l'exploitation du Continental intercalaire en amont de cet exutoire influence sensiblement l'alimentation de la nappe de la Djéffara en Tunisie.

Il est fort indiqué que le modèle simule le comportement de cet exutoire d'une manière qui permet de suivre l'évolution dans le temps de son débit.

- **L'exutoire libyen du CI**

L'exutoire souterrain libyen de la nappe de Kikla est matérialisé par un certain débit qui est supposé passer sous Jabal Nafusa à travers les formations aquifères triasiques dans celles qui contiennent la nappe de la Djeffara libyenne.

En fait, cet exutoire est mal défini du fait qu'il ne correspond pas à une configuration structurale bien claire (PL. n° 9). Comme dans le cas de l'exutoire tunisien, il est bien indiqué que le modèle puisse tenir compte de ce débit souterrain et évaluer l'alimentation transitant aussi vers la nappe de la Djeffara libyenne.

Le tableau n°6 récapitule les différents flux naturels sortants. A part les sources dont le suivi du débit est constitué durant près d'un siècle un indicateur du fonctionnement hydrodynamique du système saharien, les autres flux sortants constituent l'objet d'estimations peu précises que seule la modélisation est de nature à rendre plus fines.

Il y a lieu de noter que le débit total des émergences y compris les foggaras assimilables à des sources, en état non influencé du début du XX^e siècle, ne dépassait guère 10 m³/s. Ce débit indique l'ordre de grandeur de l'alimentation globale du système et ce pour deux raisons :

- une partie notable des flux sortants est invisible et échappe aux émergences : évaporation réelle des Chotts et Sebkhass et exutoires souterrains vers la nappe de la Djeffara.
- il n'est pas du tout certain que le système était en équilibre (apports = flux sortants), le contraire est plus probable vu que le système est en vidange lente des réserves.

Tableau n°6 : L'ensemble des flux naturels sortants du bassin saharien

Exutoire	Continental intercalaire	Complexe terminal
1- Sources (au foggara) - Tunisie - Algérie - Libye	Sources du Chott Fedjej Fogarra de Tauar, Tidikilt - Gourara Ain Tawargher (Evaporation)	Sources du Djerid et de la Nefzeoua Ain Wadi Raam (?)
2- Chotts et Sebkhass - Algérie - Tunisie - Libye	Sabkhet Timimou Chott Fedjej Sabkhet Mzezeur (Ghadamis)	Chotts Melghir Merouan Chotts Djerid et El Gharser Sabkhet Tawargher
3- Exutoires souterrains - Tunisie - Libye	Alimentation souterraine Exutoire du Chott Fedjej Exutoire de Jabal Nafusa	— —

4.1.4. Les paramètres hydrodynamiques

Les paramètres hydrauliques proviennent en partie des données recueillies lors des études antérieures et en partie des données résultant des essais réalisés sur les nouveaux forages. Les données rassemblées dans la base de données sont reportées dans les tableaux de l'annexe 3.

4.1.4.1. Transmissivité

- **Le Complexe terminal**

La configuration géologique du Complexe terminal en Algérie et en Tunisie fait que les forages traversant cet ensemble aquifère, ne captent en fait qu'un niveau parmi deux ou trois. Aux essais, ces forages ne font pas apparaître l'effet de la drainance à partir des couches non captées. En effet, la drainance intervient à long terme et se traduit par des transmissivités bien plus élevées que celles résultant d'essais de débit de quelques heures ou de quelques jours.

La variation de la nature lithologique de l'aquifère d'une zone à l'autre (dolomie du Turonien, calcaire du Sénonien et sable mio-pliocène) est à l'origine des variations observées dans les valeurs de la transmissivité obtenues à partir des essais hydrodynamiques. La variation de la perméabilité (perméabilité primaire et perméabilité secondaire) au sein de ces formations, ajoutée au captage imparfait et à la courte durée du pompage lors des essais de réception, fait que les valeurs obtenues ne sont en fait que des ordres de grandeur. Il n'a pas été jugé utile de procéder à des interpolations spatiales entre les données. Celles ci ont été simplement rassemblées en groupes correspondant à des fourchettes de transmissivités à l'intérieur d'un même ordre de grandeur. Ces groupes sont représentés sur la carte de la figure 28.

- **Algérie**

- *Région du Souf*

Les valeurs de transmissivité obtenues à partir de pompages d'essais ne correspondaient, en général, qu'à une partie de l'aquifère. Elles sont de l'ordre de 5 à $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

- *Bordure sud-atlasique*

Des essais de pompage ont été réalisés dans la région de Biskra (nappe de Tolga) sur des forages captant les niveaux aquifères du Complexe terminal localisés dans les sables mio-pliocènes et dans les calcaires éocènes ou sénoniens. Ils donnent (SCET, 1972) des valeurs de transmissivités qui s'échelonnent en deux plages :

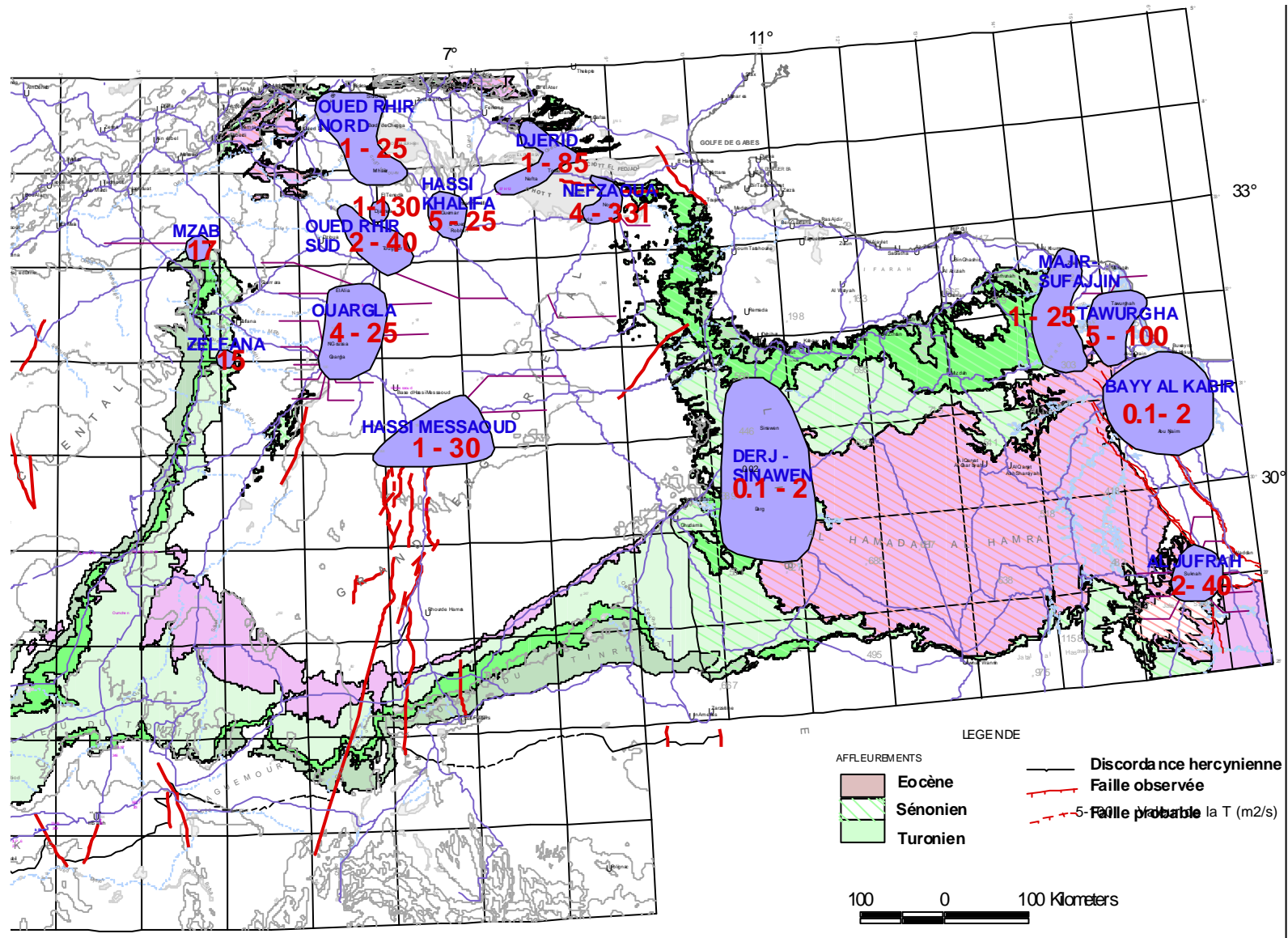
- 1 à $10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (nappes des sables),
- 10 à $50 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ (nappes des calcaires)

D'autres essais réalisés sur les forages de Oued Rhir-Nord, ont donné des valeurs de transmissivité qui s'échelonnent entre 1 et $25 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Les plus fortes valeurs de transmissivité sont obtenues dans la régions de Oued Rhir-Sud où les forages captent préférentiellement, les niveaux sableux. Elles varient entre 1 et $130 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les valeurs de transmissivités déduites des essais de pompage sur des forages et regroupées par zones (**Figure n°28**) sont à prendre comme ordre de grandeur et ce, pour plusieurs raisons dont principalement :

- ✓ les essais ont été réalisés et interprétés par des équipes qui ne sont pas les mêmes à des époques différentes,
- ✓ la quasi totalité de ces forages sont des puits imparfaits à captage partiel dans des formations lithologiques variées (sables ou calcaires),
- ✓ la durée des essais est souvent de quelques heures ne permettant pas la stabilisation du régime et son extension à l'ensemble de la nappe, Dans de telles conditions, il est illusoire de vouloir en déduire une carte d'iso-transmissivités.

Figure 28 - Carte des transmissivités du Complexe terminal



Les valeurs de transmissivité déduites de ces essais ne permettent pas de distinguer une variation spécifique à la nature lithologique de la formation aquifère (sables ou calcaires); l'épaisseur de la formation captée semble jouer un rôle plus important.

L'étude ERESS confrontée aux manques de valeurs de transmissivités déduites des essais de pompage en Algérie, a adopté des ordres de grandeurs (Franlab, 1972). Les nouveaux forages créés dans cette zone n'ont pas fait l'objet d'essais permettant d'en déduire les caractéristiques hydrodynamiques. A la lumière des valeurs existantes, les ordres de grandeurs adoptés sont les suivants:

- Région de Souf : $5 \text{ à } 25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
- Bordure sud-atlasique (Oued Rhir-Nord) : $1 \text{ à } 25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,
- Oued Rhir-Sud : $1 \text{ à } 130 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,
- Ouargla : $4 \text{ à } 25 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,
- Hassi Messaoud : $1 \text{ à } 30 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,
- Grand Erg Oriental : $100 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,
- El Borma: $40 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Faute de nouvelles données plus précises, ces valeurs ont été prises en considérations dans le calage du modèle du SASS.

• Tunisie

En Tunisie, la plupart des forages créés après 1970, ont fait l'objet d'essai de réception ayant permis d'évaluer la transmissivité et, dans certains cas, le coefficient d'emmagasinement. Il y a lieu de distinguer deux grandes zones :

- **la Nefzaoua** où la formation aquifère est dolomitique (dolomie du Turonien dans la Presqu'île de Kébili) ou calcaire (calcaires du Sénonien supérieur dans le reste de la Nefzaoua à l'exception de la région de Redjem Maatoug située au SW du Chott Djérid). Dans cette région l'artésianisme était prépondérant jusqu'au début des années 80. Les forages ne captent la plupart du temps que la partie supérieure de la formation aquifère qui est souvent à forte fissuration. Les transmissivités obtenues ont été réparties en deux principales plages qui sont :
 - **la Presqu'île de Kébili** où la formation aquifère est constituée par les dolomies du Turonien. $T = 150 \text{ à } 300 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Ces dolomies sont bien fissurées avec une perméabilité en grand bien développée sur le bord méridional de la Chaîne de Tébaga.
 - **la Nefzaoua proprement dite** où la formation aquifère est constituée par les calcaires sénoniens. $T = 50\text{-}150 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Les calcaires sénoniens sont mieux fissurés et plus perméables le long du tracé des accidents tectoniques et dans les zones où le toit semi-perméable est peu épais.
 - **le piémont occidental du Dahar** où la nappe est logée dans les calcaires du Sénonien avec une surface piézométrique libre ou faiblement en charge. $T = 20.10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.
- **Le Djérid et Redjem Maatoug** où la formation aquifère est constituée par les sables miocènes et pliocènes. $T = 1\text{-}100. 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Sous les Chotts Djérid et El Gharsa, l'écoulement souterrain de l'eau du Complexe terminal s'effectue à travers la couverture mio-plio-quaternaire semi-perméable, $T=50$ à $70 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

- **Libye**

En Libye, les nappes du Complexe terminal prises en compte dans le cadre de l'étude ne concernent que les nappes du Crétacé supérieur (Nalut et Mizdah). Les transmissivités, déterminées à partir d'essais réalisés soit sur des forages équipés soit sur des portions de forages en utilisant un packer, sont généralement faibles et inférieures à $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Les seules exceptions concernent :

- la zona de Al Jufrah sur le côté occidental du graben où les calcaires fortement fracturés de l'aquifère crétacé supérieur présentent une transmissivité supérieure à $5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
- la zone de Tawurgha où les aquifères crétacés, pratiquement en communication dans toute la zone, présentent une transmissivité variant de 1 à $4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$;
- au nord de Wadi Zamzam, à proximité de la faille orientale du graben où des transmissivités de l'ordre de 1 à $5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ont été observées au cours d'essais de pompage ;
- dans le bassin aval de Wadi Sufajjin (w. Maymun, w. Mardum, w. Sufajjin) où la transmissivité de l'aquifère céno-mano-turonien atteint $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

- *Le Continental intercalaire*

Les forages captant le Continental intercalaire ne pénètrent que partiellement le réservoir dont l'épaisseur dépasse parfois 500m. En conséquence, les valeurs de la transmissivité déduites des essais hydrodynamiques varient en fonction de l'épaisseur de la formation captée et sont rarement représentatives de la transmissivité totale du réservoir. Au cours de l'étude ERESS, les diagraphies des forages pétroliers ont été analysées et ont permis d'extrapoler les valeurs de transmissivité déduites des essais à l'ensemble du réservoir.

- **Algérie**

La nappe du Continental intercalaire couvre les deux grands bassins sahariens: le bassin occidental en nappe libre et le Bas Sahara où la nappe est captive. Il n'a pas été jugé utile de procéder à des interpolations spatiales entre les données. Celles ci ont été simplement rassemblées en groupes correspondant à des intervalles de transmissivités à l'intérieur d'un même ordre de grandeur. Ces groupes sont représentés sur la carte de la figure 29.

- **Bassin du Grand Erg Occidental** : dans cette région les valeurs de transmissivité déterminées par pompages d'essai sur les forages sont généralement comprises entre 10 et $30 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Quelques valeurs plus faibles ont cependant été enregistrées en bordure sud du bassin (Tidikelt) ;
- **Bas Sahara et bassin du Grand Erg Oriental** : dans cette région également, les transmissivités sont généralement comprises entre 10 et $40 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Les plus fortes valeurs se situent dans la partie occidentale du bassin (El Goléa-Zelfana) où les formations aquifères sont plus épaisses et plus perméables. Des valeurs plus faibles et inférieures à $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ont été enregistrées dans la partie centrale (Ouargla-Hassi Messaoud) et méridionale (Tinrherth) du bassin.

- **Tunisie**

Les valeurs de la transmissivité déduites des essais hydrodynamiques sur les forages captant la nappe du Continental intercalaire sont reproduites par groupe sur la carte de la figure 20. Dans l'ensemble, les transmissivités déduites des essais varient entre 10 et $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Les plus fortes valeurs sont observées dans la Nefzaoua, le Chott Fedjej et dans l'extrême Sud. Les sables captés dans le Djérid sont plus fins et moins perméables. Ils font partie d'un système relativement isolé par rapport aux autres couches aquifères du Continental intercalaire. Les transmissivités enregistrées dans le Djérid sont en conséquence moins fortes.

- **Libye**

L'examen de la carte de la figure 26 montre une relative homogénéité des valeurs de transmissivité dont la majeure partie est comprise entre 10 et $30 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Quelques valeurs plus fortes, jusqu'à $100 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ont été observées dans les zones de Derj-Ghadamès et Al Jufrah. Dans la zone de Al Jufrah, à l'ouest du graben de Hun, ainsi que dans la zone de wadi Zmam et wadi Ninah, les forages profonds captent en fait les nappes du Continental intercalaire très peu épaisses dans la zone, mais associées à la nappe du Cambro-Ordovicien. Des valeurs plus faibles et inférieures à $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ sont enregistrées dans le Nord-Est où les formations détritiques du Crétacé inférieur-Jurassique supérieur font place à des formations marines moins perméables.

4.1.4.2. Coefficient d'emmagasinement

- ***Le Complexe terminal***

- **Algérie**

En Algérie, les coefficients d'emmagasinement ont rarement été déterminés à partir d'essais de débit. Les indications reportées ci-après proviennent d'estimations de l'ERESS suivant une méthodologie différente selon qu'il s'agissait de nappes libres ou de nappes captives.

Dans les zones à nappe libre, la nature lithologique du réservoir aquifère a conduit lors des études précédentes, à distinguer deux cas :

- les roches à porosité intergranulaire pour lesquelles une valeur moyenne de 150.10^{-3} a été adoptée,
- les roches fissurées pour lesquelles une valeur légèrement plus faible a été adoptée : $100-150.10^{-3}$.

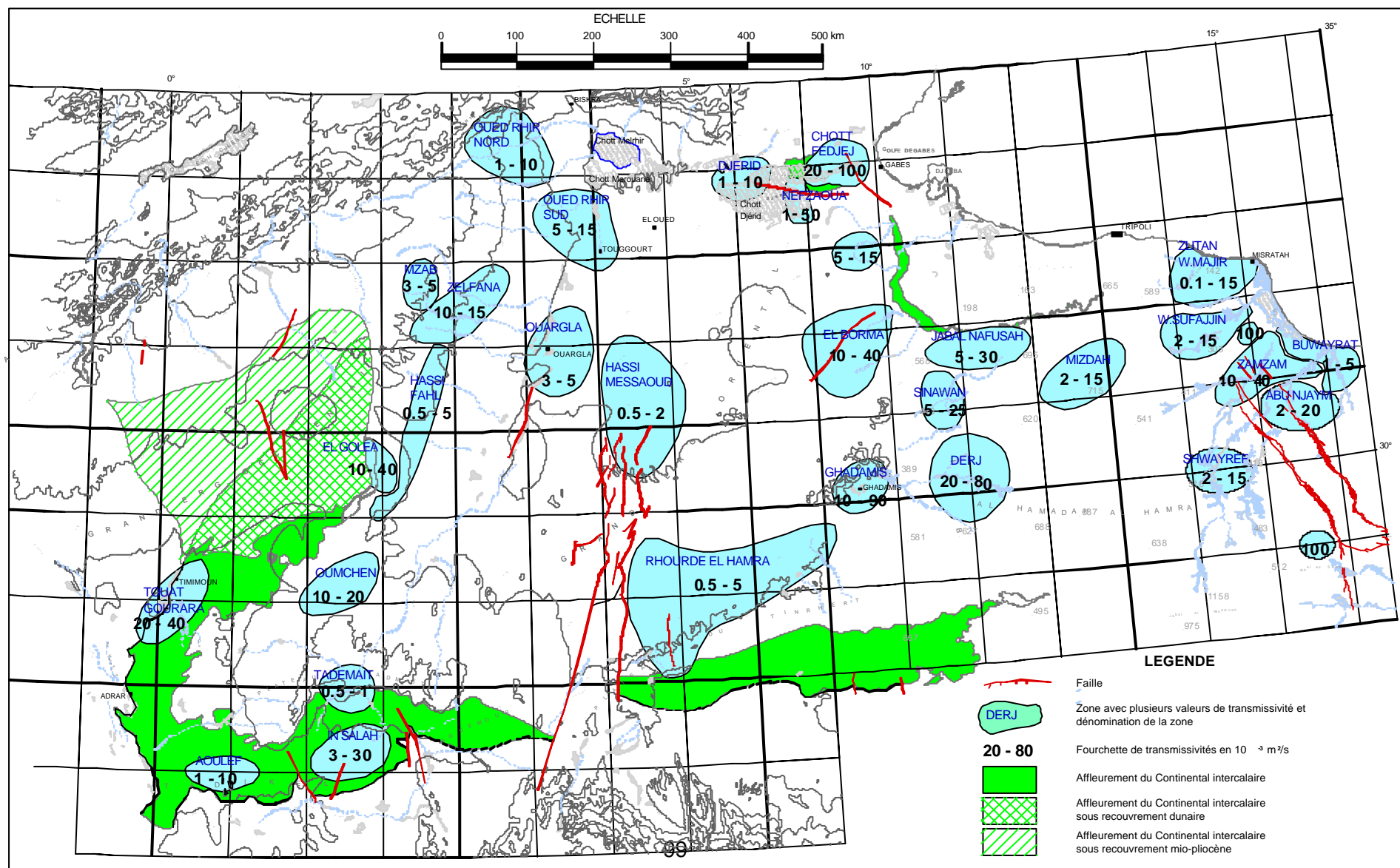
Avec cette schématisation, il a été possible d'assurer le calage des différents modèles et leur bonne représentativité lors de la simulation du régime transitoire. Faute de nouvelles données, une procédure similaire a été adoptée pour la schématisation de la transmissivité dans cette partie du bassin.

Dans les zones à nappe en charge, l'estimation des valeurs du coefficient d'emmagasinement a été faite sur un certain nombre de forages par l'ERESS, sur la base de l'analyse de leurs coupes lithologiques. Les résultats obtenus sont reportés sur le tableau suivant.

**Tableau 7 - Coefficients d'emmagasinement du CT
estimés à partir de la lithologie
des forages (Algérie)**

Région	Forage	Coefficient d'emmagasinement. (10 ⁻³)	Région	Forage	Coefficient d'emmagasinement. (10 ⁻³)
El Hadjira	R11 J 10	5.4	Touggourt	439 I 11	11.1
	9 I 10	11.4		474 I 11	8.4
	11 I 10	10.4		275 J 11	10.6
	7 I 10	11.6	Djemaa	439 J 11	4.4
	407 I 11	11.3		484 H 11	5.4
	449 I 11	12.4		502 H 11	5.4
				402 H 11	5.0

Figure 29 - Carte des transmissivités du Continental intercalaire



- **Tunisie**

La configuration de la nappe du Complexe terminal dans le Sud tunisien montre qu'elle est :

- libre près des affleurements turono-sénoniens du Dahar et à réservoir aquifère sableux du Draa Djérid. Ces zones constituent également les aires de recharge de la nappe,
- captive ou semi-captive sous la Nefzaoua et les dunes du Grand Erg oriental et sous les Chotts Djérid et El Gharsa.

Les essais de pompage, ayant permis d'évaluer la valeur du coefficient d'emmagasinement de cette nappe, ont été réalisés sur des ouvrages localisés en zone captive. Ainsi, les valeurs déterminées par essais ne concernent pas la partie libre de la nappe.

Zones à nappe captive ou semi-captive

Par suite du nombre limité de piézomètres pouvant être utilisés pour le suivi de l'essai dans cette région, le nombre d'essais ayant permis de déterminer la valeur du coefficient d'emmagasinement est également limité.

Pour les calcaires de la Nefzaoua, les deux valeurs extrêmes du coefficient d'emmagasinement déduites des essais de pompage sont :

- forage Oum Soumaa n°1 (NIRH : 9347/5) : coefficient d'emmagasinement = 1.3×10^{-5} ,
- forage Rahmat 2 (NIRH : 9692/5) : coefficient d'emmagasinement = 7.6×10^{-5} .

L'estimation du coefficient d'emmagasinement à partir de l'épaisseur de l'aquifère et d'une certaine porosité de la formation a permis d'estimer, pour les forages de la Nefzaoua, des valeurs de coefficient d'emmagasinement variant de 1.7 à 6.8×10^{-5} .

L'ERESS a adopté pour la zone en charge, des valeurs du coefficient d'emmagasinement comprise entre 1 et 26×10^{-4} .

Les forages qui captent les sables (Djérid et Redjem Maatoug) ont fourni des valeurs du coefficient d'emmagasinement variant entre 1 et 20×10^{-4} .

Zones à nappe libre

Dans la partie libre de la nappe du Complexe terminal, la porosité de l'aquifère a été déterminée par la formule d'Archie appliquée à un milieu poreux saturé d'eau

$$F = R_t/R_w = 1/F^m$$

Où F est le facteur de formation,
 R_t est la résistivité de la formation saturée déterminée à partir des diagraphies
 R_w est la résistivité de l'eau
 F est la porosité
 m est le facteur de cimentation variant généralement entre 1.2 et 1.8

Quelques valeurs de la porosité effective (P) ont été obtenues par cette méthode pour des forages du Complexe terminal du Djérid :

Tableau 8 - Valeurs de la porosité effective dans des forages du Djèrid

Forage	N°IRH	F	m	P(%)	m	P(%)	m	P(%)
Seddada	10197	4.85	1.2	30	1.5	35	1.7	38
Dégache Nord 1	10453	4.1	1.2	34	1.5	39	1.7	41
Zaouiet el Arab	9455	4.3	1.2	38	1.5	38	1.7	42
Ain Torba 1	8981	7.25	1.2	22	1.5	26	1.7	30
Nefta 1	8262	4.0	1.2	34	1.5	40	1.7	44
Tozeur gare 2	8405	5.85	1.2	26	1.5	31	1.7	34

- **Libye**

Aucune valeur fiable du coefficient d'emmagasinement des aquifères crétacé supérieur n'est disponible en Libye.

- **Le Continental intercalaire**

- **Algérie**

Dans les zones à nappe libre, l'estimation de la porosité, à partir de l'analyse des diagraphies, donne des valeurs qui oscillent entre 16.8×10^{-2} (Forage Af1) et 18×10^{-2} (Forage AH 1)

L'ERESS a adopté partout une valeur de la porosité efficace de 20%.

Dans les zones à nappe en charge, la valeur du coefficient d'emmagasinement (CE) a été estimée sur la base de la porosité volumique, de l'épaisseur totale de la couche aquifère et de la densité de l'eau. Elle est donnée par la formule empirique :

$$CE = 10^{-3} \cdot Hu \times F \times \beta$$

Avec :

Hu : Epaisseur totale utile de l'aquifère participant à l'écoulement en cm

F :porosité volumique

β : Coefficient dépendant de la profondeur et déterminé empiriquement à partir des diagraphies et variant entre 5 et 100×10^{-5} .

Les valeurs du coefficient d'emmagasinement obtenues varient entre 4×10^{-4} (Forage Aa N1) et 30.3×10^{-4} (Forage Bel 1)

Faute de nouvelles valeurs dans cette partie du bassin, ces ordres de grandeur qui se sont avérés adéquats pour le calage du modèle, sont à retenir.

- **Tunisie**

De nouvelles estimations du coefficient d'emmagasinement ont été effectuées dans la partie captive de la nappe du CI en Tunisie en se référant à la hauteur utile de la couche aquifère et de la porosité volumique de la formation, conformément à la formule empirique adoptée dans l'interprétation des essais de pompage.

Les valeurs ainsi déterminées se répartissent comme suit:

Chott Fedjej : CE= 20 à 45×10^{-5}

Djérid : CE= 1 à 10×10^{-5}

Nefzaoua : CE= 10 à 55×10^{-5}

Extrême-sud : CE= 1 à 10×10^{-5}

- **Libye**

Une seule valeur du coefficient d'emmagasinement a été déterminée à partir d'un essai sur le forage ZZ4 à Wadi Zamzam en utilisant les forages voisins comme piézomètres. La valeur trouvée est égale à 2×10^{-4} .

4.2 - Les prélèvements et leurs influences

4.2.1. Les prélèvements

4.2.1.1. Problèmes liés au recueil des données sur les prélèvements

Les prélèvements sur les nappes constituent un élément important de gestion des ressources et également un paramètre indispensable au calage des modèles. Malheureusement le recueil d'information sur ces prélèvements pose des problèmes en raison :

- **du nombre parfois considérable d'ouvrages** rendant toute opération de suivi coûteuse du fait des moyens qui doivent être mis en œuvre ;
- **de la difficulté de mesure** particulièrement sur les forages jaillissants présentant une eau à haute température ou des obstacles au suivi systématique des prélèvements. Dans le cas des foggaras, la mesure du débit à la sortie de la galerie drainante est souvent difficile à réaliser à cause du système traditionnel de distribution de l'eau. Mesurer le débit à une certaine distance en aval peut être à l'origine de sa sous-estimation à cause des pertes latérales ou par infiltration. Dans le cas des forages pompés, la mesure du débit doit être accompagnée d'une estimation des temps de pompage journalier et saisonnier qui est souvent une source d'erreur, parfois plus importante que celle faite sur une simple estimation du débit.

Ces problèmes se traduisent dans le suivi des prélèvements effectuées sur les nappes sahariennes par des lacunes de mesures dont la reconstitution est parfois difficile. De ce fait, on se trouve contraint à adopter des méthodes d'évaluation de ces prélèvements en ayant recours à des hypothèses sur la baisse de l'artésianisme et la durée du pompage.

4.2.1.2. Méthodes d'estimation des prélèvements par forage et foggaras en Algérie, en Tunisie et en Libye – Fiabilité des données

L'estimation des prélèvements sur les ressources en eau des nappes sahariennes s'effectuent différemment dans les trois pays du Sahara septentrional. Cette situation résulte de l'organisation structurelle des administrations chargées du suivi de l'état des nappes et des moyens dont elles disposent.

- **Méthode du suivi annuel (Tunisie)**

En Tunisie, le suivi de l'exploitation des nappes profondes du pays est assuré par les structures régionales (Arrondissement des Ressources en Eau). Les mesures effectuées font l'objet d'une publication annuelle (Annuaire d'exploitation des nappes profondes) qui reproduit la synthèse suivant le découpage administratif de l'exploitation de toutes les nappes profondes. Les deux principales nappes du Continental intercalaire et du Complexe terminal sont suivies dans les gouvernorats de Gabès, Kébili, Tozeur et Tataouine.

Ainsi, les valeurs des prélèvements avancées dans l'annuaire d'exploitation des nappes profondes de Tunisie constituent une source d'information analysées et critiquées et ne demandent qu'un traitement élémentaire pour leur intégration dans l'évaluation globale.

• *Méthode des inventaires (Algérie)*

En Algérie, le suivi de l'exploitation des nappes sahariennes est assuré lors des campagnes d'inventaire de l'ensemble des points d'eau. Ces opérations tributaires des moyens mis à la disposition des équipes de terrain, s'échelonnent dans le temps d'une zone à l'autre. Le tableau 8 traduit les différents inventaires réalisés au cours des années 90 :

Tableau 9 - Inventaires des points d'eau exploitant les nappes du CI et du CT en Algérie (inventaires réalisés de 1991 à 2001)

Wilaya ou Commune	Année d'inventaire	Nombre de forages au CI	Nombre de forages au CT
Adrar	1996	393	1
Ghardaïa	1994	103	0
El Oued	1991	5	222
Oued Rhir & Souf	1997	0	113
Ouargla	1991	56	916
Ouargla-Hassi Messaoud-Gassi Touil	1997	57	406
Biskra	1994	19	0
Toggourt- In Salah	1997	10	475
Illizi (enquête DHW)	1997	58	0
Total		701	2133

La dernière campagne d'inventaire, menée en 1997-99 dans la région, a permis de dénombrier 2834 forages exploités dont plus de la moitié ont été réalisés après 1980.

• *Méthodes de l'estimation des usages (Libye)*

En Libye, seuls les forages alimentant les conduites de la Grande Rivière sont équipés de compteurs et sont régulièrement suivis. Les nombreux forages réalisés dans la partie orientale du bassin saharien pour l'AEP et principalement pour l'irrigation ne font pas l'objet d'un suivi des prélèvements. Ce n'est qu'à l'occasion de grandes études de synthèse qu'un inventaire exhaustif est accompli, permettant d'estimer avec une approximation raisonnable les débits prélevés. Les études réalisées par GEFLI dans les années 70 (GEFLI, 1976, GEFLI, 1978) constituent en fait les seuls points de repère sérieux pour l'établissement de l'historique des prélèvements. Malheureusement, ces études se placent à une époque correspondant au tout début de l'exploitation des nappes profondes et bien avant le démarrage de l'irrigation privée qui n'a véritablement commencé dans le bassin saharien que dans les années 90.

Les estimations fournies dans le présent rapport résultent de la combinaison d'informations et de données d'origines diverses et en particulier :

- inventaires fragmentaires des techniciens du GWA malheureusement sans mesures directes de débit,
- superficie irriguée et estimation des besoins en eau selon les cultures,

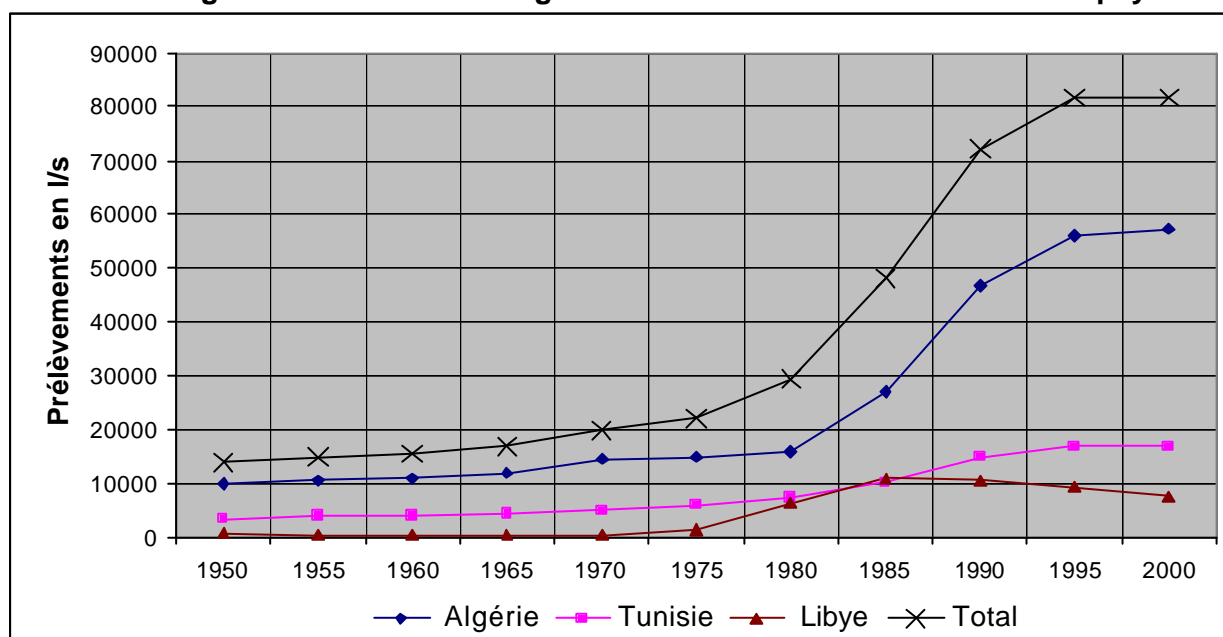
- nombre de contrats de fourniture d'électricité et enquêtes rapides pour évaluer la superficie moyenne des fermes et le type d'assolement pratiqué.

Les incertitudes qui pèsent sur chacun des paramètres utilisés pour établir les historiques de prélèvement expliquent les changements apportés aux estimations successives, en fonction des nouvelles informations acquises.

4.2.1.3. Prélèvements par aquifère et par pays

Depuis 1950, l'exploitation des deux nappes du Système Aquifère du Sahara Septentrional (CI et CT) n'a cessé d'augmenter. Les prélèvements globaux sortants du système (y compris le débit des sources) qui étaient de l'ordre de 14 m³/s en 1950, atteignaient 20 m³/s en 1970, 29 m³/s en 1980 et 82 m³/s en l'an 2000. Cette situation dénote une tendance, dans les trois pays, vers l'intensification de la mobilisation des ressources en eau de ces aquifères et ce, à travers l'augmentation des ouvrages d'exploitation (particulièrement les forages) ainsi que le recours de plus en plus net vers le pompage dans les zones où l'artésianisme s'est affaibli (Tunisie et Algérie). Cette évolution est illustrée par la figure 30. La baisse du débit des sources est indicateur de l'effet d'intensification des prélèvements par forages.

Figure 30 - Prélèvements globaux sur le CI et le CT dans les trois pays



En réalité, cette situation globale cache beaucoup de nuances à l'échelle de chacune de ces deux nappes et des zones où leurs ressources en eau sont mobilisées.

• **Exploitation du Complexe terminal par pays**

La nappe du Complexe terminal est largement exploitée en Tunisie et en Algérie dans la région du Bas-Sahara ou région des Chotts. En Libye, l'exploitation du Complexe terminal est limitée à la partie nord orientale du bassin. L'exploitation globale de cette nappe est en l'an 2000, de l'ordre de 50.3 m³/s. La prépondérance de l'exploitation de cette nappe en Algérie et en Tunisie s'explique par le fait qu'elle est accessible à des profondeurs souvent inférieures à 500 m et avec des conditions de mobilisation facilement maîtrisables (faibles artésianisme et température de l'eau). Des informations détaillées sur les prélèvements sont fournies en Annexe 4 pour l'Algérie et la Tunisie et en Annexe 5 pour la Libye.

- **En Algérie**, l'exploitation de la nappe du Complexe terminal est en l'an 2000, de l'ordre de 26.5 m³/s. Elle a ainsi accusé une nette évolution depuis 1950 quand cette exploitation n'était que de 5.77 m³/s. Cette évolution s'est nettement accélérée au début des années 80. En effet, les prélèvements sont restés inférieurs à 12.6 m³/s jusqu'en 1970 pour passer à 23.3 m³/s en 1980 et atteindre 44.0 m³/s en 1990. L'exploitation de la nappe du Complexe terminal se fait en Algérie essentiellement par pompage (24.6 m³/s équivalent à 93% de son exploitation globale en Algérie). L'exploitation par artésianisme a toujours été relativement faible. Elle ne dépasse pas actuellement 1.8 m³/s. Cette nappe est principalement exploitée dans les régions d'El Oued, Ouargla, Biskra et accessoirement dans les wilayas de Khenchela et Tébessa.

Tableau 10 - Historique des prélèvements sur le Complexe terminal en Algérie par Wilaya (l/s)

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Total Forages pompés Biskra	112	170	293	238	388	262	305	802	2266	3260	4114
Total Forages artésiens Biskra	7	26	25	27	27	22	30	0	0	0	0
<i>Total Fp + Fa Biskra</i>	<i>119</i>	<i>196</i>	<i>318</i>	<i>265</i>	<i>415</i>	<i>284</i>	<i>335</i>	<i>802</i>	<i>2266</i>	<i>3260</i>	<i>4114</i>
Total Forages pompés El Oued	3011	2917	2941	3238	4195	3730	3698	3022	4670	6735	7652
Total Forages artésiens El Oued	0	104	93	91	85	389	362	1509	1736	1725	1719
<i>Total Fp + Fa El Oued</i>	<i>3011</i>	<i>3021</i>	<i>3034</i>	<i>3329</i>	<i>4280</i>	<i>4119</i>	<i>4061</i>	<i>4531</i>	<i>6406</i>	<i>8460</i>	<i>9372</i>
Total Forages pompés Khenchela	0	0	0	0	0	0	0	124	284	304	301
Total Forages pompés Ouargla	2640	2902	2982	3109	3510	3201	3666	6884	12199	13716	12342
Total Forages artésiens Ouargla	0	0	0	0	0	172	189	46	87	89	89
<i>Total Fp + Fa Ouargla</i>	<i>2640</i>	<i>2902</i>	<i>2982</i>	<i>3109</i>	<i>3510</i>	<i>3373</i>	<i>3855</i>	<i>6929</i>	<i>12286</i>	<i>13805</i>	<i>12432</i>
Total Forages pompés Tébessa	0	0	0	0	0	0	0	162	256	256	229
Total CT Algérie	5770	6119	6334	6703	8205	7776	8251	12549	21498	26085	26447

- **En Tunisie**, l'exploitation de la nappe du Complexe terminal se fait principalement dans les régions du Djérid et de Kébili (99%) et accessoirement dans celles de Gafsa et Tataouine. Cette exploitation qui a commencé par sources a connu depuis le début du 20^e siècle (1907 pour Kébili et 1911 Djérid), la création de forages jaillissants qui ont largement contribué à accroître les volumes exploités et à permettre la création de nouvelles zones irriguées. La multiplication du nombre de forages a vite influencé l'artésianisme et, le débit des sources et à partir des années 60, le recours au pompage est devenu prépondérant. En l'an 2000, l'essentiel de cette exploitation provient du débit des forages suite au tarissement des sources de Kébili et de Tozeur.

Tableau 11 - Exploitation du Complexe terminal en Tunisie (forages et sources) en l/s

Wilaya	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Forages Gafsa	0	0	0	0	0	0	0	65	151	55	88
Forages Kébili	960	1369	1599	1551	1785	2523	3506	5093	7616	10436	10100
Forages Tataouine	0	0	0	0	0	0	0	4	48	48	48
Forages Tozeur	322	555	495	560	858	1820	2549	3534	5052	4134	4191
Total prélèvements CT Tunisie par forages	1281	1924	2094	2112	2642	4343	6055	8696	12867	14673	14426
Sources Kébili	468	454	444	430	412	202	106	12	9	7	6
Sources Tozeur	1620	1380	1310	1200	1150	914	574	238	0	0	0
Total exploitation CT Tunisie	3369	3758	3848	3742	4204	5459	6735	8946	12876	14679	14432

- **En Libye**, l'exploitation de la nappe du Complexe terminal, limité au Crétacé supérieur, se fait principalement dans la zone côtière dans les anciens projets agricoles de Dafnyah, Tumina et Kararim et dans la zone de Al Jufrah pour les projets agricoles de Ferjan et Hammam. Depuis quelques années, des forages captant l'aquifère Mizdah se

sont multipliés dans les vallées du bassin du Wadi Sufajjin. Le tableau 12 montre l'évolution des prélèvements depuis 1950. Des détails sur les zones d'exploitation et les quantités prélevées sont fournis en Annexe 5.

Les débits des deux sources importantes du bassin saharien libyen tirant leur origine des aquifères du Crétacé supérieur sont reportées également dans le tableau 12 ; le total indiqué sur la dernière ligne représentant la somme des prélèvements par forages et des débits de source. Pour la source Tawurgha, seul le débit qui est supposé provenir du Crétacé supérieur a été reporté.

**Tableau 12 – Exploitation du Crétacé supérieur
(Mizdah-Nalut) en Libye en l/s**

Zone de prélèvement	Prélèvement en l/s										
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Zone cotière (Al Khums-Tawurgha)	736	463	438	346	165	295	1315	1620	1525	1398	1287
Bassin Sufajjin	0	0	0	0	0	32	32	63	159	317	476
Al Jufrah	0	0	0	0	190	412	2854	3520	3615	3076	2329
Ghadamis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total forages Crétacé sup	736	463	438	346	355	739	4201	5204	5299	4791	4092
Source Wadi Kaam	519	499	488	469	447	444	381	127	63	0	0
Source Tawurgha	729	729	729	729	729	698	698	634	634	602	571
Total exploitation Crétacé supérieur en Libye	1984	1691	1655	1544	1531	1881	5280	5965	5996	5393	4663

• **Exploitation du Continental intercalaire par pays**

La nappe du Continental intercalaire est principalement exploitée en Algérie où les prélèvements sur ses ressources atteignent, en l'an 2000, l'équivalent de 29,8 m³/s ce qui représente 83,5 % de l'ensemble de son exploitation dans le bassin saharien. En Libye, l'exploitation de cette nappe atteint 3,4 m³/s ce qui équivaut à 9,5 % de son exploitation globale et en Tunisie, elle est de 2,5 m³/s représentant 7% du total.

- **En Algérie**, la nappe du CI traditionnellement exploitée dans les wilayas de d'Adrar, Ghardaïa, El Oued et Ouargla, s'est étendue d'une manière sensible, depuis le début des années 80, aux wilayas de Biskra, Tamanghasset et Illizi. Cette exploitation qui au départ se faisait à partir de Foggaras (Adrar) et forages jaillissants (Ghardaïa, Ouargla et El Oued) s'est largement étendue grâce à la généralisation du pompage. Ainsi, les prélèvements par pompage qui en 1950 étaient de l'ordre de 0.2 m³/s (soit 5% des prélèvements de l'époque), ont atteint, en l'an 2000 la valeur de 21.2 m³/s (soit 71% des prélèvements en l'an 2000). La généralisation du pompage est particulièrement spectaculaire dans la wilaya d'Adrar où les volumes pompés sont passés de 0.5 m³/s, en 1982, à 6.3 m³/s en l'an 2000. Cette situation est largement commandée par la disposition de la nappe à être captée à faible profondeur et avec une piézométrie proche de la surface du sol.

Les foggaras² du Gourara, du Touat et du Tidikelt constituent le principal exutoire artificiel à fonctionnement hydrodynamique naturel de la nappe du Continental intercalaire dans la partie sud-ouest du bassin.. Depuis les années 60, la création de forages pour l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire est de plus en plus importante, sans pour autant marginaliser l'exploitation des foggaras.

² Galeries drainantes creusées par l'homme pour exploiter la nappe dont la surface piézométrique est à faible profondeur.

Trois jaugeages de foggaras réalisés en 1932, 1950 et 1960 ont servi à l'étude ERESS (1972) pour présenter une première évaluation des prélèvements de ces ouvrages et l'historique de ces prélèvements entre 1950 et 1970. Ces trois campagnes de mesures ont montré que si les débits unitaires de chaque foggara variaient, les débits globaux par palmeraie restaient à peu près constants. Le débit global prélevé sur la nappe par foggaras est estimé en 1960, à 3.6m³/s. Ce débit représentait, 51% du débit total prélevé sur la nappe du Continental intercalaire en Algérie et en Tunisie. Le débit de ces foggaras se répartissait, en 1970, en trois grands groupes comme indiqué dans le tableau 12 :

Tableau 13 - Débit des foggaras en 1970 (l/s)

Zone	Gourara	Touat	Tidikelt:	Debit global
Débit en l/s	887	2085	693	3665

L'actualisation de l'étude ERESS, faite en 1981 (RAB80, 1983), a considéré la même situation faute de nouvelles mesures. L'étude de BRL (1998) n'a disposé que d'une partie d'un nouvel inventaire intéressant 318 foggaras sur les mille qui étaient présentes en 1960. Cette étude n'a considéré que les foggaras des régions de Touat et Tidikelt. Sur les 318 foggaras considérées, 36 étaient tarées et 282 foggaras étaient en exploitation avec un débit global de 1037 l/s. Par comparaison avec la situation des mêmes foggaras en 1960, BRL a estimé la baisse de débit à 23% correspondant aux différents débits indiqués dans le tableau 13.

Tableau 14 - Débit des foggaras en 1998 (BRL, 1998)

Zone	Gourara	Touat	Tidikelt:	Debit global
Débit en l/s	707	1088	693	2488

La reprise de l'inventaire exhaustif des foggaras par l'équipe de l'ANRH (DRSO Adrar) en 1999³ a permis d'arrêter leur situation comme indiqué dans le tableau 14 :

Tableau 15 - Situation des foggaras en 1999 selon inventaire ANRH

Région	Foggaras actives	Foggaras tarées	Débit « ancien » (m ³ /s)	Débit actuel (m ³ /s)
Gourara	318	54	0.448	0.766
Touat	448	186	1.586	1.586
Tidikelt	41		0.353	0.345
Total	807	240	2.387	2.697

La baisse du débit entre 1960 et 1999, est de 968 l/s (29% du débit initial).

Dans la wilaya de Ghardaïa où l'artésianisme était, jusqu'au début des années 70, plus important que le pompage, les volumes pompés n'ont cessé de se développer pour dépasser à partir de 1982, les prélèvements artésiens et atteindre en l'an 2000, près de 5.0 m³/s soit 1.7 fois le volume prélevé par artésianisme (2.967m³/s) .

Dans la wilaya de Ouargla la situation est similaire; le pompage s'est manifesté depuis les années 60, mais est devenu, au cours des années 80, de loin plus important que l'artésianisme (3.35 m³/s contre 1.32 m³/s en l'an 2000). Dans cette région, l'exploitation des

³ DRSO-Adrar (1999) : Etude d'approche sur le captage traditionnel (Foggara). Ministère de l'Equipeement et de l'Aménagement du Territoire. ANRH, Dir. Rég. du Sud-ouest-Adrar, Avril 1999, (Document non numéroté, 120p.)

forages pétroliers est un aspect caractéristique qui ne se rencontre pas dans les autres wilayas, mais il reste quantitativement marginal par rapport aux autres usages de l'eau de cette nappe (20 l/s) et n'a pas été comptabilisé dans le tableau 15.

Tableau 16 - Historique de l'exploitation du Continental Intercalaire en Algérie par Wilaya (l/s)

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Forages pompés ADRAR	0	0	0	0	0	1	1	739	5074	6298	6298
Forages artésiens ADRAR	0	0	0	0	0	0	0	0	57	57	57
Foggaras ADRAR	3665	3665	3665	3665	3665	3507	3340	3175	3010	2840	2697
Total ADRAR (Fp+Fa+Fogg)	3665	3665	3665	3665	3665	3508	3341	3914	8141	9195	9052
Total Biskra (Fp)	0	0	100	100	100	181	464	1192	1628	1628	1628
Forages pompés El Oued	174	139	216	240	442	547	490	340	760	760	760
Forages artésiens El Oued	0	0	0	0	0	200	200	630	1510	1510	1510
Total El Oued (Fp+Fa)	174	139	216	240	442	747	690	970	2270	2270	2270
forages pompés Ghardaia	24	197	283	368	364	593	625	1667	2632	3926	5005
forages artésiens Ghardaia	130	404	454	503	458	463	545	1084	1926	2324	2967
Total Ghardaia (Fp + Fa)	154	601	555	872	821	1056	1170	2751	4558	6249	7972
Total Illizi (Fp)	0	0	0	0	0	0	0	510	720	1155	1020
Forages pompés Ouargla	0	0	10	395	986	1158	1173	2543	3270	3562	3353
Forages artésiens Ouargla	0	0	0	0	117	442	554	953	1340	1316	1316
Total Ouargla (Fp + Fa)	0	0	10	395	1103	1600	1727	3496	4610	4878	4669
Total Tamanghasset (Fp)	0	0	0	0	0	4	2	1057	2676	3289	3169
Total CI Algérie	3993	4405	4546	5272	6171	7119	7474	13889	24603	28663	29780

Dans la wilaya d'El Oued où la nappe du CI est relativement profonde et sous forte pression, son exploitation par artésianisme est de règle, mais le pompage ne cesse de se développer depuis les années 70. Il a atteint en l'an 2000, l'équivalent de 0.76 m³/s. L'exploitation par artésianisme est davantage développée dans cette zone (1.51 m³/s).

- **En Tunisie**, l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire se faisait jusqu'au début des années 80, à Chott Fedjej et dans l'extrême Sud. La création de forages profonds dans le Djérid et la Nefzaoua a contribué à étendre son exploitation à ces régions. L'exploitation par forages qui était de 52 l/s en 1950, est passée à 865 l/s en 1970 pour augmenter sensiblement par la suite et atteindre 2.54 m³/s en l'an 2000. Cet accroissement s'est fait progressivement dans les différentes régions et particulièrement à Kébili (0.8 m³/s) et à Chott Fedjej (0.97 m³/s) où cette nappe est exploitée pour son fort artésianisme. Les forages du Djérid, créés au début des années 80, sont exploités depuis à un débit proche de 0.25 m³/s. Ceux de Tozeur et de Nefta ont accusé une baisse sensible de leur artésianisme au point que deux forages à Tozeur sont actuellement exploités par pompage. Ces forages, comme les sources du Chott Fedjej, sont rattachés à l'aquifère des Grès supérieurs dont les réserves aquifères sont limitées ; ils affichent une diminution sensible de la pression du jaillissement.

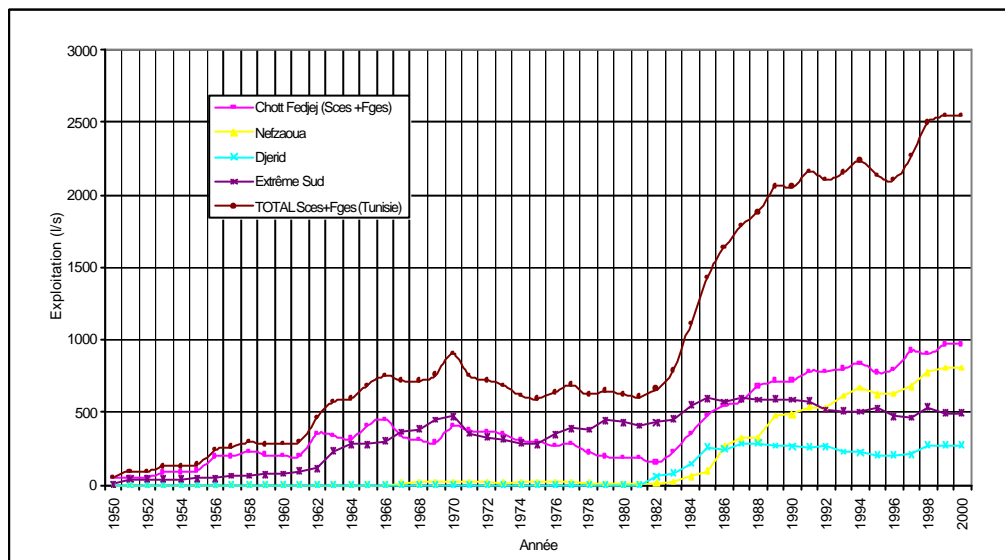
Dans l'extrême-sud tunisien, l'exploitation du CI se faisait jusqu'au début des années 80, principalement sur le versant ouest du Dahar et dans le Grand Erg Oriental. C'est principalement au niveau du champ d'El Borma qu'est prélevé l'essentiel de cette

exploitation (0.3 m³/s en moyenne). La figure 31 montre l'évolution des prélèvements sur la nappe du Continental intercalaire en Tunisie de 1950 à 2000.

Tableau 17 - Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Tunisie en l/s (1950 - 2000)

PAYS	DATE	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
TUNISIE	Forages Chott Fedjeje	0	52	160	365	371.5	271	169	459.4	703.9	763.3	954.6
	Sources Chott Fedjeje	51	48.5	44	43	37.5	28	20	18.1	16.3	11.8	15.4
	Chott Fedjeje (sources + Forages)	51	100.5	204	408	409	299	189	477.5	720.2	775.1	970
	Nefzaoua	0	0	0	0	20	18	5	94.6	485.7	626.1	805.5
	Djerid	0	0	0	0	0	0	0	262.7	265.3	206.8	275.1
	Extrême sud	2	44	48	248.9	443.6	277.6	431.6	596.7	586.6	528.7	496.4
	TOTAL Fges (Tunisie)	2	96	238	643.9	865.1	566.6	605.6	1413.4	2041.4	2124.9	2533.1
	TOTAL sources+Forages	53	144.5	282	686.9	902.6	594.6	625.6	1431.5	2057.8	2136.7	2548.5

Figure 31 - Exploitation du Continental intercalaire en Tunisie par forages et par sources en l/s



- **En Libye**, la nappe du Continental intercalaire est exploitée dans la zone de Tawurgha, dans les vallées du wadi Sufajjin, dans les vallées en provenance du flanc oriental de la Hamada al Hamra et à Al Jufrah.
 - Dans les années 80, neuf forages artésiens, captant la nappe du Kiklah et du Cambro-Ordovicien, ont été réalisés à proximité de la **source de Tawurgha**. **Huit forages parmi ces neuf** sont utilisés pour alimenter la ville de Misratah. Cependant, depuis 1998, la plus grande partie de l'AEP de Misratah est fournie par la Grande Rivière Artificielle tandis que les forages de Tawurgha sont réduits à un rôle de régulation.
 - Dans les **vallées affluentes du wadi Sufajjin**, 46 forages profonds captant la nappe de Kiklah ont été réalisés à la fin des années 70 et au début des années 80 et ont donné naissance à des périmètres irrigués représentant un total d'environ 3500 ha. Cependant et par suite de la baisse de l'artésianisme, de problèmes de corrosion au niveau des têtes de forages jaillissants et des difficultés d'entretien des pompes, les débits d'exploitation ont continuellement baissé depuis la mise en service des

forages. Afin de remédier à l'insuffisance des débits des forages profonds, les fermiers ont progressivement réalisé des forages de 100 à 150m de profondeur, captant le Crétacé supérieur (Mizdah);

- Le fond des vallées en provenance de la Hamada a été le siège d'un développement agricole reposant sur des forages profonds captant le Crétacé inférieur et parfois même le Paléozoïque, réalisés à la fin des années 70 et au début des années 80. Ces forages, dont la profondeur dépasse parfois 2000m, fournissent une eau chaude dont l'utilisation en irrigation n'est pas toujours aisée. Des problèmes de corrosion au niveau des têtes de forages ajoutés aux complications liées à la température de l'eau, ont provoqué l'abandon de nombreux forages qui coulent maintenant sans contrôle.

Tableau 18 - Exploitation du Continental intercalaire en Libye (l/s)

Aquifère et zone de prélèvement	Prélèvement en l/s										
	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Crétacé inférieur (Kiklah)											
Bassin Sufajjin	0	0	0	0	0	0	0	2061	1807	1364	824
Flanc oriental Hamadah al Hamra	0	0	0	0	0	476	1161	1712	1592	1237	920
Flanc sud du Jabal Nefusa	0	0	0	0	0	38	295	414	470	473	498
Ghadamis	0	0	0	0	4	4	166	180	180	180	180
Total Crétacé inf..	0	0	0	0	4	518	1621	4367	4049	3253	2422
Crétacé inférieur (Kiklah) - Paléozoïque											
Zone cotière (Al Khums-Tawurgha)	0	0	0	0	0	0	0	793	634	381	190
Al Jufrah	0	0	0	0	0	0	0	0	159	317	444
Flanc oriental Hamadah al Hamra W. Ninah)	0	0	0	0	0	0	317	476	381	349	308
<i>Total Crétacé inférieur-Paléozoïque</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>317</i>	<i>1268</i>	<i>1173</i>	<i>1046</i>	<i>942</i>
Total prélèvements CI	0	0	0	0	4	518	1938	5635	5222	4299	3364
Source Tawurgha	1350	1300	1300	1268	1268	1268	1268	1173	1173	1173	1205

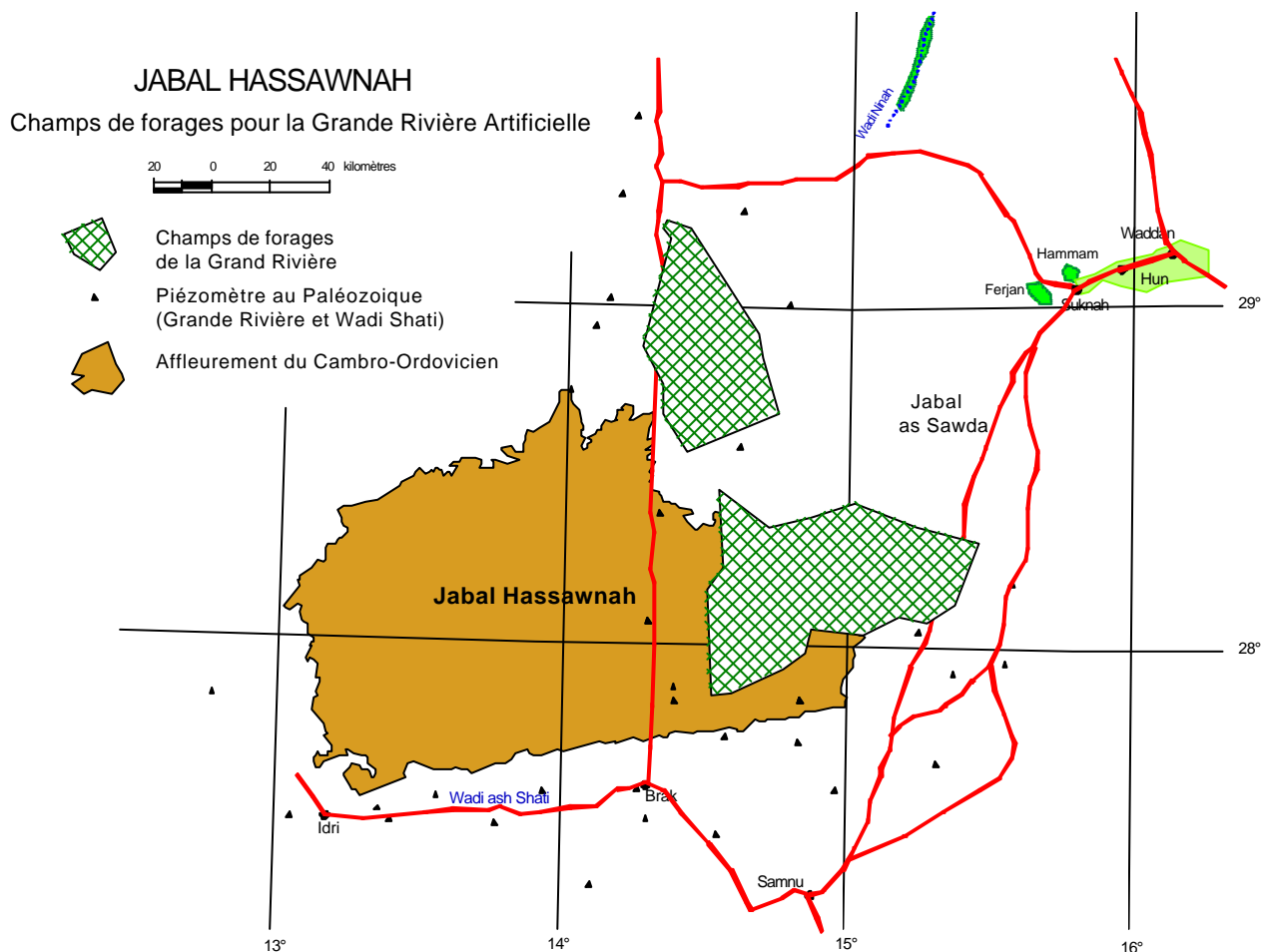
- Trois oasis sont présentes à l'ouest du territoire libyen, le long de la frontière tunisienne. Ghadamis est de loin la plus importante et la palmeraie était alimentée par une source qui a tari depuis de nombreuses années. L'exploitation des eaux souterraines par forages a commencé par des ouvrages captant la formation Nalut du Crétacé supérieur. Les eaux de qualité médiocre ont rapidement conduit à réaliser des forages captant le Crétacé inférieur (Kiklah) qui sont maintenant la principale source d'alimentation en eau potable et en eau d'irrigation pour la palmeraie.
- Quelques forages profonds (1500 à 2000m) atteignant la nappe de Kiklah et les horizons paléozoïques ont été réalisés dans la zone de Waddan pour compléter la fourniture d'eau à la palmeraie.
- Le flanc sud du Jabal Nafusa est peuplé de petites villes qui ont été progressivement équipées d'adductions alimentées par des forages captant généralement le Kiklah.

Actuellement, un nouveau programme d'exploitation de la nappe du Continental intercalaire est à l'étude entre Derj et Ghadamis. L'objectif de ce programme est la fourniture d'eau potable aux villes de la partie occidentale de la Jifarah qui ne sont pas incluses dans les objectifs de la Phase II de la Grande Rivière en provenance du Jabal Hassawnah. Le débit qui sera prélevé de ce nouveau champ de forages n'est pas encore définitivement fixé mais il sera probablement compris entre 50 et 90 million m³/an.

4.2.1.4. *Prélèvements externes ayant des conséquences sur le comportement des nappes sahariennes*

Un important programme d'exploitation de la nappe du Cambro-Ordovicien a été mis en place au sud-est du bassin saharien libyen, dans le Jabal Hassawnah. Ce programme consiste en un ensemble de plus de 500 forages dont le débit total prévu est de 912 Mm³/an (29 m³/s). L'eau pompée est destinée à l'alimentation de la Grand Rivière Artificielle transportant l'eau dans la plaine de la Jifarah. La position des deux champs de forages est indiquée sur la figure 32. L'exploitation du champ situé le plus au nord a débuté en Septembre 1996 pour l'alimentation en eau potable de la ville de Tripoli. En l'an 2000, le débit moyen extrait était de 4 m³/s. Etant donnée la continuité hydraulique existant entre la nappe du Cambro-Ordovicien et celle du Continental intercalaire, ces nouveaux prélèvements auront dans le futur un impact sur le comportement de la nappe du Continental intercalaire.

Figure 32 - Champs de forages de la Grande Rivière



4.2.1.5. Conclusions

L'exploitation des nappes du bassin saharien est passée durant les trente dernière années par une phase de mobilisation intensive des ressources ce qui s'est traduit par l'accroissement des forages d'exploitation qui ont négativement influencé le jaillissement des sources et les débits artésiens. Cette situation est à l'origine de la baisse du débit des foggaras en Algérie (23%) captant la nappe du CI et des sources du Chott Fedjej exploitant également cette nappe. D'un autre côté, elle est à l'origine du tarissement des sources tunisiennes exploitant la nappe du Complexe terminal dans le Djérid et à Kébili.

L'accroissement des volumes pompés et le développement de l'agriculture saharienne se répercutent au niveau de ces nappes sahariennes sous forme du tarissement des sources et de l'affaiblissement de l'artésianisme. Cette exploitation croissante est susceptible d'entraîner à long terme, dans les zones vulnérables, des changements dans la qualité de l'eau.

4.2.2. Historique piézométrique

4.2.2.1. Problèmes liés aux mesures de niveau et de pression (forages artésiens notamment)

Les mesures de niveau piézométrique dans les forages sahariens se heurtent à de nombreux problèmes :

- Le premier problème est **l'absence** ou le nombre très limité de véritables piézomètres spécifiquement destinés aux mesures par suite des profondeurs importantes (cas du Continental Intercalaire) ce qui entraînerait des coûts prohibitifs des piézomètres. Les mesures piézométriques sont donc généralement faites sur des forages en exploitation ce qui suppose l'arrêt du pompage ou la fermeture du forage, s'il est artésien, pendant au moins plusieurs heures. Cette opération se heurte aux réticences des usagers qui se trouvent ainsi privés, durant un certain temps, d'eau.
- Le deuxième problème est lié aux difficultés de mesure sur les **forages jaillissants** dont la fermeture n'est pas toujours possible et qui ne sont pas toujours équipés d'une sortie en amont de la vanne pour brancher le manomètre. En général, une mesure a été faite au moment de la réalisation du forage mais la mesure devient de plus en plus difficile avec le temps si rien n'a été prévu pour entretenir la vanne maîtresse.
- Il faut aussi signaler la difficulté liée à la **haute température** de certains forages profonds ; une correction importante de la mesure est alors nécessaire pour tenir compte de la réduction du poids spécifique de l'eau avec la température.

4.2.2.2. Historique piézométrique du Complexe terminal

Les principales valeurs des rabattements observés dans les trois pays sont reportés en annexe 6.

- **Algérie**

La baisse de la piézométrie de la nappe du Complexe terminal est suivie en Algérie entre 1950 et l'an 2000, dans plusieurs zones ou groupes d'oasis dont en particulier Mrhaïer,

Djemaa, El Oued, Touggourt, Hassi Khalifa, Ouargla et Gassi Touil. Ce suivi est discontinu dans le temps et ne se fait qu'à l'occasion des campagnes de mesures spécifiques.

Dans la région de Oued Rhir nord, le forage de Sidi Ahmed Tidjani montre, entre 1952 et 1995, une baisse piézométrique globale de 32 m. De même celui de Chemora indique une baisse de 25.7m entre 1955 et 1991. D'une manière générale, la baisse piézométrique du CT est dans cette zone (Mghaïer et Djemaa) où l'exploitation est relativement intensive ces dernières années, linéaire et oscille entre 0.6 et 1.0 m/an.

Au niveau de Touggourt–El Oued, cette baisse est de l'ordre de 0.9 m/an. Elle semble s'accroître depuis le milieu des années 70.

La baisse devient plus faible au niveau de Ouargla où elle est de l'ordre de 3.8 à 8.5 m en 27 ans, mais plus atténuée à Gassi Touil et à Hassi Messaoud (0.5 à 5.5 m en 25-30 ans).

Sur l'ensemble du Bas-Sahara algérien, la baisse piézométrique du Complexe Terminal, va de 32m en 43 ans dans l'Oued Rhir nord, à près de 5m en 30 ans à Ouargla. Elle s'atténue vers les zones limitrophes où la densité des forages exploitant cette nappe est faible.

• Tunisie

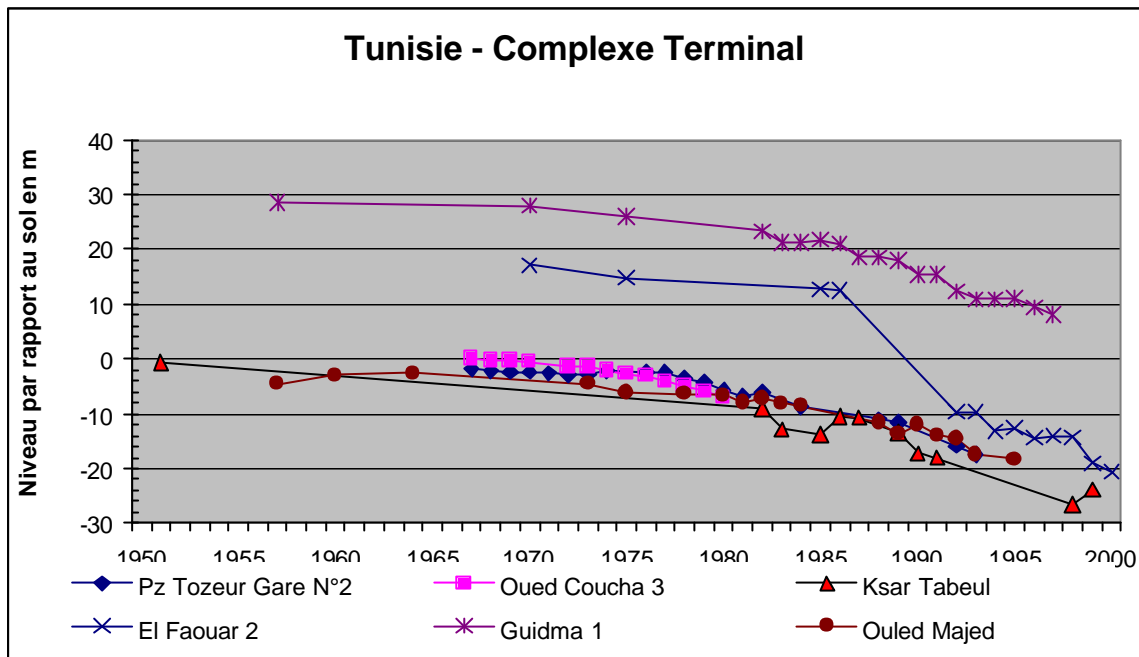
En Tunisie, la nappe du Complexe terminal a commencé à être intensivement exploitée dans la Nefzaoua et le Djérid, à partir du milieu des années 70. Cette exploitation est deux fois plus importante dans la Nefzaoua que dans le Djérid. L'évolution de la piézométrie du Complexe Terminal, entre 1950 et l'an 2000, accuse une baisse continue dont la pente s'est accentuée à partir des années 90. Cette baisse est plus sensible dans la partie située entre Kébili (22.8 m en 25 ans) et Bou Abdellah (23 m en 27 ans) où les prélèvements sont intensifs et les forages très proches les uns des autres. Dans le reste de la Nefzaoua, les rabattements entre 1950 et l'an 2000, sont moins forts : Messaïd- Djemna : 20-30 m en 40 ans, Douz-Galaa : 25-30 m en 50-60 ans, Nuiel-Zarcine : 5-10 m en 20 ans. Cette baisse est de 10-15 m en 10 ans dans la région de Redjem Maatoug où l'exploitation du CT a commencé en 1980.

Dans le Djérid, les plus longues chroniques piézométriques affichent des baisses de 14m en 66 ans (Castilia), de 13.5m en 27 ans (Sebaa Biar) et de 2.1m en 33 ans (Ghardgaïa). A Nefta, cette baisse est de 3.7m en 15 ans.

L'artésianisme a pratiquement disparu du Complexe terminal du Djérid. Il est de plus en plus faible dans la Nefzaoua. Il a ainsi disparu de la Presqu'île de Kébili où la majorité des forages sont exploités par pompage. Vers les zones les moins élevées (proximité du Chott Djérid), les plus fortes charges artésiennes sont de 20 à 35 m au dessus du sol.

L'allure générale de la baisse piézométrique du CT dénote, dans le Djérid et la Nefzaoua (Figure n°33), une accélération durant la dernière décennie qui s'explique par l'intensification des prélèvements.

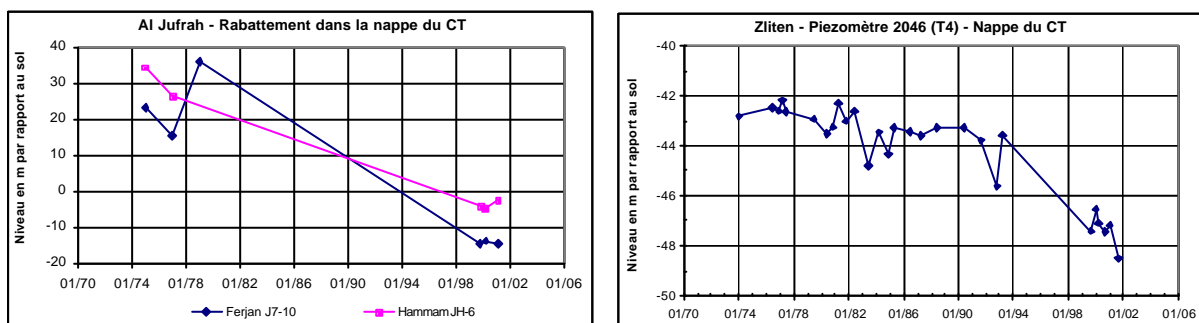
Figure 33 - Complexe Terminal - Exemples de rabattements en Tunisie



• **Libye**

En Libye les forages disposant de plusieurs mesures de niveau piézométrique sont très peu nombreux et sont concentrés dans deux zones :

Figure 34 - Complexe Terminal - Exemples de rabattement en Libye



- la zone d'Al Jufrah où l'exploitation des calcaires sénoniens principalement par les projets agricoles de Ferjan et Hammam, a provoqué un rabattement de l'ordre de 35 à 40 m depuis le début des opérations à la fin des années 70;
- la zone côtière, entre Zliten et Tawurgha où plusieurs projets agricoles ont exploité les nappes du Crétacé supérieur depuis la fin des années 30. Au cours des années 70, de nouveaux forages ont été réalisés mais ont été progressivement abandonnés par suite de l'augmentation de la salinité de l'eau. Les rabattements résultants, mesurés seulement dans quelques forages situés en dehors des zones d'exploitation, sont de l'ordre de 4 à 6m depuis les années 74-75.

4.2.2.3. Historique piézométrique du Continental intercalaire

La nappe du Continental intercalaire est celle dont l'historique de la piézométrie est le plus difficile à établir du fait que les forages qui la captent ne sont pas aussi accessibles à la mesure que ceux du Complexe terminal. Un travail préliminaire d'analyse du contenu de la base de données a été fait en vue de dégager les forages qui présentent deux, trois ou plus mesures piézométriques. Dans cette liste ont été sélectionnés quelques forages dont l'historique piézométrique couvre la période la plus longue, préférentiellement allant des années 80 jusqu'en l'an 2000. Sur cette base a été dégagée la liste des forages adoptés dans chaque pays pour établir l'historique piézométrique de cette nappe.

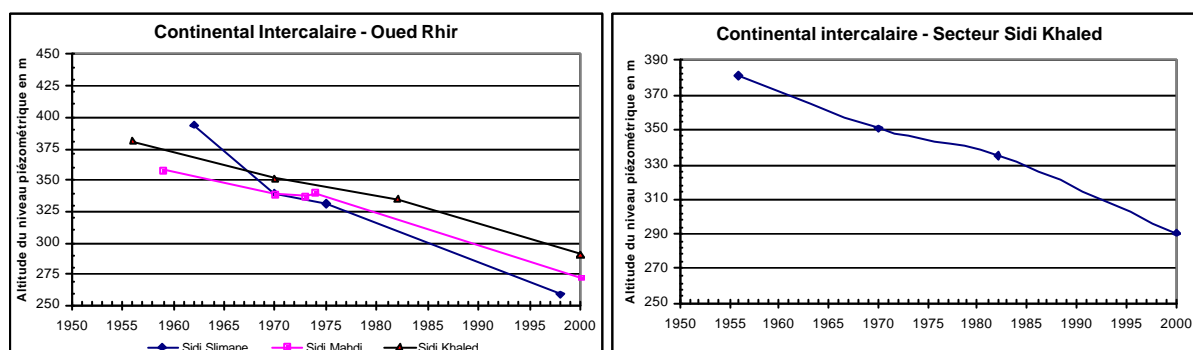
• Algérie

Les points d'eau présentant un historique piézométrique ont été groupés par secteur géographique homogène afin d'en déduire la baisse piézométrique par zone (cf. tableau de l'Annexe 6).

Dans la région de Oued Rhir où la baisse piézométrique est la plus forte, la plupart des forages accusent, depuis le début des années 60, une accélération de la baisse en relation avec l'augmentation des prélèvements dans la zone à partir de cette date (**Figure n°35**).

A Ouargla (El Hadeb), la baisse s'est également accélérée entre 1956 et l'an 2000. Elle est de 66m en 44 ans.

Figure 35 - Continental Intercalaire - Exemples de rabattements en Algérie



A Gassi Touil, la baisse qui était relativement faible avant 1970, s'est accélérée par la suite jusqu'en 1987 pour se stabiliser. Elle est de 15 m en 25 ans.

A Hassi Messaoud, la baisse piézométrique du CI relativement faible jusqu'en 1978, s'est accélérée depuis. Elle est de 46m en 43 ans.

A Ghardaïa, la baisse piézométrique varie entre 88 m (Sinclair) de 1966 à 1991 et 15.6 m (Nezla) en 12 ans (1988-2000). Elle devient plus atténuée à El Goléa (10.4 m en 50 ans).

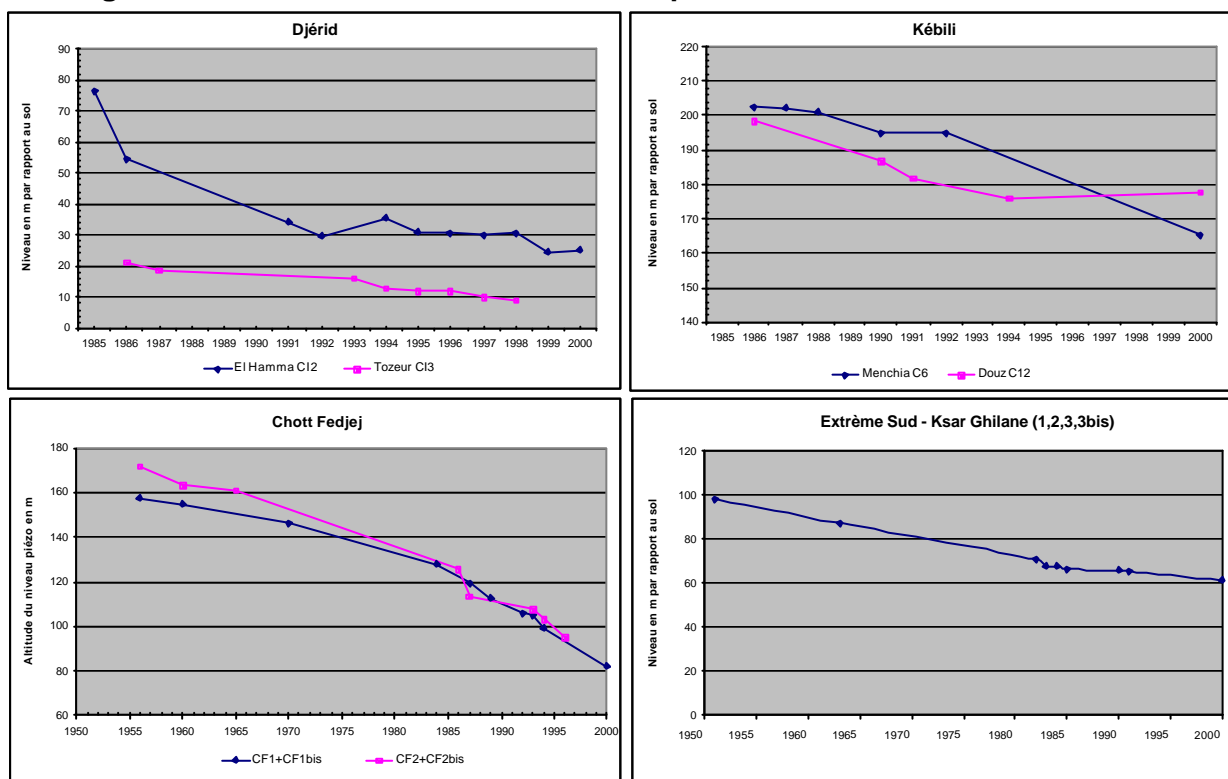
Dans l'Adrar où la nappe du CI est libre sur une large superficie, la baisse piézométrique observée entre 1950 et 2000 est souvent de quelques mètres : 5 à 20 m en 20 ans, dans le Gourara, 3 à 28 m en 30-35 ans, dans le Touat et de 5 à 10 m en 30-35 ans dans le Tidikelt.

D'une manière générale, la nappe du CI accuse, entre 1950 et 2000, une baisse sensible en Algérie dans les zones où elle est à forte pression et où son exploitation a été largement renforcée depuis le début des années 80, par la création de nouveaux forages. C'est le cas de Oued Rhir, Ouargla, El Oued et Hassi Messaoud. Dans ces zones, la baisse observée dépasse souvent 2 m/an au cours des deux dernières décennies.

- **Tunisie**

L'exploitation de la nappe du Continental intercalaire se faisait avant 1950 dans la région du Chott Fedjej par le biais des sources qui sourdent des séries des Grès supérieurs et des Grès à Bois (Barrémo-Aptien). Cette exploitation était faible et ne concernait que les niveaux supérieurs de cette nappe. Avec la création des premiers forages dans l'extrême-sud tunisien au début des années 50 (Bordj Bourguiba et Ksar Ghilane), cette exploitation a commencé à devenir plus importante. Il a fallu attendre le début des années 60 pour voir entrer en exploitation les forages de Chott Fedjej (CF1 et CF2) ainsi que ceux d'El Borma (EB A1 et EB A4). Cette exploitation n'est devenue effectivement sensible qu'au milieu des années 70 avec la mise en service des forages d'El Borma et la création de CF 3. Les années 80 ont vu la création des forages captant le CI dans les régions du Djérid et de Kébili (Nefzaoua).

Figure 36 - Continental Intercalaire - Exemples de rabattement en Tunisie



- **Chott Fedjej**

La région de Chott Fedjej- El Bahaïer est la zone la plus proche de l'exutoire du Continental intercalaire en Tunisie. Dans cette zone, les forages de Seftimi, El Bahaïer et CF s'alignent d'amont en aval. L'historique de la piézométrie de la nappe y est suivi de manière continue depuis le milieu des années 80. La baisse moyenne y est de l'ordre de 2 à 2.5m/an. Elle semble s'accroître avec l'intensification de l'exploitation.

Les forages CF1 et CF2 avec leurs remplacements (CF1Bis et CF2bis) ont provoqué, de 1956 à l'an 2000, une baisse globale de 71 à 76 m. Cette baisse est plus prononcée au niveau des forages exploités en groupe (CF F1, CF F3, CF8, CF9 et CF 10). Certains de ces forages (CF9 et CF 10) accusent, entre 1982 et 1993, une baisse moyenne annuelle de l'ordre de 3.0 m. Ainsi, la baisse de la piézométrie du forage CF 3b prend, entre 1993 et l'an 2000, une allure exponentielle qui s'explique par l'effet des autres forages voisins.

La piézométrie des forages Siftimi et El Bahaïer, observée depuis 1986, accuse une baisse régulière qui atteint 32 à 53 m en 14 ans.

- **Nefzaoua (Kébili)**

La plupart des forages exploitant la nappe du Continental intercalaire dans la Nefzaoua sont entrés en exploitation entre 1985 et 1987. Depuis, leur piézométrie accuse une baisse qui est peu sensible au départ, mais qui s'est intensifiée à partir du début des années 90. La baisse a atteint 19 m en 14 ans au forage Kébili CI 10 et 32m à El faouar CI 19. Elle est relativement sensible dans la Presqu'île de Kébili (Débabcha: 3.6 m/an, Zaouiet el Aness: 3.6 m/an et Menchia: 2.6 m/an).

La baisse de 4.4 m/an observée au niveau du forage El Faouar pour la période 1993-2000 semble assez forte dans une zone où l'interférence est absente.

- **Djérid**

L'exploitation de la nappe du Continental intercalaire a commencé dans le Djérid entre 1981 et 1983. Dès le début de l'exploitation, la baisse piézométrique a été sensible (35 à 80 m) aux forages de Tozeur, Nefta et El Hamma entre 1983 et 1987. Seul le forage de Tozeur CI 2 a eu une réaction tardive qui s'est manifestée par une baisse de près de 30 m entre 1993 et 1995. Ce phénomène s'est manifesté à la suite de l'exploitation des forages par pompage. Au cours des années 90, tous les forages du Djérid exploitant le CI ont manifesté une stabilisation de leur piézométrie qui est en complète opposition avec ce qui s'est passé durant la décennie précédente.

La baisse piézométrique s'est accompagnée, dans ces forages, d'une baisse conséquente de leur débit jaillissant ce qui a ramené leur exploitation à la moitié de ce qu'elle était en 1986 (550 l/s). Cette baisse assez importante à la suite de la mise en exploitation des forages du Djérid dénote le cas d'un niveau aquifère à faibles réserves et en vidange accélérée. En réalité, ces forages captent une formation aquifère qui n'est pas en parfaite continuité avec la nappe du CI du bassin saharien. Cette nappe est logée dans les sables de l'Aptien rattachés au niveau aquifère des Grès supérieurs dont l'extension est limitée au sillon des Chotts. La baisse piézométrique enregistrée dans ces forages correspond bien à celle des sources du Chott Fedjej amorcée d'une manière sensible depuis 1970.

- **Extrême-sud**

Dans l'extrême Sud tunisien, l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire est restée relativement faible à l'exception du Champ d'El Borma où, depuis 1974, près de 300 l/s sont prélevés en moyenne. Cette situation s'est traduite au niveau de la piézométrie de la nappe par une baisse qui n'a commencé à être sentie à Bodj Bourguiba, Lorzot et SP 4N, qu'entre 1978 et 1981 et un peu plus tardivement à Oued Abdellah (1985). Plus au Nord, à Ksar Ghilane, La baisse piézométrique enregistrée au niveau des quatre forages qui se sont relayés à cet endroit, est régulière et faible à raison de 0.74 m/an.

Dans la région d'El Borma, les mesures disponibles permettent d'en déduire une baisse moyenne du groupe oscillant entre 1.25 m/an (El Borma 4) et 1.5 m/an (El Borma A 10).

Conclusion

La baisse piézométrique de la nappe du Continental intercalaire, régulière et peu accentuée des années 50 aux années 70, est devenue plus sensible au cours des vingt dernières

années. Elle est de l'ordre de 50 m dans la région du Chott Fedjej, 30 à 40 m dans la Nefzaoua et 25 à 35 m dans l'extrême-sud tunisien.

Le cas des forages du Djérid (Nefta, Tozeur et El Hamma) qui accusent des baisses dépassant par endroits les 50 m en 20 ans, est à considérer comme une anomalie locale due au fait que le niveau aquifère auquel sont rattachés ces forages ne correspond pas à la partie principale de la nappe saharienne du CI. Dans les mêmes groupes, d'autres forages n'affichent, durant la même période, qu'une baisse de 15 à 30 m (Dégache CI 3, Tozeur CI 2 et Tozeur CI 3). Cette variation dans la baisse piézométrique du CI du Djérid est interprétée comme étant le résultat de la variation de la perméabilité d'un compartiment à l'autre. Le compartiment de Tozeur-Nefta, limité par les deux failles du Draa du Djérid, semble de mauvaise perméabilité et en discontinuité latérale avec la partie saharienne de la nappe.

• *Libye*

Seuls quelques forages captant le Continental intercalaire ont été observés plusieurs fois depuis leur réalisation. Les données disponibles permettent cependant de dresser un cadre du comportement de la nappe des grès mésozoïques depuis le début de leur exploitation jusqu'à l'an 2000.

- Dans le bassin du Wadi Sufajjin, la baisse du niveau piézométrique varie de 30 à 45m. Un forage, SOF5, montre cependant un rabattement plus important atteignant 60m ;
- Dans le Wadi Zamzam, un seul forage, ZZ9, a pu être observé récemment indiquant une baisse de 41 m depuis sa mise en service. Un autre forage, réalisé plus tardivement, indique une baisse de 21m de 1987 à l'an 2000 ;
- Quelques kilomètres plus au sud, dans le Wadi Bayy al Kabir, le forage K7 accuse une baisse de 46m de 1976 à l'an 2000 ;
- Près de la source de Tawurgha, un des 9 forages captant l'ensemble Kiklah-Paléozoïque a pu être observé récemment, indiquant une baisse de 24m au cours de la période 1985-2000 ;
- Dans la partie occidentale du bassin saharien libyen, plusieurs forages ont été observés et montrent un comportement assez hétérogène avec des baisses variant de 2 à 65m. Il est probable cependant que certaines des valeurs enregistrées soient erronées ou correspondent à des situations particulières.

4.2.3. Situation piézométrique en 2000

A l'échelle de l'ensemble du bassin saharien, la configuration de la piézométrie des deux principales nappes du Continental intercalaire et du Complexe terminal a accusé peu de variation entre 1950 et l'an 2000. cette configuration est pratiquement restée la même avec localement, au niveau des zones à forte exploitation, un effet accentué de baisse. Il s'est avéré difficile de disposer pour l'année 2000, d'une situation actualisée de la piézométrie générale à l'ensemble du bassin, les mesures piézométriques relatives à cette année étant trop peu nombreuses pour établir une carte précise. Il est en effet difficile de déterminer, sans l'aide d'un modèle mathématique, l'extension des cônes de dépression induits par l'exploitation de groupes de forages, même si l'on dispose de mesures piézométrique récentes pour ces forages.

Une carte piézométrique correspondant à l'année 2000 a cependant été élaborée pour le Complexe terminal et le Continental intercalaire par extrapolation des mesures réalisées au

cours des dix dernières années, en admettant des valeurs moyennes de baisse annuelle au niveau des principales zones considérées. En fait, ces cartes n'ont pas été utilisées pour le calage des modèles qui repose essentiellement sur les rabattements enregistrés au niveau d'un certain nombre de points de contrôle.

4.2.3.1. Complexe terminal

La piézométrie de la nappe du Complexe Terminal pour l'an 2000 (Pl. n°12) présente une allure similaire à celle de 1950 avec, toutefois, un rabattement généralisé de la surface piézométrique qui est plus accentué au niveaux des zones de forte exploitation. Cette baisse est particulièrement constatée dans les trois principales zones suivantes :

- la Bas-Sahara entre Touggourt au Sud et Biskra au Nord, où se localisent les principales oasis et agglomérations exploitant cette nappe,
- la région des chotts en Tunisie (Nefzaoua et Djérid) où se cantonnent les principales oasis tunisiennes,
- le flanc oriental de la Hamada El Hamra en Libye (Oued Zemzem – Ain Tawargha) où ont été créés entre 1972 et 1985, les principaux champs captants du développement agricole basés sur l'eau des aquifères du Crétacé supérieur et du Tertiaire.

A travers la configuration de cette piézométrie, les chotts algériens (chotts Marouen et Melghir) et tunisiens (chotts Djérid et Fedjej) continuent à être des exutoires de cette nappe avec, toutefois, une faible charge ayant enregistré de 30 à 70m de rabattement par rapport à 1950.

4.2.3.2. Continental intercalaire

La carte de la piézométrie du CI en l'an 2000 (Pl. n°13) fait apparaître, dans le sous-bassin du Grand Erg Occidental, les mêmes directions d'écoulement qui s'orientent vers l'exutoire de la nappe constitué par la zone d'affleurement des foggaras (In Salah-Reggane).

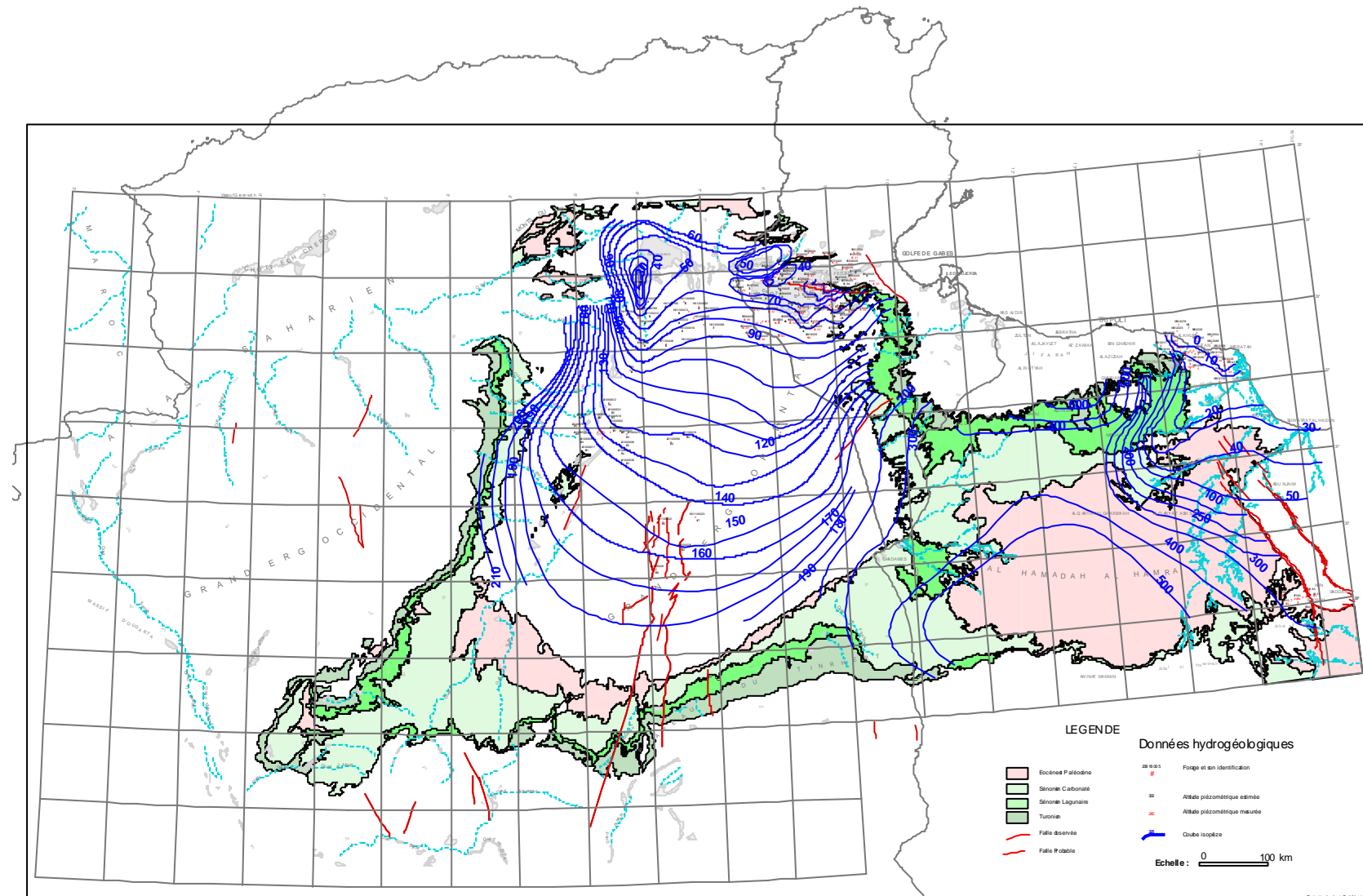
Dans la partie centrale de la nappe (sous-bassin du Grand Erg Oriental) l'écoulement, à partir du plateau de Tinrhert au sud vers le Grand Erg Oriental, est conservé et présente le même aspect qu'en 1950, dirigé du sud vers le nord au travers de l'extrême Sud tunisien. La région des chotts où se situe l'exutoire de la nappe vers la Djeffara est la zone vers laquelle converge cet écoulement ainsi que celui de l'Atlas saharien.

Dans la partie orientale du bassin saharien libyen, la zone d'alimentation située au sud (Jabal Hasawnah) est à l'origine de l'écoulement vers le flanc oriental de la Hamada dont l'exutoire est constitué par Ain Tawurgha et la mer, sans changement donc par rapport à la situation initiale, si ce n'est localement autour des zone d'exploitation. L'écoulement de la nappe vers Ghadames et le Sud tunisien semble dominer l'écoulement à partir de Jabal Nafusah vers le Sud sans modification par rapport à la situation initiale.

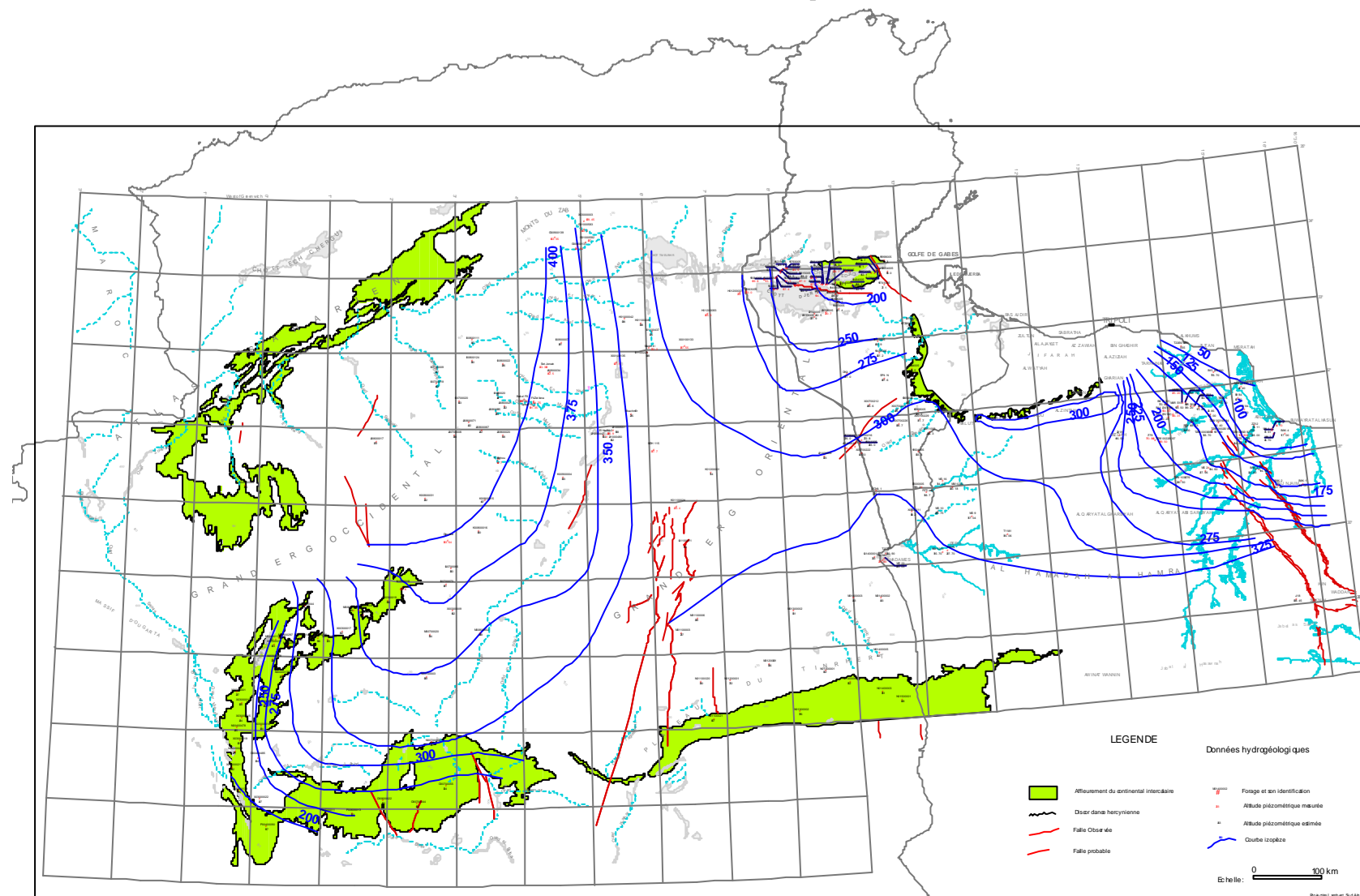
OBSERVATOIRE DU SAHARA ET DU SAHEL / SAHARA AND SAHEL OBSERVATORY
 SYSTEME AQUIFERE DU SAHARA SEPTENTRIONAL / NORTH WESTERN SAHARA AQUIFER SYSTEM

Planche n°12

CARTE DE LA PIEZOMETRIE DU COMPLEXE TERMINAL EN L'AN 2000



CARTE DE LA PIEZOMETRIE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE / KIKLA EN L'AN 2000



5 - QUALITE CHIMIQUE DES EAUX

La salinité de l'eau est un paramètre hydrogéologique qui ne cesse de prendre de l'importance dans le fonctionnement des nappes du SASS à cause des changements que l'accroissement des prélèvements a introduit dans l'équilibre de la piézométrie et des conditions d'écoulement souterrain. La composition chimique de ces eaux et leur classement en familles peut contribuer à mieux décerner les parentés chimiques entre les différents niveaux aquifères du système et à appréhender qualitativement les phénomènes d'alimentation des nappes et d'échange entre aquifères.

La qualité de l'eau est un aspect qui conditionne son utilisation dans les régions arides. Dans le cadre des aquifères du SASS, cet aspect est devenu, avec l'intensification de l'exploitation, un facteur susceptible de profondes modifications résultant de l'appel d'eau sur-salée à partir des sources potentielles de pollution (chotts, eau de drainage et niveau aquifères à eau salée comme l'Aptien ou le Néocomien, eau de mer).

5.1 - Informations utilisées

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

Les données sont denses et nombreuses dans certaines zones d'exploitation et souvent discontinues ou absentes ailleurs. Leur densité spatio-temporelle traduit l'intérêt qu'accordent les trois pays au suivi des nappes ; ce suivi reste insuffisant pour une analyse exhaustive de la qualité des eaux sur l'ensemble du bassin saharien. La collecte des données sur la composition chimique et la salinités de l'eau des deux principales nappes du bassin saharien a constitué une partie des activités menées par le projet SASS. Seule la partie libyenne a entrepris, durant le projet, la réalisation de campagnes de prélèvement d'eau pour analyses chimiques. Les autres données géochimiques provenant de l'Algérie et de la Tunisie sont des données antérieures au projet qui s'est attaché à les dépouiller et à les analyser. Une table « **qualité** », créée au sein de la base de données, regroupe les données relatives aux salinités et aux analyses chimiques disponibles dans les trois pays.

Les données disponibles dans la base de données SASS, sur les salinités des eaux du CI et du CT dans les trois pays, se répartissent comme suit :

Tableau 19 - Données de salinité disponibles dans les trois pays

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

Sur cet ensemble, la quasi totalité des valeurs de salinité sont affectées par aquifère. La majeure partie de ces données a pu être associée aux points d'eau qui captent l'un des deux principaux aquifères du bassin saharien.

5.2 - Qualité des analyses chimiques

La qualité des données chimiques ainsi rassemblées est très inégale du fait qu'elles proviennent d'analyses chimiques faites par plusieurs laboratoires et à des époques différentes. En effet, ces données réparties entre les trois zones du projet se répartissent sur une période d'un demi-siècle (1950-2000). Elles résultent d'échantillons prélevés et analysés dans des conditions très hétérogènes. Les méthodes d'analyse ayant évolué dans le temps, il est parfois difficile de comparer la qualité chimique de l'eau d'un même forage à des moments différents. De plus, certains échantillons ont été prélevés à la réception des forages avant même que l'eau recueillie ne soit représentative de la nappe. La balance ionique des mesures pour un même point d'eau n'est pas toujours bien équilibrée.

5.3 - Evolution des salinités

5.3.1 *Nappe du complexe terminal*

Une certaine différenciation dans l'évolution de la minéralisation totale des eaux est possible entre la nappe des sables et celle des calcaires. Ceci s'explique par le fait que les formations calcaires sénoniennes et éocènes sont plus accessibles à la recharge sur les bordures du bassin que les sables mio-pliocènes.

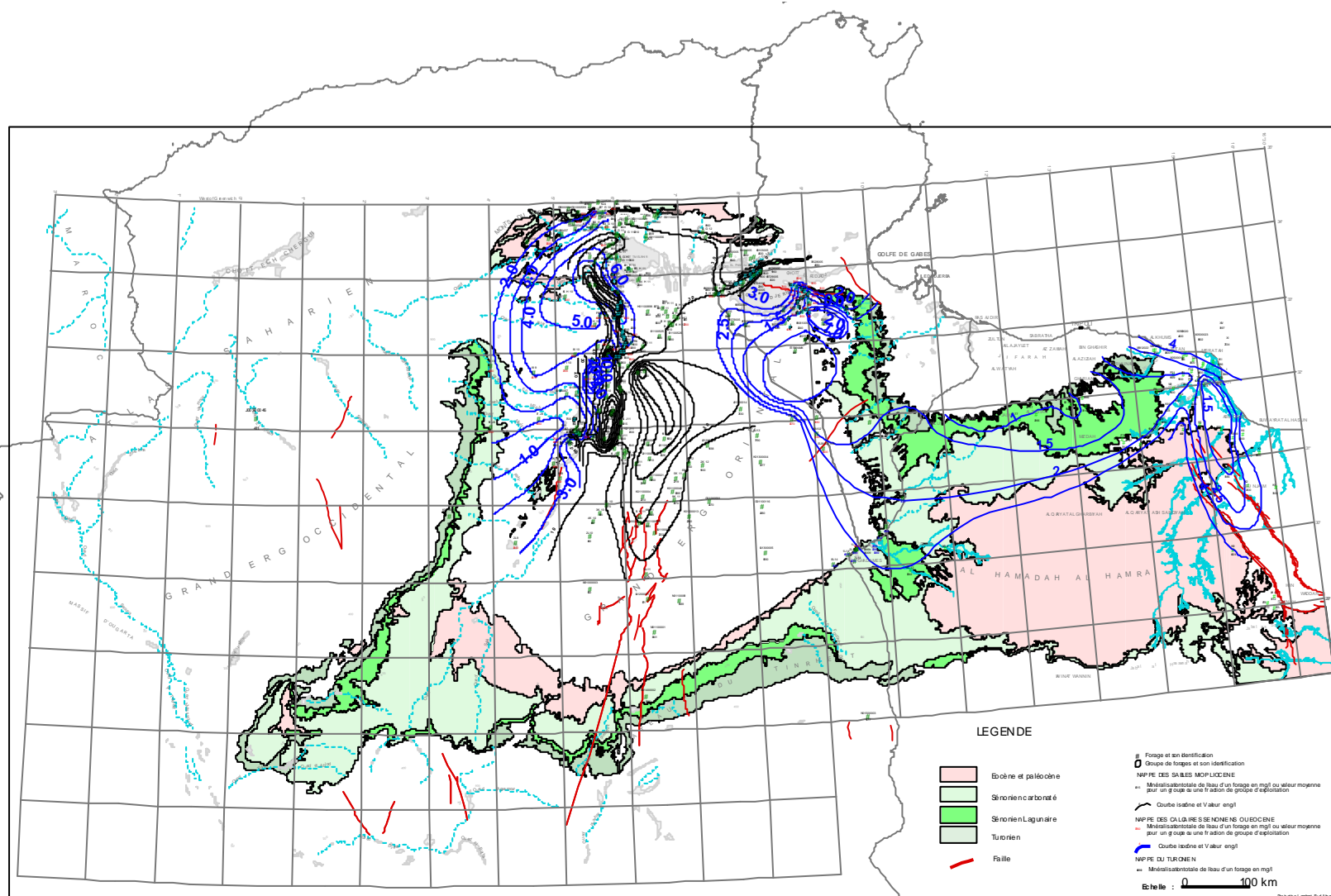
5.3.1.1 *Nappes des sables mio-pliocènes*

La carte de minéralisation totale des eaux de la nappe des sables est tracée à partir des résultats d'analyses dont la répartition géographique est très hétérogène (Pl. n° 14). Les points de mesures se cantonnent assez souvent dans les zones d'exploitation avec très peu de données en dehors de ces groupes. Des phénomènes particuliers, comme l'effet de l'exploitation intensive concentrée et le retour des eaux d'irrigation, sont à l'origine de certaines anomalies chimiques localisées.

Les courbes isocônes montrent, entre Ouargla et l'Oued Rhir qui est la zone intéressée par la présence de la nappe des sables, les phénomènes suivants :

- une zone à moins de 2 g/l qui couvre la moitié sud du Grand Erg oriental au sud de la latitude 32°. Cette zone correspond probablement à l'aire d'alimentation actuelle à partir des eaux de pluie exceptionnelles qui tombent sur l'Erg,
- une autre zone à moins de 2 g/l centrée sur les pentes du Mzab et de la partie occidentale de la nappe, au Nord de Ouargla,
- une zone à moins de 2.5 g/l centrée sur le Draa Djérid en Tunisie correspondant à l'affleurement ces sables aquifères.

CARTE DE SALINITE DU COMPLEXE TERMINAL



En dehors de ces zones, la minéralisation est généralement forte. C'est particulièrement le cas à :

- Ouargla où une zone à eau salée à plus de 5 g/l est centrée sur l'Oued Mya,
- Le long de l'axe Hassi Messaoud au Sud, jusqu'au Nord du Chott Melhir où la salinité dépasse 5 g/l et atteint même 10 g/l.

La zone à eau relativement salée (plus de 5g/l) le long de l'axe reliant Hassi Méssaoud au Sud à Oued Rhir au Nord, semble traduire l'effet de la forte exploitation avec celui du retour des eaux d'irrigation dans les niveaux supérieurs de la nappe mal drainés. Dans ces zones où la nappe libre est située à faible profondeur, affleurante même à certaines époques récentes, l'évaporation a provoqué, en surface, des concentrations en sel. Sous l'effet de la baisse piézométrique, ces zones fonctionnent comme aires d'alimentation à eau salée.

La nappe des sables mio-pliocènes est assez souvent associée aux dépressions fermées (Chotts et sebkhet) qui constituent ses exutoires naturels. C'est vers ces zones que convergent les écoulements souterrains de la nappe et aboutissent ses eaux tant par leur écoulement horizontal qu'à travers la percolation qui les ramènent en surface depuis les formations calcaires profondes. Ce phénomène est d'autant plus prononcé que l'exploitation s'est intensifiée au sein de groupes rapprochés et à gros débits.

Figure n°37 : Vue du canal-drain de l'Oued Rhir



5.3.1.2. Nappe des calcaires

En Algérie, la nappe des calcaires sénoniens et éocènes est exploitée dans la zone qui s'étend depuis Biskra au Nord jusqu'à Ouargla au Sud. En Tunisie, elle se cantonne à la région de la Nefzaoua et dans le bassin Ghadamés. En Libye, elle est présente dans la majeure partie d'El Hamada El Hamra, le long de Jabal Nafusa et dans la zone côtière de Al Khums à Tawurgha.

Les données concernant la minéralisation des eaux de cette nappe sont plus fragmentaires que pour la nappe des sables. La carte produisant les courbes iso-cônes des calcaires sénoniens et éocènes, montre :

- une zone faiblement minéralisée sur toute la bordure ouest algérienne du bassin, correspondant aux zones d'alimentation dans les reliefs du Mزاب,
- une zone faiblement minéralisée, centrée sur la partie est du Grand Erg Oriental et correspondant aux zones d'infiltration directe des eaux de pluie dans les sables dunaires. Cet aspect est particulièrement mis en évidence sur le flanc occidental du Dahar,
- Une zone moyennement minéralisée sur le flanc sud du Jabal Nafusah correspondant à une zone de recharge de la nappe;
- une zone à forte minéralisation (plus de 5 g/l) axée sur la partie nord de Oued Rhir (El Meghair-Djamaa),
- une zone à forte minéralisation (plus de 5 g/l) entre Ouargla et Touggourt, axée sur El Hadjira.

La minéralisation de l'eau de la nappe des calcaires montre un accroissement vers la zone du Bas-Sahara algéro-tunisien qui est l'aire de son exutoire. Cette zone est également le lieu d'approfondissement de la formation aquifère (plus de 1000 m).

L'eau du Complexe Terminal accuse, en Tunisie, dans la zone située à proximité des chotts, une légère évolution de sa minéralisation. Ceci est particulièrement visible dans les deux régions d'El Ouediane (Djérid) et de la Presqu'île de Kébili (Nefzaoua).

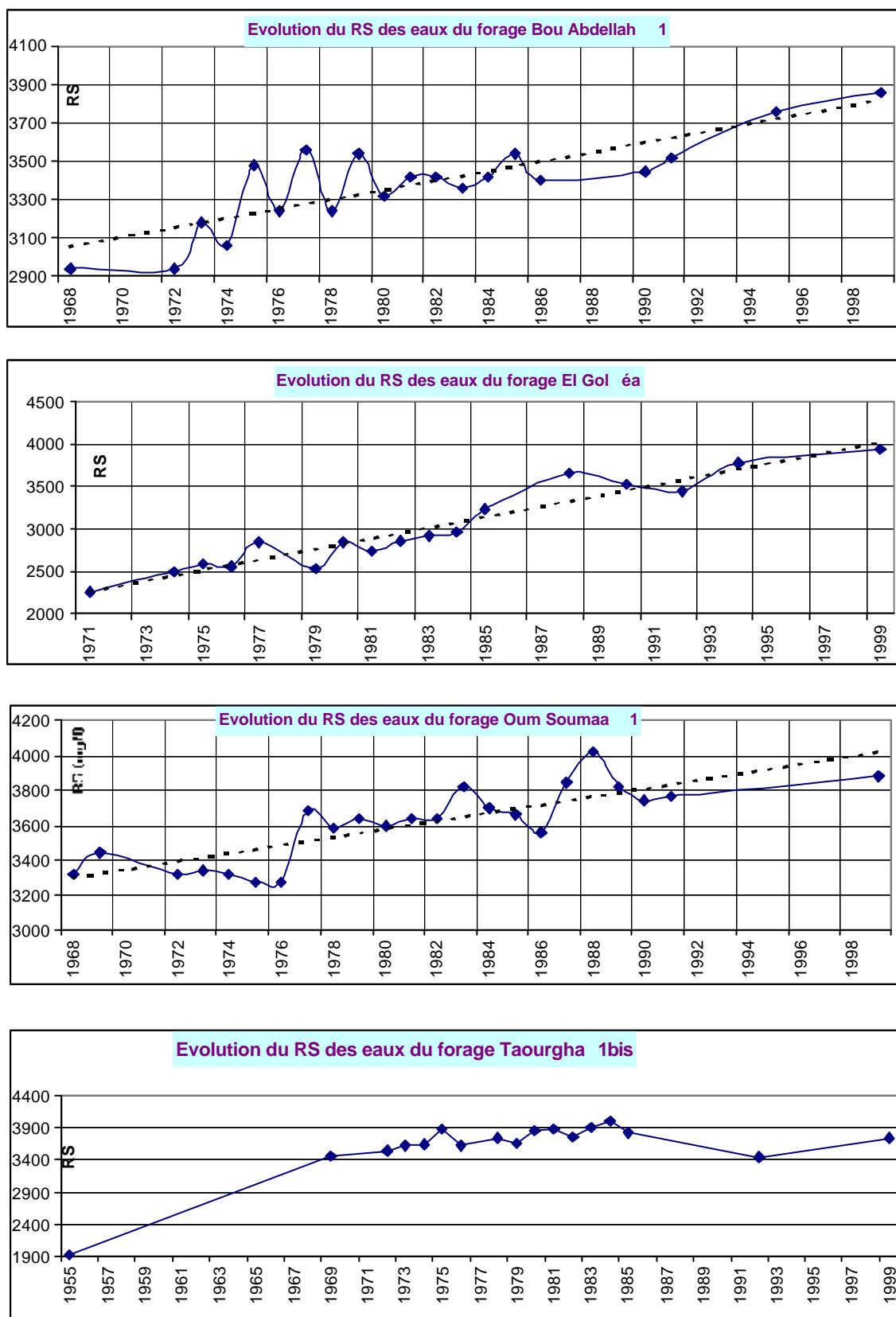
L'accroissement de la salinité de l'eau résulte, dans ces deux régions, du fait que l'épaisseur du toit séparant la nappe des eaux des chotts n'est que de 30 à 90m, ce qui réduit l'étanchéité de ce toit. C'est le cas dans la Presqu'île de Kébili à Taourgha, Oum Souma et Bou Abdellah (Figure n°38).

Ailleurs, dans les oasis limitrophes du Chott, ce phénomène de salinisation est d'autant plus sensible que les champs captant sont à forte exploitation et que la surface piézométrique de la nappe est en deçà de celle des chotts. C'est le cas à Kébili et à Douz-El Golaa.

Ce phénomène de salinisation, relativement peu sensible jusqu'à une date récente, est devenu plus sensible avec l'accroissement des prélèvements. Il est appelé à devenir plus prononcé à cause des risques que présentent la proximité des eaux hypersalées des chotts et le retour des eaux de drainage à la nappe.

La salinité de l'eau du Complexe Terminal est largement influencée par les relations entre cette nappe et ses épontes. Avec l'accroissement de l'exploitation, cette salinité a accusé une certaine évolution. Les deux principales sources potentielles de l'augmentation de cette salinité sont les eaux des chotts et le retour à la nappe des eaux de drainage dans les zones où son toit est peu épais. L'éventuelle contamination à partir des eaux du Turonien plus salées, sont tributaires des différences de charge entre la piézométrie des deux nappes.

Figure n°38 : Evolution de la salinité de l'eau du Complexe terminal dans la Presqu'île de Kébili (Nefzaoua-Tunisie)



Il est fortement recommandé d'assurer un suivi de la salinité de l'eau du Complexe terminal dans les zones de l'Oued Rhir (Algérie) et de la Nefzaoua-Djérid (Tunisie) qui sont les lieux où l'exploitation de la nappe est intensive et se fait à l'aide de forages regroupés en plusieurs champs d'exploitation. Ce suivi doit aller de paire avec celui de l'exploitation et de la piézométrie.

Dans ces régions, le toit de la nappe est souvent à faible profondeur et les eaux de drainage y sont en grande quantité.

Ce suivi doit porter également sur la composition chimique de l'eau. Des études permettant de mieux comprendre l'origine de la salinisation sont également nécessaires.

5.3.2. *Nappe du Continental intercalaire*

5.3.2.1. *Algérie*

Les données algériennes de salinité de l'eau du Continental intercalaire montre, entre 1945 et l'an 2000, la répartition suivante :

Tableau 20 - Classes de salinité des eaux du Continental intercalaire en Algérie

Nombre d'échantillons	Classes chimiques (g/l)						
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 10	> 10
286	131(45.8%)	97(33.9%)	36(12.6%)	8 (2.8%)	6 (2.1%)	8 (2.8 %)	

La majorité des points d'eau (79.7 %) ont des salinités qui sont inférieures à 2 g/l et 92% des points d'eau ont une salinité inférieure à 3 g/l. Les valeurs de salinités dépassant 5 g/l ne constituent que 2.8% des analyses disponibles.

Les eaux du bassin du Grand Erg Occidental présentent des salinités qui sont pour la plupart inférieures à 1 g/l. Ceci n'est pas le cas dans le bassin du Grand Erg Oriental où la nappe est confinée à plusieurs centaines de mètres et les valeurs des salinités oscillent entre 1 et 3 g/l. Les plus fortes valeurs sont observées dans la région de Oued Rhir-nord où la nappe est la plus confinée.

5.3.2.2. *Tunisie*

En Tunisie, les valeurs du résidu sec des eaux du Continental intercalaire évoluent entre 1500 et 7020 mg/l. La plupart des points d'eau captant le Continental intercalaire en Tunisie présentent des salinités qui s'échelonnent entre 1.5 et 3.5 g/l (56%). Les valeurs les plus faibles sont celles des formations les plus profondes (Série Kébeur el Hadj).

Les eaux des sources de Chott Fedjej affichent les valeurs les plus fortes (4.5 à 5.5 g/l). La répartition de ces salinités est la suivante :

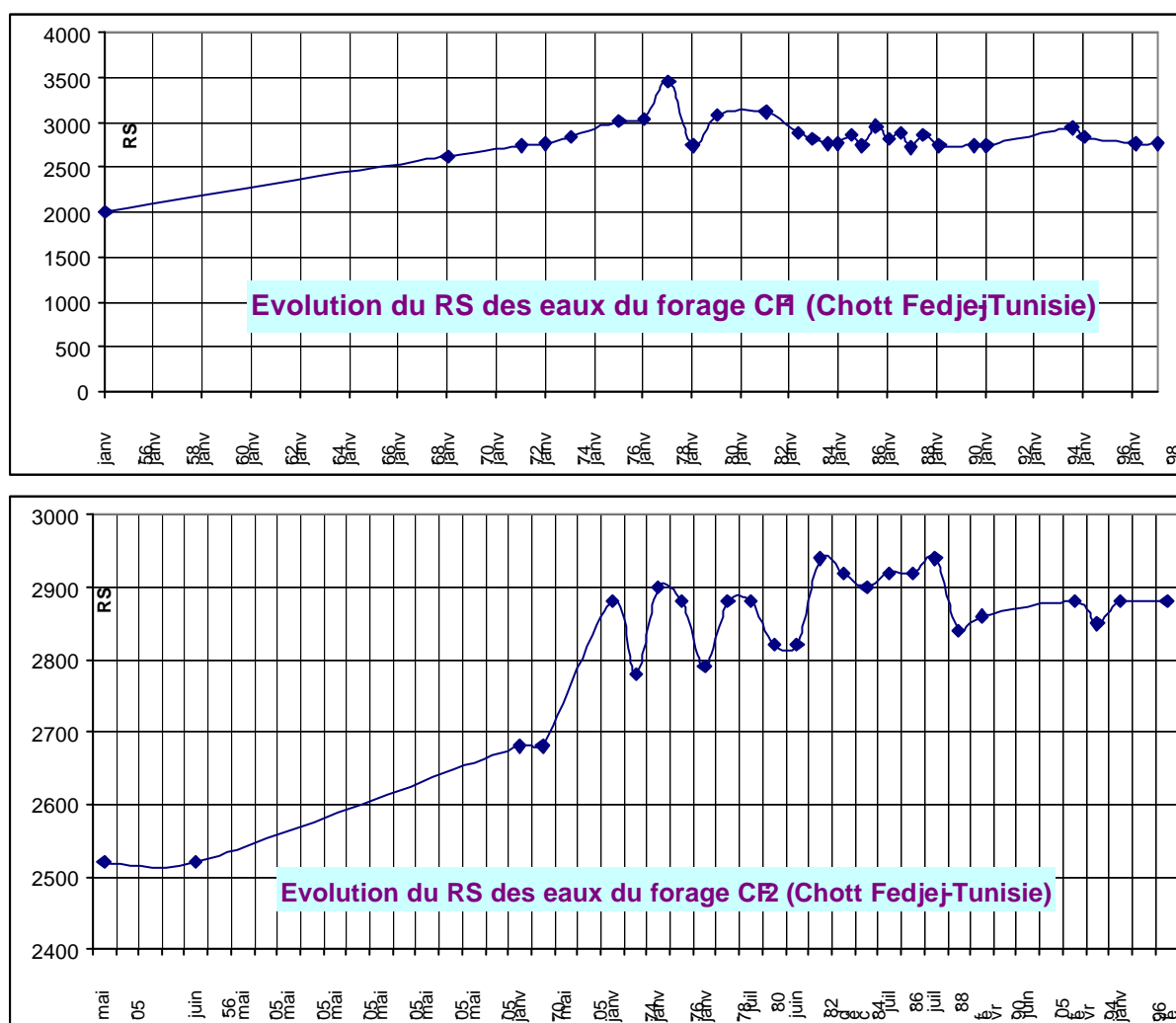
Tableau 21 - Classes de salinité des eaux du Continental intercalaire en Tunisie

Nombre d'échantillons	Classes des valeurs du résidu sec de l'eau (g/l)						
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 10	RS > 10
226	0	7	87	68	50	13	0
%		(3.1%)	(38.5%)	(30.1%)	(22.1%)	(5.8%)	

D'une manière générale, les eaux du Continental intercalaire en Tunisie sont à salinité relativement élevée ($RS > 2g/l$) ce qui limite leur usage pour l'alimentation en eau potable. Cette situation s'explique par le fait que ces eaux se localisent assez souvent dans la partie confinée de la nappe où elles ont subi un long séjour (faible vitesse de circulation souterraine) en contact avec des formations encaissantes contenant des impuretés argileuses et gypseuses.

Les salinités des eaux du Continental intercalaire sont relativement élevées en Tunisie comparativement avec les autres régions du bassin saharien. Ceci semble résulter essentiellement de la nature lithologique des formations aquifères qui contiennent plus d'argiles et de gypse. L'évolution de cette salinité dans le temps est peu perceptible (Figure n°39). Elle traduit, le plus souvent, les effets d'influence au sein du système multicouche. Cette salinité est appelée à évoluer avec l'intensification de l'exploitation vers des valeurs moyennes traduisant l'homogénéisation au sein du système.

Figure n°39 : Evolution de la salinité de l'eau du Continental intercalaire en Tunisie



5.3.2.3. Libye

Les eaux de la formation Kiklah d'El Hamada El Hamra présentent des résidus secs qui sont souvent inférieurs à 2.0 g/l. Ceci s'explique par le fait que la formation aquifère est propre et n'admet pas des inclusions argileuses.

Tableau 22 - Classes de salinité des eaux du Continental intercalaire en Libye

Nombre d'échantillons	Classes des valeurs du résidu sec de l'eau (g/l)						
	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 10	RS > 10
124	1	95	10	8	6	3	0
%	(0.9%)	(76.7%)	(8.2%)	(6.5%)	(4.9%)	(2.5%)	

5.3.2.4. Carte des iso-salinités

Les courbes isocônes (Pl. n°15) correspondent à l'aquifère utile du Continental intercalaire (c'est-à-dire contenant moins de 6g/l de sels dissous). Cependant, certains horizons gréseux inclus dans le CI contiennent une eau plus chargée et n'ont pas été inclus dans l'aquifère utile. Ces horizons salés sont généralement situés en Algérie, au-dessous de l'aquifère utile (Néocomien et éventuellement Barrémien). En Tunisie, en revanche, ils sont dans la partie supérieure du CI (Barrémien : Grès supérieurs et Aptien Albien). Les valeurs utilisées pour tracer la carte sont reportées en annexe 6.

La carte des isocônes du CI fait apparaître une augmentation de la minéralisation depuis des zones d'alimentation qui sont :

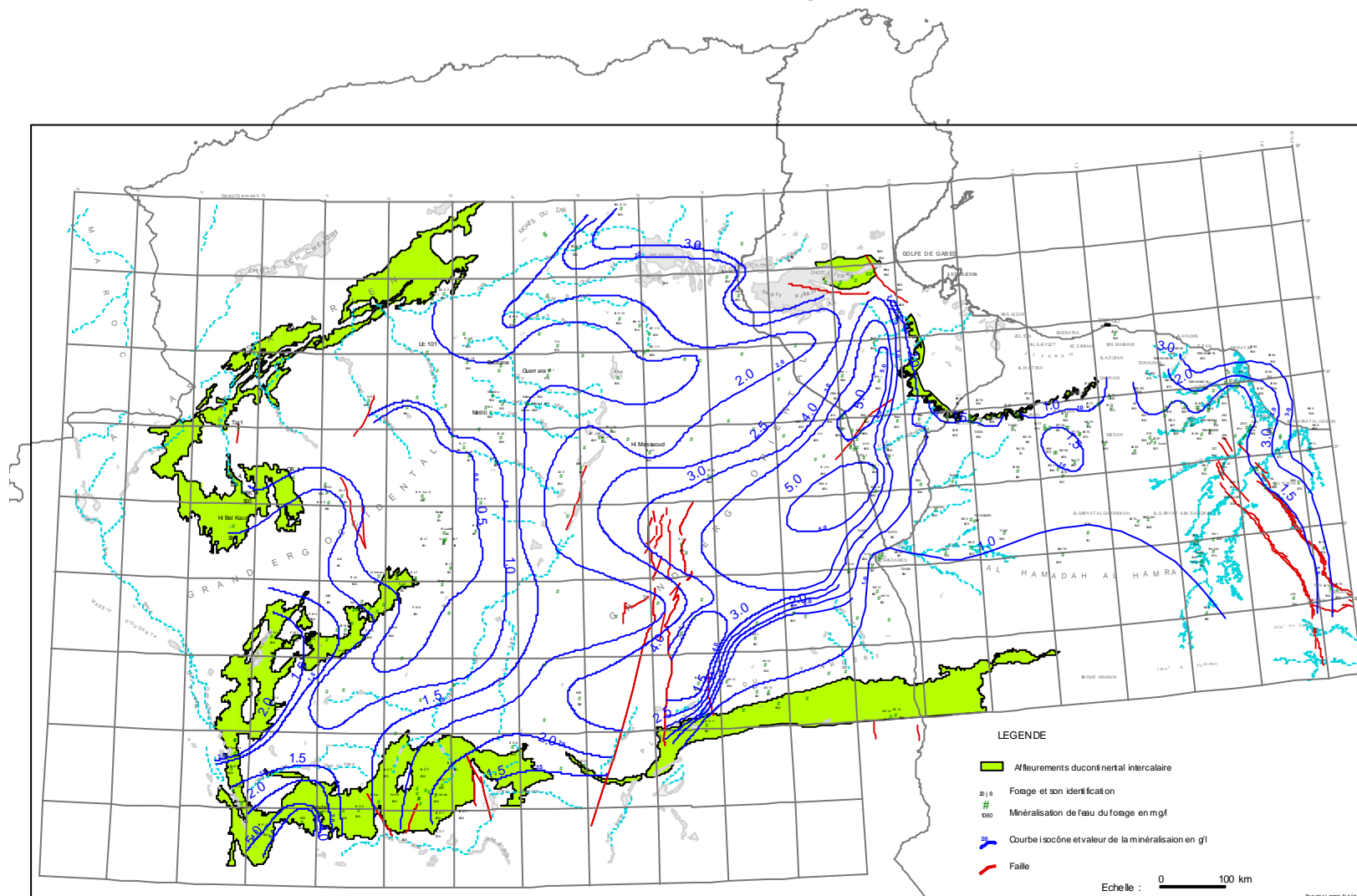
- au Nord-Ouest : la Vallée de la Saoura et la chaîne sud-atlasique,
- au Sud : les plateaux de Tademaït, d'Agemour, de Tinrhert et le Jabal Hassawnah, étant entendu que l'alimentation en provenance de ces zones n'est probablement pas une alimentation actuelle mais la continuation d'un écoulement dans les formations paléozoïques qui affleurent au Sud,
- à l'Est : plateau du Dahar et Jabal Nafusah.

Sur l'ensemble de ces zones d'alimentation, la minéralisation totale de l'eau du Continental intercalaire est assez souvent à moins de 1 g/l, probablement en raison de son origine dans des formations gréseuses à matrice peu soluble.

Les zones où cette eau est à sa plus forte concentration correspondent à la partie confinée de la nappe où la formation aquifère est la plus profonde. C'est particulièrement le cas des régions de :

- Bas-Sahara algéro-tunisien où la formation aquifère est souvent à plus de 1000 m de profondeur,
- Sous le Grand Erg Oriental où le Continental intercalaire est multicouche avec des niveaux particulièrement salés (sables du Barrémien supérieur et dolomie de l'Aptien),
- Sur le flanc oriental d'El Hamada Hamra, où l'écoulement souterrain dans les niveaux gréseux du Kiklah est en fin de parcours,
- Au nord-est où les formations gréseuses du Mésozoïque passent graduellement à des faciès carbonatés-dolomitiques peu perméables réduisant les vitesses d'écoulement et permettant un contact prolongé entre eau et roche au sein de l'aquifère

CARTE DE LA PIEZOMETRIE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE / KIKL



5.3.2.5. Variation verticale de la minéralisation

L'évolution verticale de la minéralisation ne semble pas être progressive au sein de l'aquifère, mais apparaît avec les changements lithologiques. Les horizons de minéralisation différente sont séparés par des couches plus ou moins argileuses qui ont généralement une épaisseur de quelques dizaines de mètres.

Tant que l'exploitation de la nappe du CI étaient relativement faible, cette hétérogénéité verticale de la minéralisation de l'eau n'avait pas une grande influence sur l'évolution de la salinité globale de l'eau du CI. Avec l'accroissement de l'exploitation, le déséquilibre piézométrique, induit par les prélèvements opérés dans les couches les plus perméables, a entraîné des échanges verticaux par drainance entre les différents niveaux superposés. Il en résulte une certaine homogénéisation de la salinité de l'eau avec tendance vers l'accroissement.

D'une manière générale, les minéralisations élevées observées dans certains horizons sont dues au fait que les niveaux aquifères qui les abritent sont relativement isolés de l'aquifère principal. Ces niveaux à plus faible perméabilité présentent une vitesse d'écoulement plus faible. La mise en charge contribue à rendre le temps de contact entre l'eau et la matrice rocheuse plus long.

Le tableau 22 montre quelques exemples de forages en Algérie, avec une variation verticale de la minéralisation de l'eau du Continental intercalaire en Algérie

Tableau 23 - Exemples de forages montrant une variation verticale de la minéralisation de l'eau du Continental intercalaire (Algérie)

Nom du forage		N1 3	Li 3	Li 4	Btr 1	Qd 1	Df 1A	Rg é	Ab 1	GE 1
Groupe:		Groupe I: Horizons salés en dehors de l'aquifère utile (RS de l'eau salée > 6 g/l)						Groupe II: Horizons salés dans l'aquifère utile (RS eau salée < 6 g/l)		
Situation géographique		Nord-ouest (ALG)	Nord-NW (ALG)	Nord-NW (ALG)	Gr. Erg Orient. (ALG)	Centre (ALG)	Centre-sud (ALG)	Sud-ouest (ALG)	Nord-Ouest (ALG)	Centre-Ouest (ALG)
Caractéristiques des horizons à eau douce	Minéralisation (g/l)	1.6	1.5	1.9	4.2	2.2	2.0	2.1	1.3	0.24 - 0.4
	Profondeur (m)	335 - 426	805 - 1210	675 - 1209	1136 - 1211	1325 - 1825	874 - 1983	301 - 580	260 - 780	57 - 287
Caractéristiques des horizons à eau salée	Minéralisation (g/l)	8.8	22	13	20	6.6	21	6	4	4.9
	Profondeur (m)	590	1650	1510	1070	1980	2100	750	930	510
Eau salée/ Eau douce					+					
Eau douce / Eau salée		+	+	+		+	+	+	+	+
Épaisseur totale des couches séparant les deux horizons		160	440	300	60	70	120	70	140	40
Épaisseur de la couche argileuse la plus épaisse		160	440	300	50	40	120	40	140	15

Au Sahara algérien, les couches inférieures du Continental intercalaire sont les plus salées et ce n'est que dans la partie supérieure que se localisent les niveaux aquifères de bonne qualité (Barrémien et Ablien).

En Tunisie, la situation est inverse dans le sillon des chotts (Chott Fedjej-Nefzaoua-Djérid) où le Continental intercalaire est dédoublé en plusieurs niveaux aquifères. La partie inférieure rattaché au Néocomien (Série de Kébeur el Hadj) y constitue l'aquifère principal dont l'eau présente la meilleure qualité chimique de la région. Les autres niveaux qui surmontent cette série (Barrémien et Aptien) contiennent de l'eau de plus mauvaise qualité.

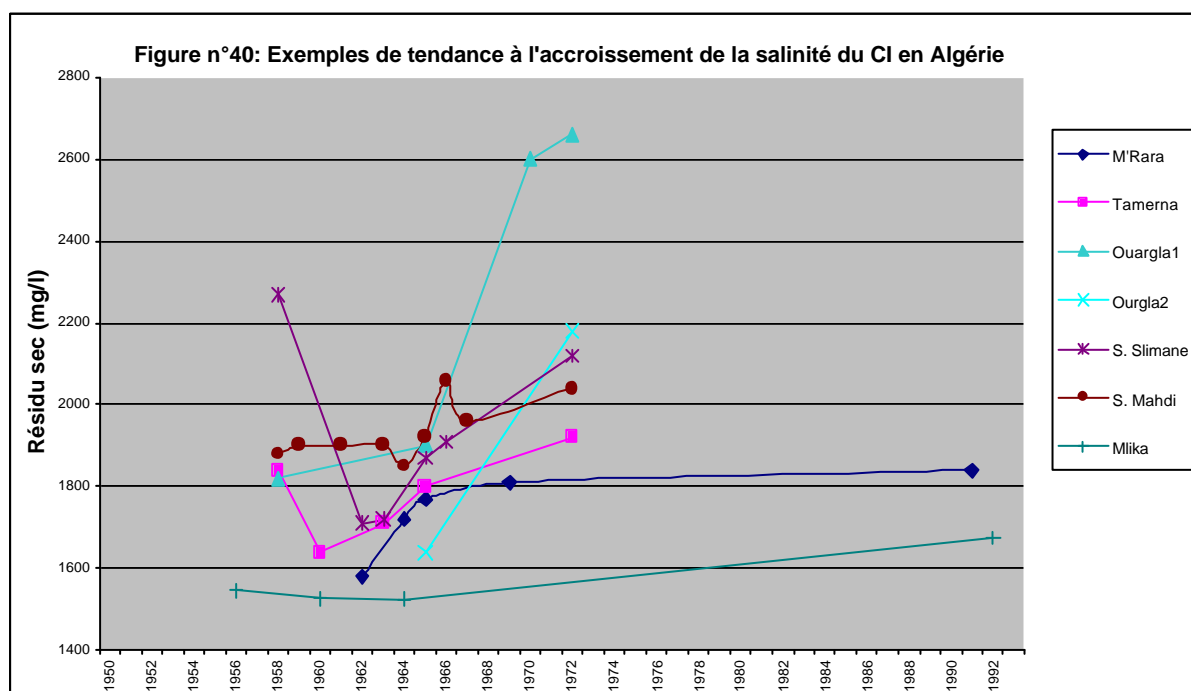
En extrême Sud, sur la plateforme saharienne, le continental intercalaire est principalement représenté par le Barrémien gréseux dont l'eau est de meilleure qualité que celle de l'Aptien dolomitique qui le surmonte.

Tableau n°24 : Exemples de forages montrant une variation verticale de la minéralisation de l'eau du Continental intercalaire (Tunisie)

Groupe		El Bahaïer			Limaguess		Taourgha		saïdane	
Nom du forage		El Bahaïer 19484/5	Oum El Ferth 1 5918/5	Oum El Ferth 2 6480/5	Limaguess CI8 19394/5	Limaguess 16729/5	Taourgha CI2 19199/5	Débabcha 19916/5	Saidane 19272/5	Mazraa Naji 5821T/5
Situation géographique		CF (Tunisie)	CF (Tunisie)	CF (Tunisie)	CF (Tunisie)	CF (Tunisie)	Kébili (Tunisie)	Kébili (Tunisie)	CF (Tunisie)	CF (Tunisie)
Caractéristiques des horizons à eau douce	Minéralisation (g/l)	2.68			2.3			2.3	3.0	
	Profondeur (m)	1268-1400			1568-1730			2119- 2290	715-745	
Caractéristiques des horizons à eau salée	Minéralisation (g/l)		5.24	3.35		3.8	2.68			4.0
	Profondeur (m)		480-660	302-354		540-583	900-1098			387-451
Eau salée/ Eau douce		+			+		+		+	
Eau douce / Eau salée										
Epaisseur totale des couches séparant les deux horizons		608			985		1021		264	
Epaisseur de la couche argileuse la plus épaisse		311			505		246		279	

5.3.2.6. Evolution de la salinité et de la composition chimique en fonction de l'exploitation

Les variations de la minéralisation totale des eaux dans les forages pour lesquels on disposait d'une série d'analyses chimiques, accusent assez souvent des fluctuations qui restent dans la limite des erreurs d'analyse. Certains de ces forages affichent cependant une légère tendance à l'accroissement dans le temps. C'est particulièrement le cas en Algérie, pour certains forages de Oued Rhir et de Ouargla comme illustré dans la figure 40.



Ce phénomène doit cependant être interprété avec prudence et il ne faudrait pas en déduire une nette tendance de l'accroissement de la salinité avec l'augmentation de l'exploitation. En réalité, l'évolution constatée pourrait n'être que le résultat d'une homogénéisation de la salinité au sein des différents niveaux aquifères pouvant se stabiliser avec le temps.

Les forages de l'Oued Rhir, qui accusent une certaine augmentation de la minéralisation totale avec le temps, montrent également un accroissement dans le temps de la teneur en sulfates ce qui traduit la mobilisation d'une eau plus chargée au sein de la nappe. C'est donc le lessivage des couches argileuses et semi-argileuses qui pourrait être à l'origine des modifications de salinité observées.

5.3.2.7. Evolution de la composition chimique en fonction de l'éloignement des zones d'alimentation

• Tunisie

Dans l'Extrême-sud tunisien, le rôle du Dahar comme zone de recharge actuelle est bien mis en évidence par l'évolution de la minéralisation totale de l'eau et de sa composition chimique en passant des zones où les formations du Crétacé inférieur sont affleurantes vers la partie où la nappe est confinée. Des radiales partant des forages périphériques du Dahar où la nappe du CI est soit libre soit faiblement ascendante, vers la zone du Grand Erg oriental où elle est largement en charge, montrent l'accroissement des salinités ainsi que l'augmentation de la composition chimiques principalement en Na^+ et Cl^- et accessoirement en Ca^{++} et SO_4^{--} (A. Mamou, 1990). Le passage de la partie libre de la nappe vers sa partie confinée se traduit par :

- un appauvrissement en bicarbonate dont la concentration est faible d'origine,
- une augmentation de la concentration en rCa^{++} et rSO_4^{--} avec presque toujours $\text{rSO}_4^{--} = 2 \text{ rCa}^{++}$. Ceci traduit probablement le lessivage du gypse au sein de la formation,
- une augmentation de la concentration en rNa^+ et rCl^- avec excès en rCl^- qui traduit une dissolution de NaCl contenu dans les formations évaporitiques sus-jacentes (cénomanien et sénonien lagunaire).

L'augmentation de pression et de température qui accompagnent la mise en charge de la nappe pourrait être à l'origine de ces lessivages.

Dans la région du sillon des Chotts (Djérid, Nefzaoua et Chott Fedjej), le faciès chimique de l'eau de la formation principale abritant la nappe du CI, est du type sulfaté-calcique et sodique. En extrême Sud tunisien, il est en revanche, chloruré-sodique et calcique. Dans le sillon des Chotts, l'eau du CI est moins concentrée en sels dissous ($\text{RS} : 2 \text{ à } 3 \text{ g/l}$) que celle de l'extrême Sud (pouvant atteindre 5.5 g/l) et elle n'accuse pas de variation notable en passant du Djérid vers Chott Fedjej.

Ces phénomènes sont illustrés par les figures 41 et 42.

Sur le plan vertical, la salinité de l'eau et sa composition chimique accusent des variations notables au sein des différentes formations aquifères rattachées au Continental intercalaire. Ce phénomène semble résulter de la mise en charge différentielle et de nature lithologique de la roche encaissante. La série des sables de Kébeur el Hadj est celle qui présente l'eau la moins salée. La dolomie aptienne est à eau fortement salée (plus de 5 g/l).

Figure 41 - Evolution de la composition chimique des eaux du CI en fonction de l'éloignement de la zone de recharge (Tunisie)

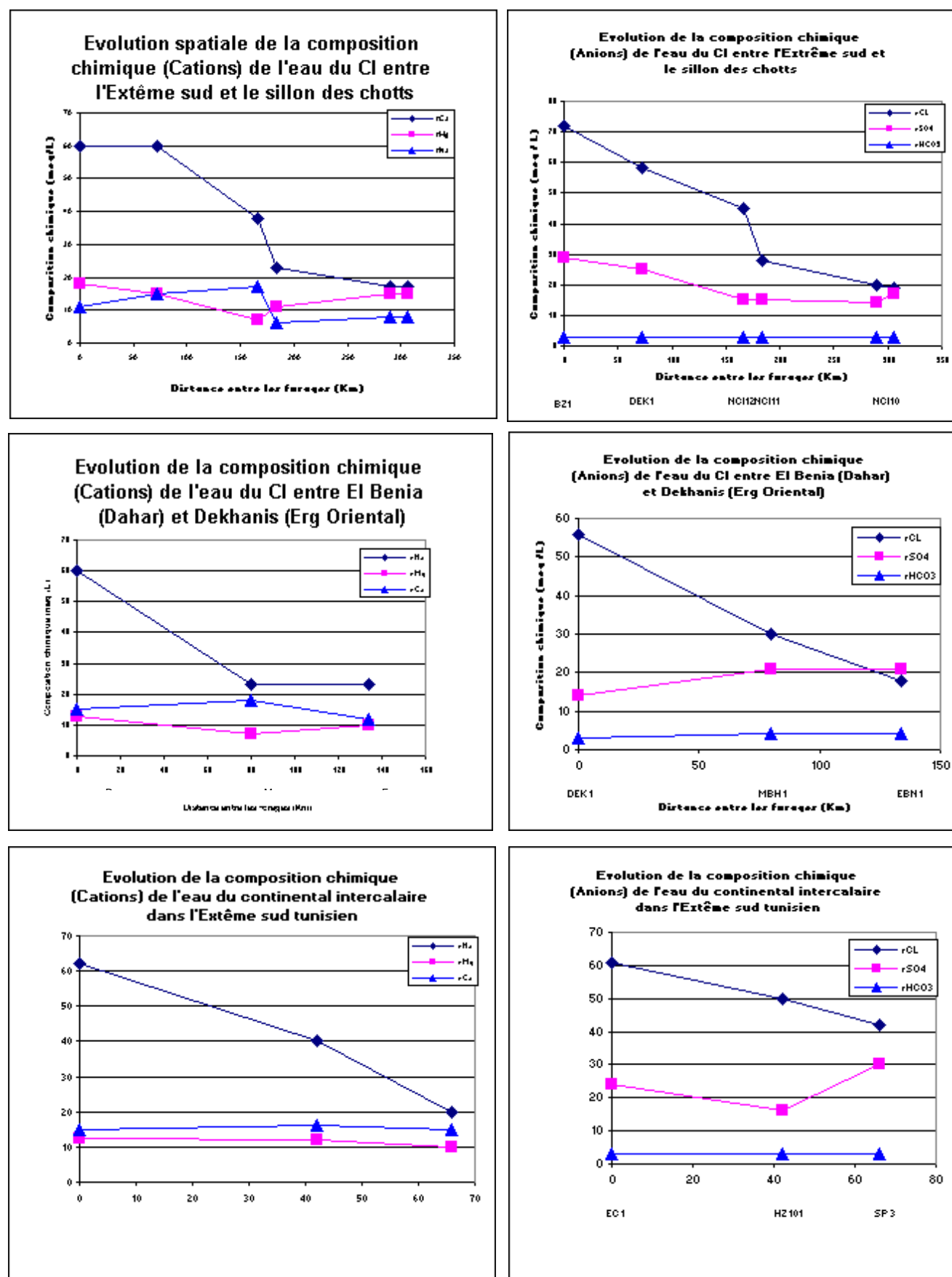
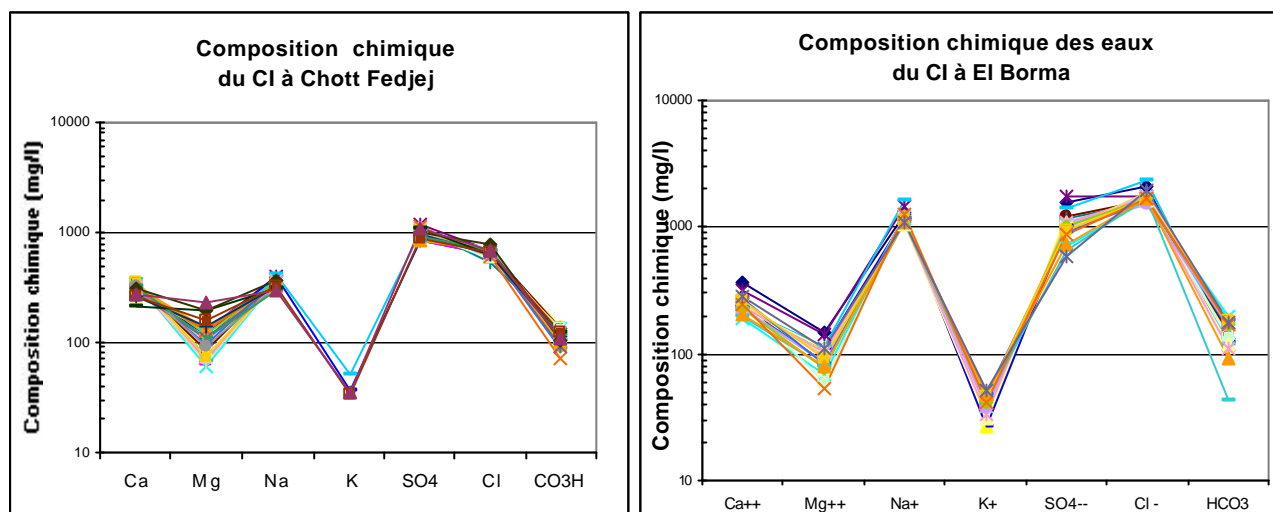


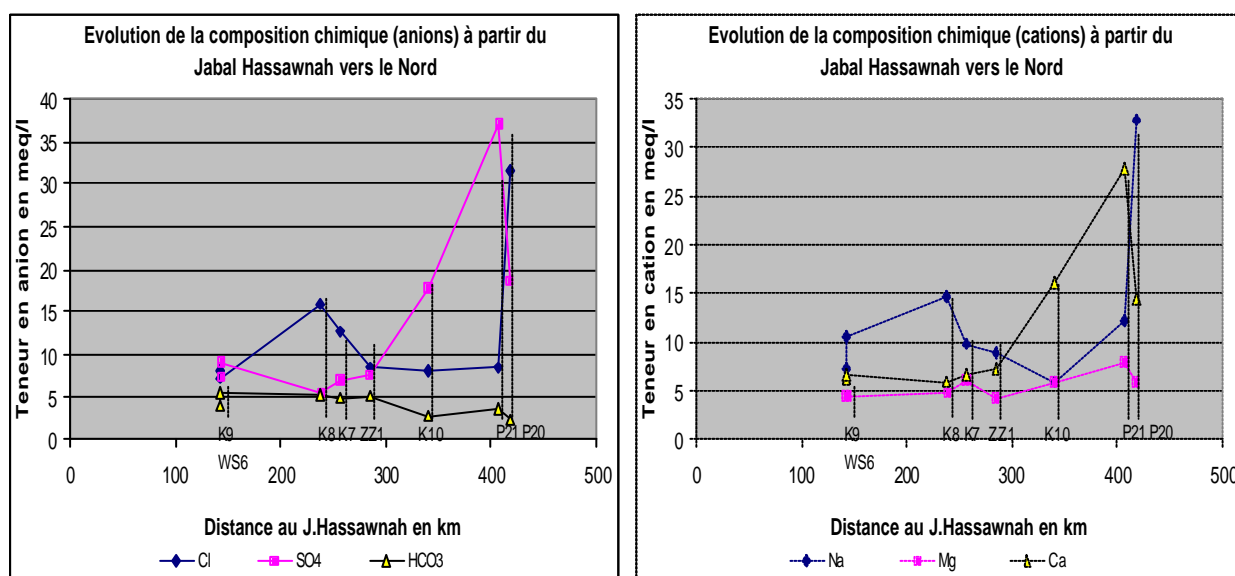
Figure 42 - Composition chimique des eaux du Continental intercalaire en Tunisie



- Libye**

La figure 43 montre l'évolution chimique des eaux du Kiklah depuis le sud-est où il est en continuité avec le Paléozoïque jusqu'au niveau de Tawurgha et à la mer au niveau de Zliten. L'eau passe d'un faciès chimique assez homogène au sud à un faciès sulphaté-calcique au niveau de Tawurgha puis à un faciès chloruré-sodique près de la mer à Zliten.

Figure n°43 – Evolution de la composition chimique des eaux du Continental intercalaire en Libye depuis Jabal hassawna vers le Nord



6 - CARACTÉRISTIQUES ISOTOPIQUES

Les aspects, sur lesquels l'étude des caractéristiques isotopiques est en mesure d'apporter une certaine contribution à la connaissance du fonctionnement hydrodynamique de la nappe du Continental intercalaire, sont:

- la différenciation des masses d'eau et leurs origines à l'aide des teneurs en isotopes stables,
- l'estimation du temps de résidence de l'eau dans les formations aquifères par la teneur en isotopes radio-actifs et l'activité en carbone-14 des carbonates dissous dans l'eau et l'estimation de la vitesse de l'écoulement souterrain,
- l'évaluation qualitative de l'alimentation actuelle à partir des affleurements,
- la mise en évidence de l'isolation et des intercommunications entre les différents niveaux aquifères du Continental intercalaire, d'une part, et les autres nappes qui leurs sont superposées, d'autre part.

Les techniques isotopiques ont été employées dans le cadre de l'étude ERESS afin de "préciser les apports éventuels entre les nappes et la vérification des hypothèses hydrogéologiques sur l'origine et le cheminement de l'eau"(ERESS, 1972). Préoccupée par l'homogénéité des teneurs isotopiques obtenues dans la partie jaillissante de la nappe, cette étude n'a examiné en détail que les relations d'échanges hydrauliques de la nappe du Continental intercalaire, avec les autres nappes du Sahara septentrional (Gonfiantini R., & al, 1974).

En Tunisie, une attention particulière a été accordée à l'alimentation actuelle et aux communications verticales de la nappe du Continental intercalaire (JF. Aranyossi & A. Mamou, 1985). L'utilisation des éléments radio-actifs autres que le ^{14}C comme le ^{36}Cl et ^{238}U (Fontes J.Ch., & al 1984 ; K. Zouari, 1986) a permis de mieux comprendre le passage de la zone libre de la nappe vers celle où elle est captive et de mieux apprécier les conditions paléoclimatiques de la mise en place des réserves en eau de cette nappe.

L'extension des études isotopiques vers les éléments en traces dans l'eau a permis de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamique de la nappe du Continental intercalaire (BGS, 1997).

En Algérie, l'effort dans les études isotopiques réalisées après 1972, a été principalement orienté vers la localisation des mécanismes d'échange entre les différents niveaux aquifères superposés et à la recharge récente sur les domaines des Ergs (A. Guendouz, 1985 et BGS, 1997).

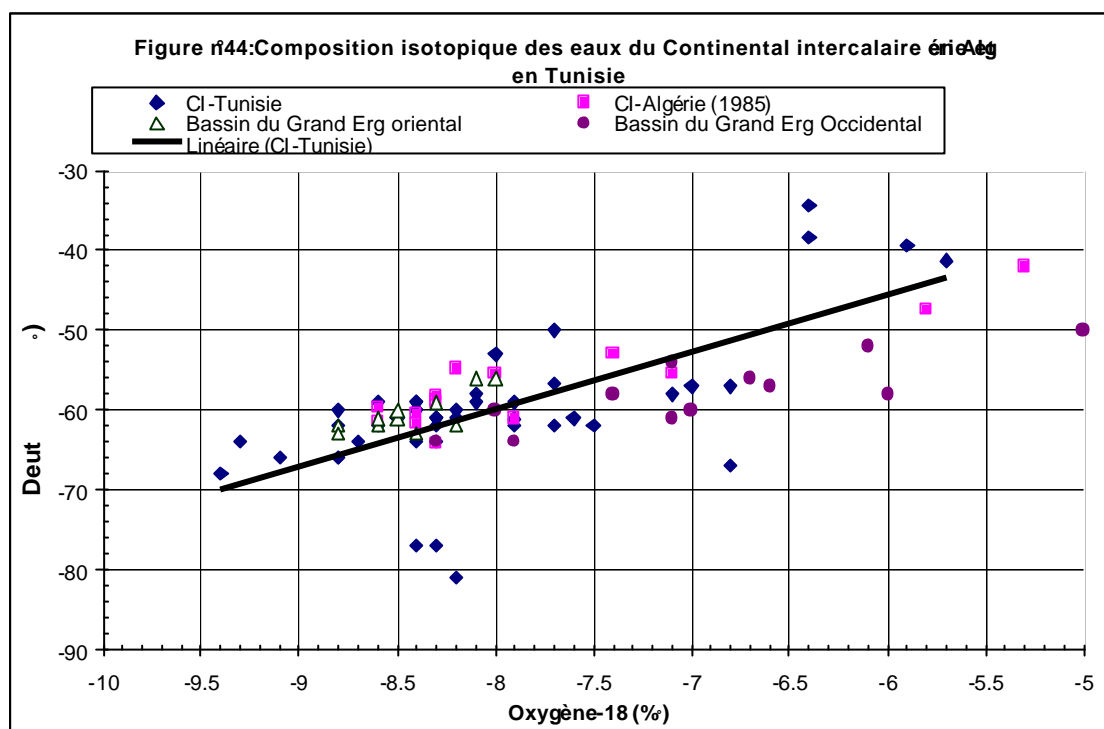
L'ensemble de ces études a permis de mieux comprendre le fonctionnement hydrodynamiques des aquifères du système saharien et d'évaluer la vitesse de circulation souterraine ainsi que les temps de transit.

6.1 - Nappe du Continental intercalaire

6.1.1. Zone centrale (*Bassin du Grand Erg Oriental*)

Dans cette zone, l'eau s'écoule vers l'exutoire tunisien. les valeurs de d^{18}O et d^2H sont très homogènes et l'intervalle de variation va de -7.6‰ à -9.1‰ pour d^{18}O de -56‰ à -66‰ .

pour d^2H . Les eaux les plus évaporées (fortes valeurs en $d^{18}O$ et d^2H) sont plus proches des zones d'alimentation qui sont, principalement, l'Atlas saharien et le Dahar (Figure n°44).



L'effet paléo-climatique est d'une importance capitale dans la composition isotopique de l'eau du Continental intercalaire du fait que les réserves en eau de cette nappe sont supposées avoir été emmagasinées à des époques où le climat était moins aride et plus froid. Cet effet se traduit par des teneurs plus faibles en isotopes stables dans les zones en charge sous l'Erg Oriental et en Bas-Sahara où l'effet de la recharge actuelle est moins perceptible. Il est ainsi attendu que l'eau du Continental intercalaire soit plus enrichie en isotopes lourds dans les zones proches de l'aire de recharge actuelle. Ceci est bien reflété par la répartition des teneurs en $d^{18}O$ qui permettent de distinguer les différentes zones ci-dessous citées.

6.1.2. Zone du Dahar

Dans la zone du Dahar, les teneurs en $d^{18}O$ et d^2H varient entre -5,4 ‰ et -6,79 ‰. Sur cette aire, la nappe est à faible profondeur et légèrement en charge ou libre. La pluviométrie est relativement élevée (150 – 250 mm/an) et les conditions de ruissellement et d'infiltration sont favorables à la recharge de la nappe.

Cette zone est parmi les mieux exposées à la recharge actuelle du fait que les affleurements des formations aquifères sont largement sillonnés par des oueds qui collectent le ruissellement.

6.1.3. Zone saharienne à nappe captive (Tunisie et Algérie)

La zone où la nappe est captive présente des teneurs en oxygène-18 allant de -9,3‰ à 7,7‰. Les teneurs les plus faibles correspondent à la partie la plus confinée de la nappe (Bas-Sahara). Dans cette zone, ces teneurs sont relativement faibles dans les formations gréseuses de base du Continental intercalaire.

Ainsi, **dans le Sud tunisien**, les séries "des grès à bois" et "des grès supérieurs" de Chott Fedjej-Nefzaoua surmontant les formations du Barrémien et du Néocomien (-7,6‰ à -

7,9‰) présentent des teneurs plus élevées en $d^{18}O$ que celles-ci. En extrême Sud tunisien et malgré une tendance généralisée vers des teneurs faibles en $d^{18}O$, la faible profondeur de la formation aquifère (sables du Barrémien) et la proximité de l'aire de recharge induisent un « rajeunissement » de ces eaux.

Sous le **Sahara algérien**, les teneurs en $d^{18}O$ varient de - 8‰ à -9,0‰. Ces valeurs sont caractéristiques de l'eau la moins évaporée des nappes sahariennes (Gandouz A., 1985). Des teneurs de même ordre de grandeur apparaissent dans le Sud tunisien et sous la Hamada EL Hamra là où la nappe du Continental intercalaire est profondément enfouie et captive. Les eaux du Continental intercalaire sont d'autant moins influencées par l'aridité du climat actuel que la formation aquifère est plus profonde et bien mise en charge.

En Algérie, il y a lieu de distinguer, les deux sous-bassins : Grand Erg Oriental et Grand Erg Occidental. Dans le bassin du Grand Erg Oriental, la nappe du Continental Intercalaire est souvent en charge. Elle est largement confinée (à plus de 1000 m de profondeur), particulièrement dans la région du Bas-Sahara. Dans le Bassin du Grand Erg occidental, cette nappe est souvent libre ou à faible pression avec une large zone où la formation aquifère est affleurante. C'est en particulier dans cette zone qu'aboutissent les oueds descendant de l'Atlas saharien.

Dans le bassin du Grand Erg oriental, les teneurs en oxygène-18 varient de -7.1‰ à -8.6‰. Les valeurs les plus faibles sont caractéristiques de l'eau des nappes fossiles du Sahara qui sont bien protégées de tout apport récent (Gonfiantini et al., 1974 & Gandouz A., 1985). Ces teneurs apparaissent également dans le Sud tunisien là où la nappe du Continental intercalaire est captive. Elles sont d'autant plus faibles que la formation aquifère est plus ancienne. On considère les valeurs de $d^{18}O = -8.4 \pm 0.4\%$ et $d^2H = 61 \pm 3\%$ autours desquelles se concentrent les teneurs des eaux du CI comme étant les plus caractéristiques des réserves géologiques de la nappe.

En se rapprochant des zones de bordure (Plateaux de Tinrhert et du Dahar), les teneurs en $d^{18}O$ et d^2H sont plus hautes. Ces eaux sont généralement à faible activité en ^{14}C . Ce n'est que dans les aires de recharge ou à proximité de celles-ci que les teneurs en ^{14}C deviennent assez élevées. C'est le cas des valeurs de 54.7% de ^{14}C à Laghouat sur le revers sud de l'Atlas saharien, de 44.9 à 53.3% sur le Dahar, de 22.8% à Fort Flatters et de 17.3% à Tabankort dans le Tinrhert. Ces teneurs en ^{14}C décroissent depuis les zones de recharge sous la Hamada de Tinrhert et les dunes du Grand Erg Oriental et rendent compte du temps de parcours souterrain.

Certaines sources de Chott Fedjej ou de quelques puits de surface captant des formations proches des affleurements du Crétacé inférieur du Dahar qui ont révélé la présence du tritium dans leurs eaux n'ont jamais montré des teneurs dépassant 16 U.T. (cas de Aïn el Guettar à Chott Fedjej). Il est fort probable que les traces en tritium détectées proviennent d'une recharge locale ou d'une contamination à l'air libre.

D'une façon générale, en dehors des zones de recharge, l'eau du Continental intercalaire est dépourvue de 3H (moins de 30 ans d'âge). Ce sont donc essentiellement des eaux anciennes qui ont pris place dans la nappe durant une longue période. La mise en charge de la nappe a fait que les eaux les plus anciennes sont celles qui sont dans la partie confinée de la nappe. Celles ayant subi le mélange avec des eaux plus récentes se localisent à proximité des aires de recharge où la nappe est libre à ascendante.

Les âges les plus faibles et les moins homogènes s'observent sur le pourtour des zones de recharge comme le Dahar (1000 à 24 000 ans). Comparés à ceux des eaux de Kikla en Libye, ces âges se révèlent de même ordre de grandeur et traduisent la même dispersion (Salem O., & al, 1980, SRDOC D., & al, 1980) ce qui dénote un effet similaire de recharge.

La vitesse de circulation souterraine de la nappe est évaluée dans la zone confinée de la nappe entre Oum Zab ($\delta^{14}\text{C}=2,9\pm0,4\%$), El Borma 203 ($\delta^{14}\text{C}=1,4\pm0,3\%$) et Bir Zobbas ($\delta^{14}\text{C} = 0,4\pm0,6\%$). Elle est estimée entre 3 et 6 m/an. Cette vitesse, estimée entre la zone d'infiltration (Nekrif) et la partie en charge de la nappe (Bordj Bourguiba), conduit à une valeur de 1 à 2 m/ an ce qui porte à 25 000 ans le temps nécessaire pour que l'eau qui s'infiltre sur le bord oriental du Dahar parcourt une distance de 35 km. Sur la base d'une telle constatation, il a été admis dans la partie algérienne (DRAY M., & al, 1983) que les eaux de la nappe du Continental intercalaire correspondent à une période climatique plus froide et plus humide que celle actuelle.

Certaines estimations de l'âge de l'eau (Gonfiantini et al., 1974), faites après correction et en se référant aux teneurs en $\delta^{13}\text{C}$ et du pH, donnent des valeurs évoluant entre 46 000 (Oued Nekhla- Tunisie) et 18 000ans (Ech Chouech-Tunisie). Les valeurs les plus élevées en âge (>35 000ans) sont proches de la limite de la méthode du $\delta^{14}\text{C}$. A l'échelle du bassin du Grand Erg Oriental, les teneurs en oxygène-18 dans la partie captive de la nappe, sont plus homogènes et généralement faibles. L'homogénéité de ces teneurs depuis le Sahara algérien jusqu'au bassin d'el Hamada el Hamra en Libye (Gandouz A., 1985 ; Salem O., & al, 1980) en passant par le Sud tunisien, laisse supposer que ces eaux relèvent d'un épisode climatique assez homogène et moins aride que l'actuel.

L'estimation des âges des eaux du CI (ERESS, 1972f, Aranyossy J.F. & Mamou A., 1986) corrigée à l'aide des teneurs en carbone-13, donne des valeurs qui oscillent entre 9950 ± 330 ans et 46000 ± 12000 ans. La répartition géographique de ces âges montre que les valeurs les plus élevées correspondent à la partie captive de la nappe dont les teneurs en oxygène-18 sont faibles. La dispersion des autres valeurs traduit une certaine répartition sur l'aire de recharge de la nappe. Plus les conditions d'infiltration de l'eau moderne sont favorables, moins est élevée la valeur de l'âge de l'eau.

Les âges les plus élevés (25.000 à 46.000 ans) s'observent dans la partie confinée de la nappe ce qui est le cas d'une grande partie du Continental intercalaire du bassin du Grand Erg oriental en Algérie (Gandouz A., 1985). Les teneurs en carbone-14 y sont de l'ordre de la limite de détection de cette méthode de datation ce qui suggère que ces eaux peuvent être beaucoup plus anciennes que sa portée théorique (40.000 ans).

D'une façon générale, les plus vieux âges des eaux sahariennes s'échelonnent entre 50 000 et 20 000 ans avec des valeurs plus élevées dans la partie où la nappe est confinée et jaillissante. L'estimation des paléotempératures à l'aide des gaz rares (Rudolph J., & al 1984) a montré qu'à cette époque correspondraient des températures plus basses que l'actuelle de 2°C au moins. La valeur de 18°C a été estimée pour les eaux d'el Golea sur l'Erg occidental en Algérie ainsi que pour celles de Ksar Ghilane dans le Sud tunisien (Fontes J.Ch., & al, 1984).

Les âges corrigés varient entre 20 et 40 000 ans. Les eaux du Continental intercalaire ont pris place dans la nappe lors de la phase humide majeure du Pléistocène inférieur, reconnue dans plusieurs ensembles aquifères du globe. Cette période est la principale période de constitution des réserves géologiques des nappes sahariennes.

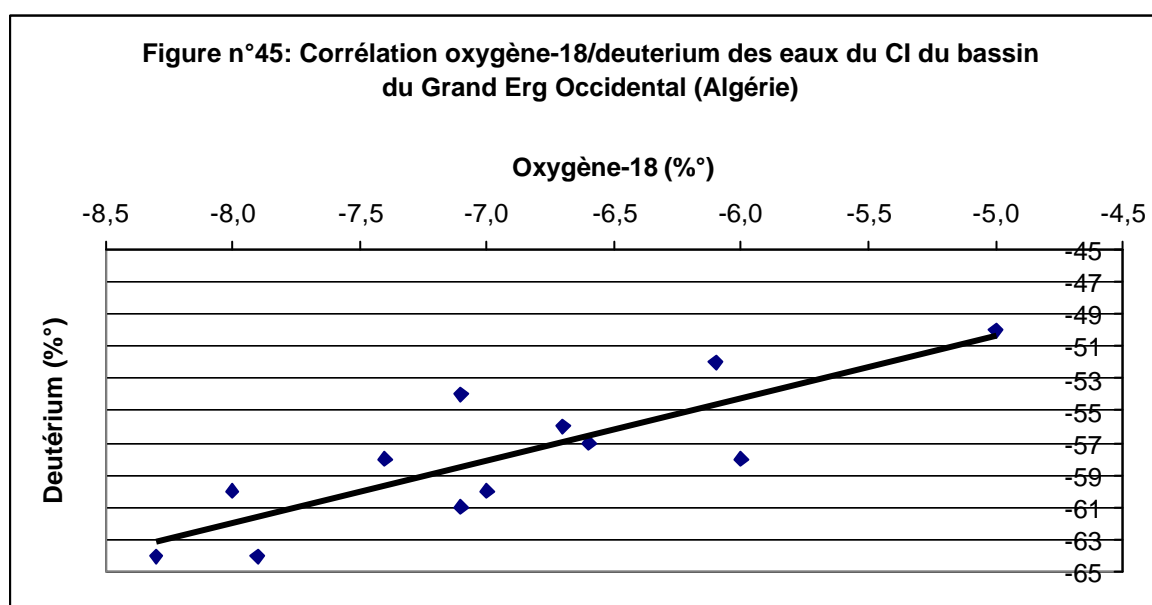
6.1.4. Zone occidentale (Bassin du Grand Erg Occidental)

A l'exception du plateau de Tademaït, la nappe du CI est soit libre soit recouverte par les dunes du Grand Erg occidental. Les zones d'affleurement du Crétacé inférieur constituent les exutoires naturelles de la nappe. Les teneurs en isotopes stables y sont très variables ($\delta^{18}\text{O} = -9.6\text{‰}$ à -4.1‰). La zone du Tidikelt présente des valeurs très proches de celles du

bassin du Grand Erg oriental, mais sont avec une activité plus importante en ^{14}C (4 à 40%) ce qui prouve une contribution locale à l'alimentation de la nappe.

Ces apports locaux sont à l'origine de mélanges d'eaux au sein de l'aquifère qui donnent des âges apparents étalés sur plusieurs milliers d'années. Dans le Touat et le Gourara où les eaux du CI affichent des activités élevées en ^{14}C (jusqu'à 60%), les teneurs en isotopes stables sont variables mais plus élevées que celles rencontrées dans le Tidikelt. A l'Est et au Sud du Grand Erg occidental, les eaux du CI affichent des compositions isotopiques identiques à celles des eaux de la nappe de l'Erg. Cette région correspond à une vaste zone de déversement des eaux du Grand Erg dans la nappe du CI.

Sous le plateau de Tademaït, les teneurs en isotopes lourds décroissent du Nord vers le Sud, ce qui suggère une contribution décroissante des eaux du Grand Erg. Cette contribution est particulièrement sensible au niveau de la Gourara. Les eaux qui proviennent du Grand Erg sont alors mélangées à celles de la nappes et circulent dans la direction de l'exutoire de la nappe dans le Touat.



6.1.5. Bassin saharien libyen

Sous la Hamada Al Hamra en Libye, les teneurs en isotopes stables se rangent entre -8.2‰ et -9.3‰ pour ^{18}O et de -56 à -70‰ pour le ^2H par rapport au SMOW. Ces valeurs sont parmi les plus fortes dans la région et correspondent ainsi à celles trouvées pour l'eau du Continental intercalaire de la partie captive de la nappe (O. Salem et al., 1996). Dans les zones où la formation Kikla est en continuité avec le Cambro-Ordovicien, ces teneurs sont plus faibles et atteignent même pour $^{18}\text{O} = -10.9\text{‰}$ et $^2\text{H} = -80.7\text{‰}$.

Dans la partie orientale du bassin saharien libyen (W. Zamzam, Ayn Tawurgha...), les teneurs en isotopes stables de l'eau de la formation Kikla sont de même ordre de grandeur pour des profondeurs de captage similaires (O. Salem et al., 1985). Elles traduisent des conditions climatiques similaires de mise en place des réserves aquifères.

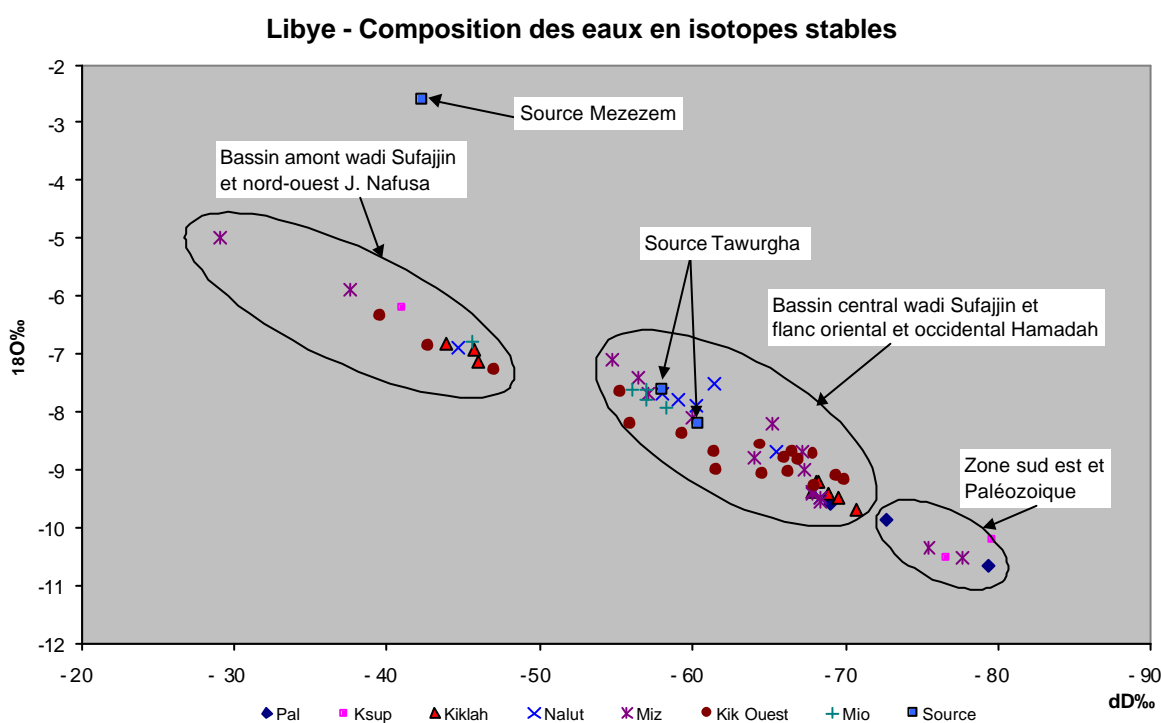
Les teneurs en ^3H sont faibles (<2 UT) et les activités en ^{14}C souvent faibles (de 1 à 5 %) donnant ainsi des âges de l'eau entre 16 800 et 31 500 ans pour des profondeurs de captage de 600 à 1200 m. Ces caractéristiques isotopiques sont celle de la nappe confinée. Les valeurs élevées de l'excès du ^2H ($+2$ à $+12$) sont le signe d'une infiltration d'eau

météorique sous des conditions climatiques très variées (époques différentes). Cet enrichissement en ^2H est plus fort dans les sondages qui sont proches des reliefs de Jabal Nafusa (Nalut, Zintan) dont les eaux semblent être très influencées par des apports en « eau moderne ».

La relation $d_{18}\text{O}\text{‰} / d\text{D}\text{‰}$ (figure 46) pour toutes des eaux d'El Hamada Al Hamra avec groupements par zone, toutes origines confondues montre que la zone la plus enrichie en isotopes stables ($d_{18}\text{O}$ compris entre -7 et -5 ‰ et $d\text{D}\text{‰}$ compris entre -45 et -30 ‰) correspond au bassin amont de Wadi Sufajjin et à la partie occidentale de Jabal Nafusah dans les zones d'affleurement du Crétacé supérieur. Cette zone est le siège d'une alimentation annuelle des nappes, principalement de celles contenues dans les formations du Crétacé supérieur. L'alimentation des nappes prend place essentiellement dans les oueds au cours des crues hivernales. Les valeurs élevées des isotopes stables sont un indice de l'alimentation actuelle bien que les teneurs en Tritium soient toujours très faibles. Cette apparente anomalie s'explique par le fait que l'enrichissement en eau météorique et donc en Tritium ne survient que dans les zones où le niveau de l'eau est relativement proche de la surface, c'est-à-dire dans le fond des oueds.

Les forages sur lesquels les analyses isotopiques ont été réalisées captent des aquifères situés à plusieurs centaines de mètres de profondeur qui subissent les effets de l'alimentation mais à retardement. Les compositions isotopiques résultent ainsi du mélange d'eaux météoriques récentes et d'eaux anciennes stockées dans les aquifères.

Figure n°46 : Composition en isotopes stables des eaux d'El Hamada El Hamra en Libye



Les eaux à très faible teneur en isotopes stables correspondent aux eaux des aquifères paléozoïques du sud du bassin saharien et à celles du Crétacé supérieur (Mizdah) en relation directe avec l'aquifère cambro-ordovicien. Le Carbone 14 fournit pour ces eaux des âges supérieurs à 25000 ans.

Le groupe d'eaux intermédiaires inclut pratiquement toutes les eaux des aquifères crétacés (Kikla, Nalut, Mizdah) en provenance de la zone centrale, entre les parallèles 30° et 31°30', des deux côtés de la Hamadah al Hamra. Il convient, cependant, de noter que les eaux du Kikla en provenance du flanc oriental de la Hamadah ont une composition en isotopes stables très proche de celle des eaux du Paléozoïque.

Ce groupe contient également les eaux de la source Tawurgha dont la position par rapport aux autres eaux du bassin, suggère un mélange d'eaux anciennes (Kikla-Paléozoïque) et d'eaux plus récentes en provenance du bassin amont du Wadi Sufajjin. Cette hypothèse est confirmée par l'allure des courbes isopièzes qui indiquent la double origine de eaux de la source.

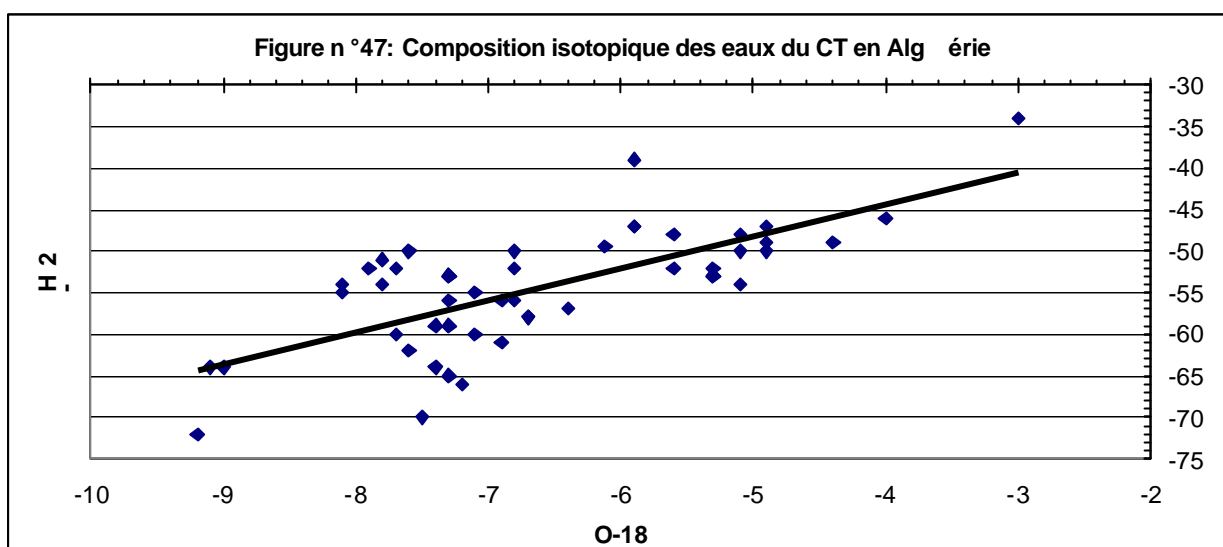
La source Mezezzem située à proximité de Ghadamis forme un cas particulier d'un mélange d'eaux anciennes en provenance des horizons profonds et d'eaux modernes fortement enrichies des horizons superficiels de la sabkha.

En comparant plusieurs aquifères des grands bassins comme ceux du Sahara et des Grès de Nubie C. Sontag (Sontag C., & al, 1978) constate que ces nappes présentent des eaux dont les caractères isotopiques sont homogènes. Elles renferment des eaux très appauvries en oxygène-18 et avec peu de carbone-14. Ceci a été expliqué comme le résultat de conditions climatiques similaires à l'époque de la mise en place des réserves aquifères de ces nappes. Le climat de cette époque se caractérisait par des températures inférieures de quelques degrés que l'actuel. On suppose aussi que l'origine des précipitations était océanique avec un taux d'humidité plus élevé que celui qu'on observe de nos jours dans ces régions arides.

Le domaine du Dahar tuniso-libyen correspond à l'aire où la nappe du Continental intercalaire est la mieux exposée à la recharge à partir des eaux d'infiltration. Corrélés avec la profondeur de captage, les âges des eaux de cette zone montrent une dispersion qui est plus importante sur le Dahar libyen. En Tunisie, une certaine corrélation apparaît entre l'âge de l'eau et la profondeur à laquelle elle est captée ce qui traduit dans cette zone, un écoulement vertical prépondérant par rapport à l'écoulement horizontal. Comparée à la composition en isotopes stables des eaux du bassin de Kufra en Libye, celle du Continental intercalaire du Dahar présente des teneurs similaires ce qui traduit une certaine zonalité climatique à l'époque de la mise en place des réserves de ces nappes sahariennes.

6.2 - Nappe du Complexe terminal

La composition isotopique des eaux du Complexe terminal reflète l'hétérogénéité du réservoir aquifère ainsi qu'une plus grande accessibilité de ses différents niveaux aquifères à la recharge actuelle. Le domaine de variation des teneurs en isotopes stables est plus large dans le cas du CT que pour le Continental intercalaire, avec des valeurs allant de -9.3 à -3.9‰ (Figure 47). Les zones localisées sous les dunes des deux Grands Ergs se caractérisent par un enrichissement en isotopes lourds qui reflète l'effet du climat aride actuel.



Les eaux du Complexe terminal traduisent partout un cachet d'eau marquée par l'évaporation. Cet enrichissement en isotopes lourds est également marqué dans les eaux de pluie actuelles qui reflète l'effet de l'aridité du climat. La recharge de la nappe du CT semble avoir varié dans le temps parallèlement à l'évolution du climat durant les derniers millénaires. L'enrichissement en isotopes lourds, qui s'observe même dans les eaux les plus confinées de cette nappe (El Oued en Algérie), s'explique par une recharge paléoclimatique qui a subi des modifications dans la composition isotopique des eaux au cours de l'évolution de l'aridité. Dans ce processus, qui se poursuit encore, deux zones de recharge sont à distinguer :

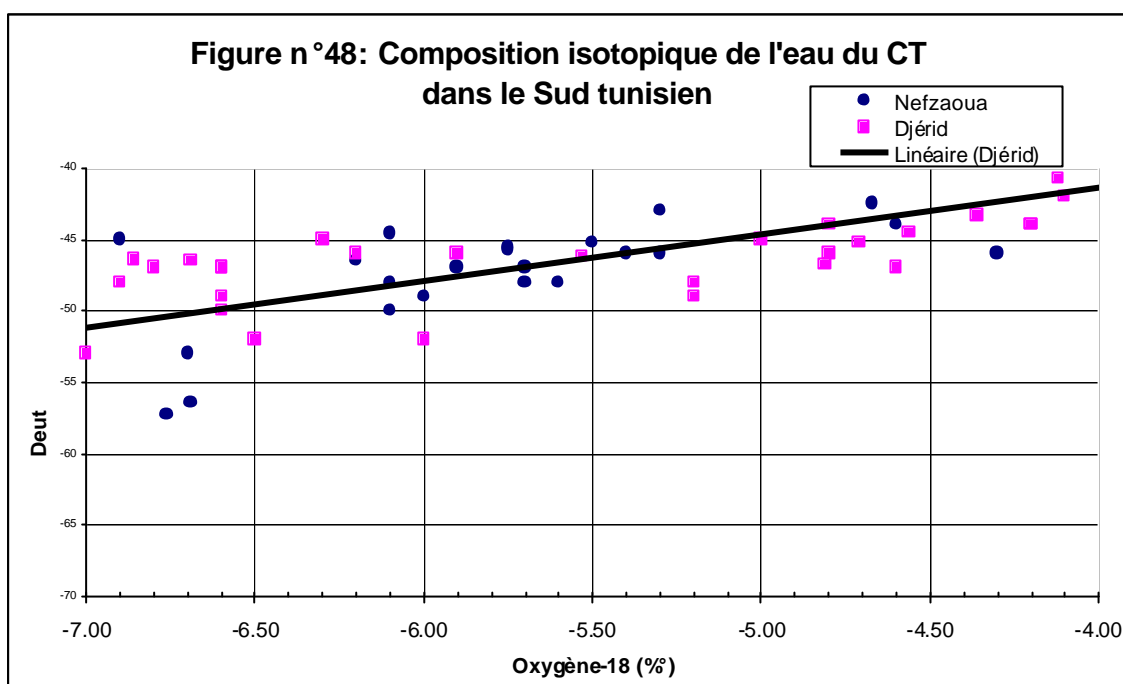
- les zones où les formations aquifères du CT sont en affleurement. L'infiltration y est plus rapide et l'évaporation n'intervient pas,
- les zones dunaires des Ergs où l'infiltration directe n'est que partielle du fait de la reprise de l'eau par évaporation dans la zone non saturée ce qui est à l'origine d'un enrichissement isotopique jusqu'à la forte pluie qui arrive à lessiver l'ensemble et contribue à la recharge effective de la nappe.

6.2.1. Nappe des sables mio-pliocènes

Dans la vallée de Oued Rhir en Algérie, les teneurs en isotopes lourds sont assez hétérogènes ($\delta^{18}\text{O} = -5$ à -7.2‰ et $\delta^2\text{H} = -48$ à -56‰) et plus faibles que celles des eaux météoriques actuelles ce qui permet d'en déduire que ces eaux ont subi l'évaporation avant de rejoindre la nappe (A. Gandouz, 1985). Entre Ouargla et la zone des Chotts algériens (exutoire de la nappe), les teneurs en isotopes lourds sont proches de celles de la nappe du Grand Erg Oriental.

Ce caractère évaporé des eaux de la nappes des sables est lié au mécanisme de son alimentation. En effet, cette nappe est en charge sous le Bas-Sahara sauf à ses bordures ouest et sud où s'effectue son alimentation actuelle à partir des eaux de surface.

La bordure ouest (limite d'extension des sables aquifères) correspondait autrefois à une zone d'évaporation puisque la nappe était jaillissante. Actuellement, les eaux des pluies et celles qui ruissellent dans les oueds de l'Atlas saharien subissent l'évaporation avant de rejoindre la nappe.



La nappe logée dans les sables mio-pliocènes du sud tunisien (Sud-ouest du Chott Djérid et le Djérid) contient des eaux qui reflètent les mêmes caractères en isotopes lourds que celles du Grand Erg oriental en Algérie, avec des teneurs en $d^{18}O = -4.8$ à -4.6‰ . Sur le Draa Djérid, où ces sables sont en affleurement, les teneurs en $d^{18}O = -4.36$ à -3.9‰ indiquent ainsi un pourcentage en eau évaporée non négligeable.

En dehors de la région de Deghoumes, les teneurs en ^{14}C des eaux du CT du Djérid sont partout faibles traduisant ainsi des âges relativement élevés. La vitesse d'écoulement souterrain y est estimée à partir des âges corrigés à 2- 4 m/an.

6.2.2. Nappe des calcaires

La composition en isotopes lourds de l'eau de la nappe des calcaires montre en Algérie, des teneurs également assez dispersées avec une moyenne de $d^{18}O = -7.42$ à $\pm 0.47\text{‰}$ et $d^2H = -49.3 \pm 3.6\text{‰}$ (excès de +10 en moyenne).

Dans la Nefzaoua en Tunisie, les teneurs en isotopes lourds sont plus élevées que celles des eaux des sables, mais accusent une dispersion qui résulte de la proximité de l'aire de recharge du Dahar.

Les teneurs en ^{14}C des points d'eau situés à proximité de l'aire d'affleurement de l'aquifère indiquent des activités relativement significatives d'une certaine contribution d'alimentation moderne de la nappe. Un gradient décroissant de concentration en ^{14}C existe dans la Nefzaoua entre Douz et Kébili conformément au sens d'écoulement de la nappe. Ce gradient permet d'évaluer la vitesse d'écoulement souterrain de 1 à 2m/an (A.Mamou, 1990).

Les âges bruts de l'eau du CT de la Nefzaoua s'échelonnent entre 3500 (Douz) et 27 000 ans (Aïn Tawurgha). Les plus faibles valeurs (<10 000ans) sont plus proches des zones de recharge et les plus élevées (18000 à 27 000 ans) correspondent aux eaux qui sont plus confinées et plus proches de l'exutoire.

Le long de la vallée de l'Oued Rhir, entre Djemaa et Mghaier, les niveaux aquifères sableux du Mio-pliocène se trouvent séparés des calcaires sénoniens et éocènes par l'Eocène

moyen maro-évaporitique. Les teneurs en isotopes lourds des eaux de cette zone se répartissent sur une droite de mélange dont les pôles seraient constitués par :

- des eaux non évaporées en provenance par drainance, des calcaires sénoniens et éocènes sous-jacents. Cette drainance se justifie par la différence dans les charges piézométriques de la nappe des calcaires par rapport à celle des sables.
- des eaux évaporées en provenance d'El Oued (Grand Erg oriental) et de l'alimentation sur la bordure ouest de la nappe.

6.2.3. Nappes des Grands Ergs

La nappe du Grand Erg occidental circule dans la dalle de calcaire dolomitique de la Hamada supportant les dunes de l'Erg. Cette nappe est accessible à faible profondeur. Ses ressources proviennent essentiellement de l'alimentation actuelle à partir des eaux de pluies (après ruissellement). Les teneurs en isotopes lourds de ces eaux témoignent d'un enrichissement dû à l'évaporation.

A travers la corrélation des teneurs en ^{18}O et ^2H , il a été possible de distinguer deux groupes d'eau :

- un groupe d'eaux non évaporées qui s'alignent sur la droite des eaux des précipitations actuelles. L'intersection de cette courbe avec la droite des eaux météoriques se situe au point $^{18}\text{O} = -8\text{‰}$ et $^2\text{H} = -60\text{‰}$.
- un groupe d'eaux évaporées qui s'alignent suivant une pente de droite inférieure à celle des eaux météoriques

Ces deux groupes traduisent le mécanisme d'alimentation récente de la nappe à partir des eaux de pluie. Le premier groupe correspond à l'eau qui s'infiltre directement sur les dunes sans ruissellement et le deuxième groupe à celui des eaux de crues qui ruissellent dans les oueds.

6.2.4. Nappe du Turonien

La nappe du Turonien est captée dans l'extrême Sud tunisien sur le piémont occidental du Dahar et entre Jabal Nafusa et Ghadamès. Les cachet isotopique des eaux de cette nappe est proche de celui des eaux du Continental intercalaire. Ces eaux se caractérisent par de faibles teneurs en isotopes stables ($^{18}\text{O} = -8$ à -9.5‰ et $^2\text{H} = -60$ à -65‰).

En regard de la profondeur relativement importante de cette nappe (plus de 600 m), son aire d'affleurement limitée et son confinement, il est attendu que son alimentation récente et moderne soit limitée. Là où elle est présente, elle présente des teneurs en isotopes stables qui sont très faibles et pratiquement identiques à celles des valeurs les plus basses du CI (Dahar tuniso-libyen). L'âge des eaux logées dans ce niveau aquifère est souvent supérieur à 20 000 ans.

6.3 - Conclusion

Les eaux du Système Aquifère du Sahara Septentrional résulte d'un long processus de mise en place des réserves qui s'échelonne sur plusieurs dizaines de milliers d'années. L'essentiel des réserves géologiques localisées dans la partie confinée de la nappe, a pris place à une époque où le climat de la région était plus pluvieux (pluviaux quaternaires de – 150 000 à – 20 000). Cette phase a atteint son apogée avec la transformation des dépressions des chotts tuniso-algériens en de grandes lagunes (lacs à Cardium) dont

l'extension était de deux à trois fois leur superficie actuelle. Cette phase correspond également à la mise en charge des niveaux confinés du système et à la manifestation des principales sources de la région tant au niveau du CI que du CT.

Avec l'aridification progressive du climat, a débuté la vidange lente et continue du système aquifère. Le jaillissement des sources était la manifestation du débordement de ces nappes, mais la mise en charge des niveaux aquifères n'a fait que régresser compte tenu de la réduction de l'alimentation sur les bordures. Depuis, le système aquifère connaît une décompression de plus en plus importante depuis la fin du 19^e siècle lors de la création des premiers forages d'eau dans la partie tuniso-algérienne. Au 20^e siècle, ce phénomène s'est beaucoup intensifié en particulier depuis les années 80, suite à la création des sondages dont l'impact n'a pas tardé à se manifester par le tarissement des principales sources de la région et l'affaiblissement des débits artésiens des sondages.

Les zones d'affleurement des formations aquifères ont continué à jouer le rôle d'aires de recharge, mais avec des apports faibles aux nappes compte tenu des quantités de pluie relativement faibles, irrégulières et espacées dans le temps. Avec des conditions climatiques arides, les eaux qui rejoignent ainsi la nappe constituent des « mélanges » entre une eau qui s'infiltre directement et des réserves hydriques du sol soumises à l'évaporation avant leur entraînement jusqu'à la partie saturée de la nappe à l'occasion de grands événements pluviométriques.

Cette situation s'explique par la présence d'eau à cachet évaporé et sous forme de « mélange » à proximité des aires de recharge du système. Dans la partie confinée du système, l'eau est plus ancienne et à caractéristiques isotopiques plus homogènes. Sa mise en charge rend sa circulation souterraine plus lente et lui permet un temps de contact avec la matrice rocheuse plus long.

C'est ainsi, sous l'effet de la pression élevée et de la température, que cette eau subit des échanges chimiques avec les formations encaissantes. Une partie du cachet chimique de l'eau est également acquis dans certaines zones, à l'occasion des communications latérales et verticales entre des niveaux aquifères différents. C'est particulièrement le cas lors des accidents tectoniques majeurs (Dorsale d'Amguid, Failles de Hun, faille de Kébili, etc...) et les passages latéraux de faciès (passage des calcaires vers les sables).

7 - CONCLUSIONS GENERALES ET RECOMMANDATIONS

7.1 - Conclusions sur le fonctionnement hydrodynamique du système et sur la qualité des données

A la lumière de l'ensemble des données géologiques et hydrogéologiques rassemblées sur le bassin saharien, son fonctionnement hydrodynamique se distingue par :

- une structure en multicouche complexe mais ne comportent pas de barrières intérieures empêchant la propagation de l'écoulement ou l'influence des champs d'exploitation, entre les couches aquifères,
- les réserves aquifères mobilisables sont principalement situées dans les zones périphériques à nappe libre et en partie dans les aquitards,
- la captivité est prédominante et le renouvellement est très faible,
- l'artésianisme très fort au départ, a favorisé les premières exploitations, mais a déjà sensiblement décliné entraînant ainsi des interférences plus sensibles avec les couches encaissantes,

- les couches aquifères captives les « plus transmissives » offrent les meilleures productivités aux forages, mais ce sont avant tout des conducteurs, tandis que les « fonctions captives » sont assurées par les aquitards et les aquifères à nappe libre,
- une ressource pour l'essentiel non renouvelable à évaluer et à gérer dans une optique d'exploitation minière et non à régime d'équilibre, par rapport aux minimes flux actuels d'alimentation dont la connaissance est importante pour modéliser correctement la dynamique du système, mais non pour définir la ressource.

Le Système Aquifère du Sahara Septentrional dont l'extension dépasse le cadre des frontières nationales des trois pays qui l'abritent, est à l'origine quasi exclusive des ressources en eau disponibles dans ce territoire. Ces ressources d'un rôle prépondérant pour le développement économique et social de la région ont une dimension stratégique du fait qu'elles sont pour l'essentiel non renouvelables et qu'elles sont déjà entrées en phase d'exploitation intensive ayant déjà provoqué des modifications notables dans le comportement des aquifères. La gestion contrôlée et concertée de ces ressources est maintenant une nécessité pour prolonger au mieux la longévité du système économique qui en dépend.

7.1.1. Fonctionnement hydraulique du système aquifère

Après une phase au cours de laquelle l'exploitation de ce système était essentiellement basée sur l'artésianisme (avant 1970), ces aquifères sont de plus en plus sollicités par pompage. Parallèlement à cette situation, l'exploitation qui auparavant se faisait au sein de certains groupes d'oasis relativement limités dans l'espace, est devenue plus intensive et mieux répartie en plusieurs nouveaux pôles de développement.

Cette nouvelle disposition s'est soldée par des rabattements piézométriques plus prononcés au niveau des groupes d'anciennes oasis, mais également par un rabattement général plus fort que ce qui était observé auparavant. Il en est résulté le tarissement quasi total des principales sources (Nefzaoua, Djérid et Kaam) et la réduction de l'artésianisme d'une manière sensible dans les bassins du Grand Erg oriental et dans le bassin saharien libyen.

Le recours de plus en plus fréquent et intensif au pompage se traduit au niveau de l'ensemble du système aquifère, par des prélèvements plus importants sur les réserves géologiques ainsi que par des interactions entre les différents niveaux interconnectés soit directement soit par drainance à travers des horizons semi-perméables. Cette situation hydrodynamique se reflète sur le plan hydrochimique, par des échanges de sels entre :

- les niveaux aquifères rattachés à la même nappe ce qui aboutit à une homogénéisation de la salinité de son eau autour d'une valeur moyenne,
- les sources potentielles de salinisation (Chotts, Turonien, Aptien, etc...) et les nappes qui leurs sont adjacentes faisant apparaître ainsi de plus en plus, des zones d'anomalies chimiques localisées.

7.1.2. Archivage des données et système de gestion

L'information disponible sur l'hydrogéologie des aquifères du SASS est de plus en plus massive, mais discontinue dans le temps et mal répartie dans l'espace. Ainsi, elle ne couvre pas d'une manière homogène, toutes les parties du bassin et ne permet pas d'avoir des historiques assez complets pour un suivi représentatif de l'évolution des différents paramètres. A ceci s'ajoute le fait que ce suivi n'intéresse pas la totalité des variables nécessaires au suivi (qualité chimique).

La mise en place du système de gestion des eaux du Sahara septentrional (SAGESSE) dans le cadre de cette étude, constitue une base assez solide pour la collecte de l'information et sa mise en forme rapide pour la prise de décision. Ce système informatique structuré autour d'une base de données spécifique aux aquifères du SASS est de nature à permettre la mise en forme de l'information collectée, son interprétation et sa représentation graphique. Les liaisons établies entre ce système d'information et les modèles du SASS permettent également la réalisation de simulations périodiques chaque fois que les besoins de décision l'imposent.

7.1.3. Connaissance des prélèvements

L'exploitation des deux principales nappes du SASS est un aspect de suivi qui accuse plusieurs lacunes et biaise d'une manière sensible la représentativité de son évolution dans le temps. Avec l'accroissement du nombre de points d'exploitation, il devient illusoire d'assurer un suivi sous forme d'inventaires systématiques couvrant l'ensemble des points d'eau.

L'estimation des prélèvements nécessite la connaissance de la localisation des forages d'exploitation, de leur débit et de la durée de fonctionnement du système d'exhaure ou de la durée d'ouverture des vannes dans le cas de forages artésiens. Si les deux premiers paramètres peuvent être déterminés relativement facilement, avec cependant la mise en œuvre de moyens non négligeables, la durée du pompage est difficile à établir sur une année puisqu'elle varie suivant les saisons et suivant l'usage de l'eau. Les volumes exploités annuellement seront donc toujours entachés d'erreur et constituent toujours le point faible de la connaissance des nappes en vue de l'établissement de modèles.

L'approche adoptée par l'Algérie pour l'évaluation de l'exploitation basée sur des inventaires systématiques chaque dix ans, a montré avec les derniers inventaires de 1997-2000, ses limites d'être lourde et trop étalée dans le temps. **L'approche de la Tunisie** d'assurer un suivi annuel avec publication d'annuaire spécifique, est souhaitée tant qu'elle est encore réalisable, mais demande à être complétée par des analyses qui ont recours à d'autres méthodes de recoupement pour s'assurer de la validité de l'information collectée.

Pour l'instant, **en Libye**, seuls les champs de forages alimentant la Grande Rivière sont suivis régulièrement (niveau, débits et salinité). Les autres prélèvements en Libye ont été estimés à l'occasion de grandes études qui n'ont aucun caractère de périodicité. Depuis quelques années, le développement de l'agriculture privée rend encore plus aléatoire les estimations des prélèvements et nécessite un suivi plus attentif.

7.1.4. Connaissance de la piézométrie

7.1.4.1. Piézométrie de référence

La piézométrie initiale prise en considération est celle de 1950. Elle a été extrapolée de l'ensemble des anciennes mesures piézométriques et représentée sous forme d'une carte de la piézométrie initiale utilisée pour le calage du modèle. Certaines mesures cependant ne correspondant pas exactement à l'état 1950, mais leur adoption comme piézométrie de référence est justifiée par le fait que l'exploitation dans toute la zone du nouveau forage était à l'époque de la mesure relativement faible ou nulle et la baisse piézométrique par rapport à une situation idéale en 1950, pouvait être considérée comme négligeable. **Le plus grand problème rencontré et la plus grosse source d'erreur provient en fait des incertitudes sur l'altitude des points d'eau sur laquelle l'approximation faite en utilisant les cartes topographiques peut dépasser $\pm 20\text{m}$.**

7.1.4.2. *Suivi piézométrique*

La piézométrie est plus ou moins bien suivie dans les trois pays et les mesures disponibles tout en étant discontinues et mal réparties dans l'espace, permettent cependant d'en déduire les rabattements survenus sur la piézométrie des deux principales nappes du SASS dans les principales zones d'exploitation. Une nette amélioration de la distribution spatiale et temporelle des observations est cependant fortement souhaitée.

7.1.5. *Qualité chimique des eaux*

Le suivi de la qualité chimique de l'eau n'est assuré à l'échelle du bassin saharien que dans la **partie tunisienne**. Dans cette partie, ce suivi n'est relativement bien assuré que pour la salinité de l'eau. La composition chimique de l'eau très irrégulièrement contrôlée, mérite une attention particulière dans les zones où les risques de salinisation sont grande (Oued Rhir, Nefzaoua et Djerid).

En Algérie, aucun suivi de la qualité chimique de l'eau n'est assuré. Les quelques mesures du résidu sec ou de la conductivité correspondent souvent à la date de création du forage. Ces mesures ne couvrent qu'un pourcentage réduit des points d'eau existants et ne permettent pas d'en distinguer l'évolution dans le temps de la salinité de l'eau.

En Libye, aucun suivi systématique de la salinité des eaux n'est opérationnel sur l'ensemble du bassin saharien. Tous les forages ont cependant été l'objet d'une analyse chimique au moment de leur réalisation. Quelques points d'eau, principalement ceux captant l'aquifère profond du Kiklah dans la partie occidentale du bassin ont fait l'objet de mesures au cours de la dernière décennie, mais la zone côtière, la plus exposée à une détérioration de la qualité chimique des eaux ne possède pas encore un réseau de suivi de salinité opérationnel.

7.2 - Recommandations sur le suivi et l'amélioration de certaines données

Le suivi du système aquifère du SASS est en même temps un complément de connaissances à acquérir et des nouvelles mesures à collecter. Le suivi actuel de l'exploitation des ressources en eau du système dans les trois pays concernés se fait d'une manière insuffisante pour assurer l'actualisation périodique des modèles de gestion des nappes et pour être fixé sur les options à prendre dans le cadre d'une gestion optimisée de ces ressources. Ce suivi accuse des lacunes sensibles dans l'évaluation des prélèvements et dans l'évolution de la qualité chimique de l'eau. Certaines zones (sous les ergs en particulier) non encore couvertes par les reconnaissances ou l'évaluation de certains paramètres hydrogéologiques nécessitent un recueil d'information complémentaire pour améliorer le calage des modèles.

7.2.1. *Amélioration de la connaissance de certaines données*

7.2.1.1. *Données piézométriques de base*

Une amélioration sensible de la connaissance de la piézométrie pourrait certainement être obtenue en améliorant la précision de l'altitude des points d'eaux par une mesure adéquate par nivellement ou par l'utilisation de GPS. Certaines zones présentent également des particularités qui reposent seulement sur quelques points dont les caractéristiques (aquifère capté en particulier) ne sont pas toujours fiables à 100%. C'est le cas par exemple du dôme piézométrique du Kikla sur le Jabal Nafusah en Libye: il serait utile de vérifier les points d'eau (altitude et profondeur du niveau) sur lesquels repose ce dôme dont l'existence est contestée par certains auteurs et parfois en contradiction avec l'évolution spatiale de la salinité vers le sud-ouest.

Les données résultant de la réalisation de nouveaux forages dans des zones où l'exploitation est encore faible pourraient utilement être utilisées pour améliorer la connaissance de la piézométrie.

7.2.1.2. Géométrie des réservoirs

Les connaissances sur la géométrie des réservoirs aquifères et leurs communications restent encore à préciser et à analyser à travers les nouvelles données géophysiques et celles des sondages profonds réalisés dans le cadre de l'exploration hydraulique et pétrolière. Ceci est particulièrement le cas dans le bassin du Grand Erg occidental en Algérie où l'exploitation se faisait essentiellement jusqu'à ces dernières années à l'aide de Foggaras. Le besoin d'étendre l'exploitation à de nouvelles zones et la baisse piézométrique dans ce bassin font que la généralisation des forages à l'ensemble du bassin n'est qu'une affaire de temps, d'où la nécessité de mieux connaître l'épaisseur et la profondeur du CI dans l'ensemble de ce bassin.

Les rapports existants entre les formations pré-cénomaniennes du bassin saharien et les formations triasiques de la Jifarah libyenne méritent également une étude approfondie à partir des forages et des études géophysiques.

Le caractère multicouche de la nappe du Complexe terminal fait que la géométrie de son réservoir aquifère (sables et calcaires) est encore mal connue dans plusieurs zones dont, particulièrement, la nappe de Tolga (au niveau de Biskra) et plus généralement en dehors des zones d'exploitation. L'affinement de la géométrie de ce réservoir aquifère permet de mieux concevoir les modèles de gestion et les échanges d'eau et de solutés entre les différents niveaux aquifères.

Le rôle de la dolomie turonienne dans l'écoulement des eaux du CT n'est partiellement bien connu que sur les bordures du bassin (Presqu'île de Kébili et Dahar tuniso-libyen). **Son rôle comme niveau aquifère à forte salinité sous le Grand Erg oriental (Hassi Messaoud et Extrême-sud tunisien) est à analyser avec beaucoup d'attention étant donné le danger potentiel de salinisation qui est associé à cet aquifère.**

7.2.1.3. Alimentation actuelle du système

L'alimentation actuelle sporadique est essentiellement localisée sur les zones de bordures du bassin. Elle provient principalement de l'infiltration directe de pluies exceptionnelles et plus généralement de l'infiltration des eaux de ruissellement. L'estimation de cette infiltration devrait se baser sur des mesures hydrologiques permettant de définir le régime d'écoulement de surface et de préciser l'occurrence des phénomènes hydrologiques et leur amplitude. L'approche géochimique se référant à la vitesse d'infiltration et à la datation des eaux peut, dans certains cas, permettre une meilleure évaluation de l'infiltration globale. Il semble cependant que, en raison de l'éloignement et de la difficulté d'accès des zones potentielles de recharge des aquifères, des mesures fiables, c'est à dire réalisées sur plusieurs années, sont difficiles à imaginer. **Il est fortement recommandé**, avant d'envisager de telles mesures, de procéder à des tests de sensibilité sur le modèle, pour déterminer si des erreurs d'appréciation de la recharge actuelle pourraient se traduire par des comportements très différents de la nappe dans les zones d'exploitation présentes et futures.

7.2.1.4. Débit des exutoires naturels et pertes par évaporation

Les pertes par évaporation sont également estimées et souvent évaluées comme quantité permettant de boucler le bilan. La baisse du niveau piézométrique résultant de l'effet de l'exploitation dans les zones voisines diminue la remontée d'eau dans les couches

superficielles soumises à l'évaporation ou à l'évapo-transpiration, mais le flux vertical a toujours été calculé en appliquant des formules théoriques (loi de Darcy) et en utilisant des valeurs de perméabilité verticale non vérifiables. Là encore des recherches universitaires pourraient être encouragées pour essayer de déterminer les flux évaporatoires par l'analyse des bilans énergétiques au niveau du sol

7.2.1.5. Hydrochimie

Les analyses chimiques réalisées au moment de la réception des forages sont relativement nombreuses en Libye et en Tunisie mais, en revanche, plutôt rares en Algérie. Une première recommandation dans ce domaine pourrait être d'augmenter le nombre des analyses chimiques complètes en Algérie. En revanche, en Libye, une interprétation exhaustive des nombreuses analyses existantes est fortement recommandée afin d'expliquer l'évolution spatiale des teneurs en différents ions en relation avec la géologie d'une part et les caractéristiques de l'écoulement d'autre part.

7.2.1.6. Données relatives à l'utilisation et au coût de l'eau

Les données relatives à l'utilisation de l'eau (irrigation, alimentation en eau potable, industrie, etc...), aux moyens d'exhaure (artésianisme, pompage, foggaras, etc...) et aux coûts associés à l'exploitation des eaux souterraines permettent de mieux évaluer les aspects socio-économiques de l'eau et d'orienter la gestion vers les usages optimisés.

Depuis que le pompage est devenu prépondérant dans le mode d'exploitation des eaux du bassin saharien (années 80), les coûts d'exploitation prennent une importance grandissante malheureusement non documentée par des données précises. Le suivi de l'aspect économique est ressenti à chaque occasion d'actualisation des modèles du SASS comme une lacune qu'il y a lieu de combler par la collecte de certaines données socio-économiques pour mieux évaluer les enjeux et asseoir les scénarios de développement futur des ressources en eau de ce système aquifère non seulement sur des bases hydrodynamiques et hydrochimiques mais également sur critères socio-économiques.

7.2.2. Amélioration du suivi

7.2.2.1. Suivi des prélèvements

Sur l'ensemble du bassin saharien, la connaissance et le suivi périodique des prélèvements est une nécessité pour permettre d'apprécier la fiabilité des modèles. Les difficultés liées à une approche directe de l'estimation des prélèvements par enquêtes sont énormes et limitent les chances d'un suivi sérieux et fiable sur l'ensemble du bassin. L'adoption des méthodes statistiques (échantillonnage et zone représentatives) recoupées par d'autres moyens d'évaluation (superficies irriguées par interprétation d'images satellitaires, consommation d'électricité, etc...) permettrait de mieux assurer le suivi de l'exploitation et de disposer d'une information plus ou moins régulière sur les prélèvements sans pour autant demander la mise en œuvre de moyens considérables.

La mise au point de la méthodologie permettant de passer des lectures de compteurs électriques ou des superficies irriguées à partir des images satellitaires, aux volumes d'eau extraits du sous-sol, pourraient faire l'objet de travaux de recherche universitaire par zone, pouvant aller jusqu'à la thèse de doctorat. Cette approche permettrait de faciliter la tâche des techniciens de l'administration qui disposeraient d'un moyen rapide de détermination des prélèvements par zone.

La publication périodique des résultats des mesures, sous forme d'annuaires accompagnés d'analyses critiques, permettrait d'assurer d'une manière efficace une connaissance

actualisée de cette information. Cette approche n'est pour l'instant assurée qu'en Tunisie. Elle pourrait constituer une option à mettre en œuvre dans le cadre de la gestion concertée du bassin saharien

7.2.2.2. Suivi piézométrique

La suivi piézométrique doit être mené dans les trois pays avec plus de régularité afin d'éviter le recours à l'extrapolation de mesures qui ne correspondent pas toutes à la même date. Un réseau minimal doit être arrêté dans chaque pays pour le suivi du Continental intercalaire et du Complexe terminal. Ce réseau doit répondre aux principaux critères suivants :

- une bonne représentativité des variations de la piézométrie dans les différentes parties du bassin particulièrement en bordure des zones à forte exploitation et à grande densité de points d'eau,
- une régularité de la collecte de l'information dans le temps qui permet d'en déduire la réponse de la nappe aux phénomènes qui perturbent son hydrodynamisme comme l'exploitation ou l'alimentation exceptionnelle,
- un pas de temps adapté aux variations piézométriques de chaque nappe.

Il est fortement recommandé aux trois pays de tenter d'obtenir des séries d'observations les plus longues possibles (liaisons avec les forages de remplacement). L'acquisition de l'altitude des points de mesure est complémentaire à l'information piézométrique et permet l'extrapolation entre les points situés dans la même zone d'influence.

7.2.2.3. Suivi de salinité et de la composition chimique

La qualité de l'eau et son évolution future constitue l'aspect le plus préoccupant dans la maîtrise de la gestion des ressources en eau du SASS ; malheureusement, le suivi chimique des aquifères du SASS est loin d'être bien assuré partout et, quand ce suivi est plus ou moins assuré, il ne concerne que la salinité de l'eau.

Avec l'accroissement de l'exploitation et la baisse des niveaux piézométriques au dessous du terrain naturel, les risques d'inversion de l'écoulement au sein des formations aquifères est devenu plus grand. C'est particulièrement le cas de la nappe du Complexe terminal dans les zones où son toit semi-imperméable est très peu épais. Les risques de contamination de cette nappe par les eaux d'irrigation et celles des Chotts sont importants. Ce phénomène observé dans les oasis d'El Oued et de la Nefzaoua-Djérid demande à être mieux observé et analysé en conséquence. Les risques d'invasion marine dans les aquifères à proximité de la mer en Libye nécessite également une surveillance qui fait encore défaut.

La gestion des ressources en eau de ce système n'est plus uniquement une gestion des volumes exploitables, mais également de la qualité de l'eau qui sera prélevée et dont la détérioration pourrait compromettre gravement son utilisation dans certains secteurs comme l'alimentation en eau potable et l'industrie qui exigent une bonne qualité chimique. Ce suivi chimique devra graduellement être orientée vers la composition chimique de l'eau en plus de sa salinité globale. C'est à travers l'analyse de cette composition que seront mieux mises en évidence les origines de la contamination et les mesures à prendre pour y remédier.

7.2.3. Acquisition de nouvelles données et mise à jour de la base de données

Les données des nouveaux forages contribuant à améliorer la connaissance de la géométrie des réservoirs aquifères (log géologique) et à actualiser l'information hydrogéologique (piézométrie, débit d'exploitation, transmissivité, résidu sec, chimie, analyse isotopique, etc...) devraient systématiquement être archivées dans la base de données, conformément

aux formats définis dans le cadre du projet SASS. L'acquisition de cette information dans la base permettra en outre de faciliter son interprétation et son intégration dans les modèles.

7.3 - Recommandations pour l'établissement d'un réseau de suivi à l'échelle du bassin

Les mesures périodiques des débits, niveau piézométrique, salinité de l'eau et composition chimique, doivent être acquises dans le cadre de réseaux nationaux de suivi bien structurés et répondant aux différents objectifs nationaux de surveillance et de gestion. Il est également important d'assurer à l'échelle du bassin un développement durable qui se base sur un suivi garantissant le minimum d'interférence entre les pays. Cette vision régionale sera mieux concrétisée à travers la concertation et la conscience du bassin. La structuration de ces réseaux s'intègre dans la politique de chaque pays d'assurer la gestion de ces ressources en eau.

Cependant la mise en place d'un réseau minimum de surveillance des niveaux et de suivi des prélèvements et de la qualité des eaux permettant de collecter l'information nécessaire à l'échelle de l'ensemble du bassin est une orientation qui répond à l'objectif de mise en place "d'un mécanisme de suivi et de concertation" permettant de coordonner la gestion de ces ressources.

La définition de ce réseau minimum résultera de la simulation sur modèle des différents scénarios de développement permettant de localiser les zones sensibles qui nécessitent une surveillance particulière et qui sont essentielles pour le calage des modèles.

Le suivi du système aquifère du Sahara Septentrional doit prendre en considération les trois aspects suivant :

- l'exploitation
- la piézométrie
- la salinité de l'eau et sa composition chimique.

7.3.1. Suivi de l'exploitation

L'exploitation des aquifères du bassin saharien mérite d'être renforcée à l'échelle des trois pays par l'utilisation de plusieurs approches permettant d'évaluer les quantités d'eau prélevées sur le système et l'évolution des débits jaillissants (sources, fogaras et forages artésiens). Ce suivi doit concurrencer la quasi-totalité des points d'eau exploités ou à écoulement naturel. Une attention particulière doit être accordée à la mesure des débits pompés et à la durée du pompage.

La publication d'annuaire d'exploitation est la meilleure approche pour disposer d'une information régulièrement entretenue, analysée et représentative.

7.3.2. Suivi de la piézométrie

Le suivi de piézométrie est une opération qui se déclenche à la création des forages. Il s'est avéré qu'il est difficile à respecter une certaine régularité des mesures piézométriques dans le temps et que l'historique des mesures est souvent entaché de lacunes, avec souvent remplacement des points d'eau par d'autres.

L'évolution de la piézométrie des deux nappes sahariennes a montré entre 1950 et 2000 que la configuration de cette piézométrie ne subit de changement sensibles que dans les zones où l'exploitation est importante. Il est donc de recommander un suivi davantage orienté vers l'établissement d'un historique des baisses piézométriques que vers l'élaboration de cartes d'ensemble.

7.3.2.1. *Nappe du Continental intercalaire*

En Algérie, la baisse de la piézométrie du continental intercalaire est plus sensible dans le bassin du Grand Erg oriental que dans celui du Grand Erg occidental. Les plus forts rabattements se localisent dans les régions de l'Oued Rhir, Ourghla, Hassi Messaoud, El Borma et Ghardaïa. Le suivi de la piézométrie dans ces zones permet de mieux mettre en évidence la réponse de la nappe à l'intensification de son exploitation dans cette partie captive.

En Tunisie, le suivi de la piézométrie du continental intercalaire doit être assuré à Chott Fedjej, Nefzaoua, Djerid, El Borma et extrême-sud. Une attention particulière doit être accordée à cette piézométrie à proximité de l'exutoire tunisien (Chott Fedjej). Les influences trans-frontière du côté algérien à suivre à Hazoua (Bjeid), El Borma et El Chouech. Du côté libyen, ces influences sont à suivre à Tiaret – TEI, Borj Bourguiba et Bir Zaar.

En Libye, le suivi du continental intercalaire doit être assuré le long de la falaise de J. Nafusa, à Ghadamis, Derj, Suf Al Jin, Al Khums, Al Jifra. Une attention particulière doit être accordée à ce suivi dans le future champ d'exploitation de Ghadamis – Derj, en aval de J. Hassawna et dans la région de A. Tawargha.

7.3.2.2. *Nappe du Complexe terminal*

Le déchirement de l'artésianisme de cette nappe dans les trois pays, amorce une nouvelle situation d'inversion des flux au sein et à travers des formations surmontant les différents niveaux aquifères captant le Complexe terminal. Il est donc fort recommandé d'assurer le suivi piézométrique de cette nappe dans les zones les plus influencées par la disparition de l'artésianisme.

En Algérie, le suivi piézométrique du CT intéressera en priorité les zones de Souf, Oued Rhir et Ouergha.

En Tunisie, le suivi piézométrique du CT est assuré dans la Nefzaoua (Presqu'île, Douz, Redjem Maatoug), le Djerid et à Borj El Khadra.

En Libye, le suivi piézométrique du CT est assuré dans la partie orientale de la Hamada El Hamra (Al Khums, Suf Al jin, Al Jufra).

7.3.3. *Suivi de la salinité et de la composition chimique de l'eau*

La nappe du Continental intercalaire est moins sensible à l'évolution de la salinité de l'eau que celle du Complexe terminal vu qu'elle est assez souvent mieux protégée contre la drainance et la contamination à partir des eaux superficielles.

Toutefois, il est recommandé d'assurer le suivi de sa salinité de son eau dans les zones où elle est exploitée.

Le Complexe terminal accuse dans les trois pays des signes de vulnérabilité à la contamination par les eaux salées des nappes phréatiques et des dépressions fermées (Chotts et Sebkh). Ceci est particulièrement le cas en Bas-Sahara algéro-tunisien et dans la partie orientale de la Hamada El Hamra.

En Algérie, le suivi chimique du Complexe terminal doit être assurée dans les zones proches des chotts (Suf, Oued Rhir, Ouerghla). Le suivi de la composition chimique permet de mieux expliquer l'origine de la salinisation.

En Tunisie, le suivi chimique du Complexe terminal doit être assuré comme en Algérie, dans les zones proches des Chotts (Djerid et Nefzaoua), à l'image du suivi piézométrique.

An Libye, le suivi chimique du Complexe terminal doit être assuré dans les zones d'Al Khums (W. Kaam et A. Tawagha) et à Al Jufra.

ANNEXES

Annexe 1

BIBLIOGRAPHIE

Références bibliographiques

Général

ALIMEN.H ;1976 : Alternances ' Pluvial-Aride' et 'Erosion-Sedimentation' au Sahara Nord Occidental; Rev Geog Phys Geol Dyn; (2), 18, pp 301-311.

AMER .AM & al;1983 : A finite element model of the Nubian Aquifer in Egypt – in Gwater managt in arid reg.,ed Mostafa Soliman – Ain Shems Univ.

BENTLEY .H.W & al ; 1986 : Chlorine 36 dating of very old groundwater – the great artesian basin ; WRR ; 22 ; 1991-2001.

BRUN .A; 1989: Microflores etpaléovégétations en Afrique du Nord depuis 30000 ans, Bull Soc Géol France , 8, 5, n°1, 25-33.

CAUSSE. C & al...Ben OUEZDOU, ZOUARI; 1989: Two high levels of continental waters in southern Tunisian Chotts at 90 & 150ka, Geology, 17 , pp922-925.

COHMAP ; 1988: Climatic changes of the last 18000 years. Observations and model simulations. Science , 241 , 1043-1052.

COOK, EDMUNDS, GAYE; 1992: Estimating paleorecharge and paleoclimate from unsaturated zone profiles; WRR, 28, 2721-2731.

De MARSILY .G & al ; 1978 : Modelling of large multilayered aquifer systems , theory and applications ; J. of Hydrology , 36, p 1-33.

EDMUNDS. WM , WRIGHT. EP; 1979: Groundwater recharge and paleoclimata in the Sirte and Kufra basins; J of Hydrology; 40 , 215-241.

FONTES .J.Ch . & al ; 1984 : Problems in 36 Cl dating of old saharian groundwaters, IAEA , Vienna.

FONTES .J.Ch et PERTUISOT .J.P ; 1973 : Climatic recorder for the past 50000 years ; Nature , Phys. Sc. , 244, p. 74-75.

FONTES et PERTUISOT ; 1971 : les variations du niveau de la Méditerranée orientale depuis 40000 ans .Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn.XIII, fasc.4

FORKAZIEWICZ. J; 1982: Bassin Sédimentaire Nubien ; Bull BRGM, 2ème série, n° 2, 149-175.

FRIND .E.O ; 1982 : Simulation of long term transient density- dependent transport in groundwater ; Adv. Water Resources , vol 5.

GASSE. F & al; 1990: The arid humid transition in the Sahara and Sahel during the last deglaciation. Nature; 346; 141-146

HABERMEHL .M.A ; 1980 : the Great Artesian Basin ; J. of Austr.Geol. Geophys. ;5 ; 6-38.

HABERMEHL .M.A. ; 1985 : Groundwater in Australia ; 18th congress IAH, Cambridge,1985 ; pp 31-52.

HEINL .M , BRINKMAN .P.J ; 1989 : A grondwater model of the Nubian aquifer system . ; Hydrological Sciences Journal ; 34 ; 4 ; 8/1989. Pp425-447.

HIMIDA. I.H; 1972: The Nubian artesian basin , its regional hydrogeological aspects and paleohydrological reconstruction ; IAHS Publ 97.

ISSAR .A ; 1985 : Fossil water under the Sinai-Neguev peninsula ; Scientific American ; 253 ; 82-88.

JARROUD. O; 1980: Groundwater evaluation in wadi Zamzam ;in'the Geology of Libya', vol II , 2nd Symp on the geology of Libya; pp 715-752; Acad Press

KALLEL. N, ZOUARI. K; 1993: Les périodes humides du Sahara au quaternaire supérieur; 2è J Tun Geol App , Sfax, pp85-97

LEVY. A; 1989 : Lacs quaternaires sahariens à faunes margino-littorales.; BSGF , (8), t.V, n°1, pp 63-71

MARGAT .J, SAAD .K ; 1982 : L'utilisation des nappes d'eau souterraines non renouvelables ; 4ème conf. Int. Planif. Gest. Eaux , Marseille.

MARGAT .J, SAAD .K ; 1984 : Les nappe souterr prof: des mines d'eau sous les déserts ; Nature et Ressources , vol XX, Aout 1984 , pp 7-13.

MARGAT. J ; 1985 : Hydrologie et ressources en eau des zones arides ; BSGF , (8), t I , n°7 , p 1009-1020

MAZOR & al ; 1992 : Hydrochemical implication of groundwater mixing ; WRR ; 29 ; 193-205.

MAZOR & al ; 1992 : marine airborne salts applied to trace evapotr, recharge and groundw flow in west Australia ; J . of Hydrol; 139 ; 63-77.

MAZOR .E ; 1995 : Stagnant aquifer concept ; Part I: large scale artesian systems ; Great Artesian Basin , Australia ; J. of Hydrology , 173

MENENTI M., BASTIAANSEN W.G.M., HEFNY K. et ABD EL KARIM M.H. ; 1991 : Mapping of groundwater losses by evaporation in the Western Desert of Egypt ; Report 43, Wageningen (The Netherlands)/Cairo (Egypt), 103p

MENJOZ .A, LAMBERT .M ; 1991 : Hydrodynamique des aquifères profonds et incidence des effets de densité ; Hydrogéologie , 1991 n°4, BRGM.

MILLIMAN .J.D et EMERY .K.O ; 1968 : Sea levels during the past 35000 years ; Science , 162 , p.1121-1123.

MUZZOLINI. A; 1982: Les Climats Sahariens durant l'Holocène et la fin du Pléistocène.

ORESQUES .N & al ; 1994 : Verification , validation and confirmation of numerical models in earth sciences. ; Science , 262 ; 641-646.

PERTHUISOT .J.P ;1972 : Les variations du niveau de la mer ; La Recherche , 3 , n°26 , p. 776-777.

PERTHUISOT. JP ; 1972: Les variations du niveau de la mer ; La Recherche ; n°26 , Sept 1972.

RIVERA .A, LEDOUX .E , De MARSILY .G ; 1990 : Modèle hydrogéologique pour simuler la subsidence ; Hydrogéologie , n°1 , 1991

ROGNON .P ; 1981: Les crises climatiques ; La Recherche , n° 128 , Dec 1981.

ROGNON. P; 1991: Les sécheresses du sahel replacées dans l'évolution climatique des vingt derniers millénaires ; Sécheresse , n° 3 vol 2 , 199-210.

ROGNON.P; 1976: Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40000 ans ; Rev Geog Phys Géol Dyn; 2 , XVIII, 2-3: 251-82.

ROGNON.P; 1989: Variations de l'aridité au Sahara depuis 125000 BP ...; Bull Soc Géol France, 1 , pp 13-20.

SEIDEL .G ; 1980 : Application of the GABHYD groundwater model of the great artesian basin, Australia ; J.Aust.Geol.Geophys ; 5 : 39-45.

TORGENSEN .T & al ; 1991 : dating of very old groundwater 3 ; WRR ; 27 ; 3201-3213.

VERNET. R; 1995: Climats anciens du Nord de l'Afrique ; l'Harmattan , Paris , 180p.

Algérie

Anonyme ; 1970 : Note sur l'établissement de l'historique de l'évolution des niveaux piézométriques de l'Oued Rhir ; ERESS ; Ouargla .

ANRH , DRSO-Adrar ; 1997 : Campagne d'inventaire des forages , enquête sur les débits extraits en 1994 et actualisation 1996-1997.

ANRH , DRSO-Adrar ; 1998 : Inventaire des foggaras du Touat et Tiddikelt.

ANRH; 1991: Carte hydrogéologique du Hoggar et des Tassilis .

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

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

BEL .F ; 1969 : Inventaire et mesures sur l'Albien à El Goléa, Ghardaia, Laghouat, Hassi Inifel et dans la région du Tinrhert ; ERESS.

BEL.F ; 1971 : Historique des débits et des pressions de l'Oued Rhir ; ERESS .

BIOUT. F.Z, LARBES.A; 1997: Prétraitement et analyse des données hydrogéologiques dans le Sahara septentrional ; ANRH , Alger

BIOUT. F.Z, LARBES.A; 1999: Note critique relative aux rapports provisoires sur la modélisation du CT et du CI ; ANRH , Alger

BRGM-SOFREMINES ; 1994: Gisement de phosphate de DJ Onk (Alg); Expertise hydrogéologique ; rapp. Ferphos.

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

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

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

BRL ingénierie ; 2000 : Plan directeur général développement des région sahariennes – Note complémentaire sur le Modèle du CT.

BRL; 1998: Cartes des salinités ' actuelles ' du CI et du CT

BRL; 1998: Cartes piezométriques ' actuelles ' du CI et du CT

CHIARELLI .A ; 1978 : Hydrodynamic framework of eastern algerian Sahara- influence of hydroc occ ; Bull.Am.Ass.petro.geol. 62 ; 667-685.

COLIN-KACZALA.C;1986: Profils isotop, appl évaluation évaporation nappes libres du Sahara ; Thèse Univ Paris-Sud.

CONRAD .G ; 1970: L'évolution continentale post-hercynienne du Sahara algérien ; CNRS.

CONRAD.G, KASSIR.A; 1982: Le réservoir aquifère libre du Grand Erg Occidental; 4è Conf Int Plan Gest Eaux; Marseille, pp683-692

- CORNET .A , ROGNON .Ph ; 1961 : Les débits circulant dans la nappe du CI Sahara alg. Pub 57 AISH (coll Athènes) et Chron d'hydrog n°11,1967
- CORNET .A ; 1964 : Introduction à l'hydrogéologie saharienne ; Rev. de géogr.phys. et de géol.dyn.(2),vol.VI, fasc.1 ; 5-72.
- COUVERT.M; 1972: Variations paléoclimatiques en Algérie ; Libyca , t.XX , pp 18-45
- CUCHE .D ; 1971 : Historique des débits et des pressions du CT du piedmont sud-Atlasique.
- DUBIEF .J ; 1963 : Le climat du Sahara , t1&t2 ; Mémoires Inst. Rech. Sahariennes ; Alger.
- DUBIEF. J ; 1953 : Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara ; SES , Alger.
- DUBOST ; : Thèse ... Développement des Oasis algériennes.
- FABRE .J ; 1976 : Introduction à la géologie du Sahara algérien ; SNED , Alger.
- FRANLAB; 1978: Champ de Hassi Messaoud ; Possibilités de production d'eau sur les aquifères du Turonien et de l'Albien C.I.; Sonatrach.
- GEOPETROLE ; 1963 : Etude analogique de la nappe du Continental Intercalaire saharien , pour l'org. mise en valeur sous-sol saharien.
- GOUSKOV .A ; 1952 : Les eaux du Crétacé inférieur continental dans le Sahara algérien ; XIXème cong. Géol. Int., Alger , 1952.
- GRIBI .A ; 1992 : Modèle de simulation des grès cambro-ordov de Tin Séririne; Hydrogéologie , n°1-2, 1992 ; pp.79-87.
- GUENDOUIZ A. ; 1985 : contribution à l'étude géochimique et isotopique des nappes profondes du Sahara Nord-Est Septentrional (Algérie). Thèse de troisième cycle présentée à l'université de Paris – Sud, le 18/07/1985, 243p.
- KASSIR. ; 1982: Hydrogéologie du Gourara ; thèse Univ Alger
- LATRECH. D; 1994: Bilan des connaissances ; rapport national algérien présenté à l'OSS.
- LATRECH. D; 1997: Note de synthèse relative aux études et données disponibles ; rapport présenté à l'OSS.
- LEVASSOR .A ; 1975 : Etab modèle de gestion et de mise en valeur des nappes aquifères du Complexe Terminal. Rapp.int. ENSMP-INRH.
- LEVASSOR .A ; 1978 : Simulation et gestion des systèmes aquifères . Application aux nappes du CT duSahara algérien. , thèse doct. Paris VI.
- MANSOUR. H, YOUSFI.N ; 1993: Les isotopes dans l'eau du Sahara Nord-Occidental Algérien; 2è J Tun Geol App , Sfax, pp98-11
- MEKIDECHE. D & al; 1995: Carte hydrogéologique de la région de Bechar; ech 1/500000 ; ANRH , Alger
- NEDJARI, LATRECH & al; 1999: le Continental Intercalaire et le Complexe Terminal au Sahara algérien: organisation, extension, bilan et réflexion.

Nuovo castoro-AGID; 1999: Essais de débit de longue durée à Djamaa et El Mghaier.

ONM; 1985: Atlas climatologique National.

PAIX .F ; 1956 : Les nappes artésiennes de l'Oued Rhir ; thèse , université d'Alger.

PEDELABORDE. P; 1976: Bilan d'énergie, bilan hydrique et circul atmosph du Sahara; Rev Geogr Phys Geol Dyn (2) volXVIII fasc 2-3, pp 229-240.

PINCEMIN .M ; 1970 : Le Chott Merouane et les oueds de la bordure Atlasique ; Alger.

ROCHE ; 1975: Hydrogéologie de la Haute Saoura ; thèse, Paris

SOGREAH ; 1970 : Etude des nappes de l'Erg Occidental et du piedmont de l'Atlas ; Grenoble .

SONATRACH ; 1984: Etude hydrogéologique du Bassin de l'Oued Mya.

SONATRACH ; 1985: Etude hydrogéologique du Bassin d'Illizi.

SONATRACH; 1978: Note préliminaire sur la simulation mathématique réalisée sur l'aquifère albien de la région de Hassi-Messaoud.

YOUSFI. M; 1984: Etude géochimique et isotopique de l'évaporation - infiltration en zone non saturée aride- Beni Abbès; thèse Paris ,87p

Algérie-Tunisie

ASTIER .J.L ; 1971 : Le réservoir du CI . Synthèse des résultats géophysiques ; Rome.

BEL & al ; 1970 : Etude des nappes du CT. Données géologiques et hydrogéol.pour la construction du modèle mathématique ; ERESS ; Ouargla .

Ben AMMAR .S ; 1985 : Etude numérique critique de la nappe du Continental Intercalaire ; DEA ; Fac.sc.Tunis.

Ben AMMAR .S ; 1995 : Paléohydrogéologie du Sahara septentrional . Etude sur modèles numériques ; rapp. Inéd.

Ben AMMAR. S , BESBES. M ; 1992: Modélisation de l'histoire hydrogéologique du Continental Intercalaire; Coll paléoclim déserts PICG , Djerba

BESBES .M, Ben AMMAR .S ; 1985 : Représent.modèle grand système aq.: la nappe du C I du Sahara algéro-tunisien ; Cong. AMSE , Monastir.

BORELI .M ; 1971 : Coefficient d'emmagasinement du modèle du Complexe Terminal ; ERESS , Ouargla.

BORELI .M ; 1971 : Note sur les problèmes de contamination des nappes du CT et du CI ; proj. ERESS, Gabès.

BORELI ; 1970 : sur l'Exutoire Tunisien ; ERESS ; Ouargla .

British Geological Survey; 1997: Recharge characteristics and groundwater quality of the Grand Erg Oriental Basin ; EC rep.

BURGEAP & Direction des carburants; 1963 : Etude du Continental Intercalaire Saharien .

BUSSON .G ; 1970: Essai de synthèse des données des sondages algéro-tunisiens ; CNRS .

CASTANY.G; 1982: Bassin sédimentaire du sahara septentrional; Aquifères du CI & du CT; Bull BRGM; 2 III(2), 127-147.

CONRAD, MARCE, OLIVE; 1971: Le Tritium et la recharge actuelle des nappes libres en zone aride saharienne; J of Hydrology; 27 , 207-224

CONRAD.G, FONTES.JC; 1972: Circulations, aires et périod de recharge nappes aquif N O Saharien; CRAS , 275, 165-163.

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

GONFIANTINI & al ; 1974 : Etude du CI et ses relat avec autres nappes du Sahara Sept ; in : Isot techn groundwater hydrology ; AIEA.

GONFIANTINI, CONRAD, FONTES; 1976: Etude isotopique du CI et relations autres nappes Sahara sept; Isot tech gr wat hydr; vol I , 227-241

IAEA ; 1986 : Etude des ressources en eau du Sahara ; proceedings symposium de Vienne.

LETOLLE .R, BENDJOUDI .H ; 1997 : Histoires d'une mer au Sahara . Utopies et politiques. L'Harmattan , Paris.

PIETRARU , LAVIE ; 1971 : Note sur l'établissement de la carte piézométrique du CT en 1950 ;

ERESS ; Ouargla .

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

PNUD ; 1987 : Ressources en eau dans les pays de l'Afrique du Nord. ;proj. RAB 80/011.

SCHOUTE .H.R ; 1971 : Synthèses des historiques de débit au Sahara en Algérie et en Tunisie . ; proj. ERESS, Ouargla.

SWECO ; 1985 : Mer intérieure . Etudes préliminaires.

UNESCO ; 1972 : Etude des Ressources en Eau du Sahara Sptentrional . Nappe de la Djeffara . Proj. ERESS.

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

UNESCO ; 1972 : Etude des Ressources en Eau du Sahara Sptentrional . Nappe duComplexe Terminal. Proj. ERESS

VAUCHEZ .J.C ; 1967 : La nappe du Continental Intercalaire ; chronique d'hydrogéologie n°11, 1967, BRGM.

ZAMMOURI M. ; 1990 : Contribution à une révision des modèles hydrogéologiques du sud tunisien – thèse doct. Fac.sc.Tunis.

ZAMMOURI .M, BESBES .M ; 1994 : Représentativité des modèles des grands aquifères . Cas du CI; Hydrogéologie : n°3 , 1994

Algérie-Tunisie-Libye

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

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

PALLAS. P ; 1997: Création d'un réseau homogène d'observation des nappes du CI & du CT.

PALLAS. P; 1997: Le Bassin du Sahara Septentrional; Bilan des connaissances actuelles à partir des rapports nationaux; OSS.

PALLAS. P; 1997: Le Bassin du Sahara Septentrional;Programme pour la révision des Modèles du CI & du CT ; OSS.

SILIN-PECHURIN ; 1962 : Hydrogeology of the Tell-Atlas geosyncline zone ; pp188-197 & pl - ref : AL-WR-53.

Tunisie

AMOCO Tunisia Oil Company; 1983: Isopach of the continental Kikla-Cabao formations ; Amoco , Tunis. Carte inédite.

ARCHAMBAULT .J ; 1947 : Hydrogéologie tunisienne ; Ann. Mines & géol. IIIème série, n°1, Tunis.

ARMINES & ENIT ; 1984 : Modèle mathématique du Complexe Terminal Nefzaoua-Djerid ; Min.agr.Tunisie.

Ben AMMAR .S ; 1984 : Modélisation de l'Exutoire Tunisien de la nappe du CI ; pfe INAT , Tunis.

Ben BACCAR .B ; 1982 : Contribution à l'étude hydrogéologique de l'aquifère multicouche de Gabès sud ; thèse doct. Univ.Paris Sud-Orsay.

Ben BACCAR ; 1987: Hydrogéologie des Matmatas; DGRE, 65p.

Ben DHIA .H ; 1983 : Les provinces géothermiques en Tunisie ; potentialités géothermiques de la Tunisie méridionale ; thèse doc. Es sc. Univ. Bordx I.

Ben MARZOUK .M ; 1982 : Contribution à l'étude hydrogéologique des régions de Gafsa-sud et d'El Guettar. ; thèse doct. Univ. Paris Sud – Orsay.

Ben MARZOUK ; 1988: La nappe du CI au niveau de la Nefzaoua; DGRE, 53p.

Ben MARZOUK ; 1994: Note sur la situation actuelle des forages du Chott Fedjej . DGRE , 13p.

Ben SALAH .Dh , LESSI .J ; 1978 : Construction d'un modèle multicouche de la nappe de la Nefzaoua du Complexe Terminal. Rapp.int. DRE , Tunis.

BORELLI , ROUATBI .R ;1970 : Nouvelle mise au point sur l'Exutoire Tunisien ; ERESS ; Gabès.

BUSSON .G ; 1967 : Le Mésozoïque saharien . L'extrême sud tunisien ; CNRS.

CEVEREY .M ; 1911 : Sur les sources du Djerid ; Service des Mines , Tunis.

CHAIEB .M ; 1986 : Production de la nappe du CI au niveau d'El Borma ; PFE ; ENIT, Tunis.

CLAUDE , FRITSCH , PONTANIER ; 1971: Mesures sur la citerne de ruissellement n°1 – piste Trapsa ; Tunis.

DANIEL .J.M ; 1967 : Etude des répercussions d'une exploitation de longue durée sur un système aquifère artésien . ; Chron hydrog n°11 ; BRGM

DGRE ; 1973 à 1998 : Annuaire d'exploitation des nappes profondes. DGRE , Tunis.

DHV-SCET Tunisie;1997: Eau potable du sud tunisien, Ressources exploitées et nouvelles ressources exploitables; Sonede, Tunis

ETAP ; 1983 : Carte du toit de la dolomie aptienne de la région du Djerid 1/100.000 , inédit, Tunis.

FERSI .M, ZANTE .P ; 1980 : Pluviométrie, bilan hydraulique et érosion sur le Dj. Dissa ; DRES, Tunis.

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

MAMOU .A ; 1976 : Contribution à l'étude hydrogéologique de la presqu'île de Kébili ; thèse univ.

Paris .

MAMOU .A ; 1990 : Caractéristiques et évaluation des ressources en eau du Sud tunisien . thèse doct. es sc. Univ.Paris Sud.

MAMOU. A; 1986: La nappe du Continental Intercalaire au niveau du Djerid; DGRE, 46p.

MAMOU. A; 1987: Le Crétacé inférieur sous la Djeffara ; DGRE, 45p.

MAMOU.A , AZZOUZ ; 1988: Reconnaissance hydrogéologique dans la région d'El Guettar-Gafsa; DGRE, 31p.

MAMOU.A , Ben BACCAR ; 1988: Evolution de la piézométrie et de la salinité de la nappe du CT dans la Nefzaoua; DGRE, 13p.

MAMOU.A ; 1993: Bilan des connaissances; Rapport national tunisien présenté à l'OSS.

MAMOU.A; 1997: Actualisation des connaissances sur les aquifères du Bassin du Grand Erg Oriental en Tunisie. OSS.

MANSOURI. R; 1988: Extreme Sud tunisien, Etude hydrogéologique du Continental Intercalaire. Sonede, Tunis.

MANSOURI. R; 1995 : Exploitation de la nappe du Trias gréseux de la Djeffara (Medenine & Tataouine) . Sonede, Tunis.

MEKRAZI .A.F ; 1975 : Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la région de Gabès Nord ; thèse univ. Bordeaux I.

MOBIL explor c° ; 1976 : Stratigraphie du sud tunisien.

PALLAS & al ; 1971 : Note sur le bilan de la nappe de la Djeffara et sur les conditions à imposer au modèle analogique ; ERESS .

PALLAS .P ; 1984 : Etude sur modèle mathématique de la nappe de la Djeffara ; PNUD , projet RAB/80/011.

PERTHUISOT .J.P ;1975 : La Sebkha El Melah de Zarzis , genèse et évolution d'un bassin salin ; Trav.Lab.Géol. Ec. Norm. Sup ;n°9 ;Paris.

ROUATBI .R ; 1970 : Note sur l'Exutoire Tunisien ; ERESS ; Gabès.

ROUATBI .R ; 1970 : Synthèse géologique du CI dans le Sud tunisien ; ERESS ; Gabès.

SCET ; 1963 : Etude hydrogéologique des nappes du sud tunisien. Nappe du Continental Intercalaire., rapp.IRH119, Tunis.

SIMONOT .M . 1970 : Carte géologique du CT en Tunisie au 1/500000 ; ERESS ; Gabès .

SIMONOT .M ; 1970 : Carte structurale du CT en Tunisie ; ERESS ; Gabès.

SIMONOT M , TEISSIER .JL ; 1971 : Alimentation du CI sensu lato par le Dahar ; ERESS ; Gabès.

SIMONOT.M ; 1971 : Notice explicative des cartes hydrogéologiques et des historiques de la Nefzaoua et du Djerid ; ERESS . Gabès.

TEISSIER .J.L ; 1970 : Alimentation du CI par le Dahar ; ERESS ; Gabès .

YAHYAOUI ; 1996 : Etude des aquifères du piémont oriental et du flanc occidental du Dahar-

doctorat : FSTunis .

ZAMMOURI .M ; 1989 : Sur le problème du devenir de la qualité de l'eau du Complexe Terminal., DRE , Tunis , févr. 1989.

ZEBIDI .H ; 1990 : Notice explicative de la carte des ressources en eau de la Tunisie au 1/500.000 , DGRE , Tunis.

ZOUARI .K ; 1988 : Quaternaire supérieur du sud tunisien , paléohydrologie et paléoclimatologie. Thèse doct. es sc. Univ. Paris sud.

Chemical analysis ;Book 4, Prog. Well drill & geoph explorat- ref: Aw -GA, 206,208, 208 (NB: le book 3: est ine)

Libye

AHMAD .M.U , EDDIB .A.A ; 1975 : The development of water resources in Libyan Sahara ; Proc. 2nd World cong. IWRA (New Delhi) , 3 ; 1-10.

AHMAD .M.U , MILAD .M.M ; 1978 : Water resources of the Sarir well field . Proc. 3rd world congress IWRA.

AQUATER-IDROTECNECO; 1981: Hydrogeological study of Wadi Ash Shati , Al Jufrah and Jabal Fezzan area.; Sec Agr Reclam Land Dev. Tripoli

BISON .L & al ; 1989 : Synthèse de l'évaluation hydrogéologique de l'Oued Ash Shati ...(Libye) ... ; Hydrogéologie ; n°3, 1989.

BRL ; 1998 : Ghadames Project . Final Report revised on January 1998 ; Vol I , Vol II , Planches. – ref : AW-GA-821.

BRL ingénierie ; 1997 : Ghadames Project water resources ; Final report – vol 2 : Mathematical Model.

BRL ingénierie ; 1997 : Ghadames Project water resources ; Final report – vol1 :geology , hydrogeology, water cost.

BURDON ;D ; 1980 : Infiltration conditions of a major sandstone aquifer around Ghàt , Libya ; The Geology of Libya, Vol II, pp 595-627.

CLARK-LOWES.DD, WARD. J ; 1991 : Paleoenvironmental evidence from the paleozoic 'Nubian Sandstones' ; the Geology of Libya ; Vol VI ; pp 2099-2153.

DUBAY .L ; 1980 : Groundwater in Wadi Shati-Fezzan. A case history of resource development ; The Geology of Libya ; Vol II ; pp612-627.

ENERGOPROJECT ; 1973 : Ghadames-Derj-Sinawen regional hydrogeological study ; preliminary report. Book1 : Text, 89 p ; Book2 : Appendices : Oil & Water wells, Quantal of geophys logs , chemical analyses ; Book 4 : Prg well drill & geoph explor. – ref : AW-GA-206 , 207 , 208. (NB : le Book3 : Drawings , est inexistant)

ENERGOPROJECT ; 1974 : Study of the problem concerning Ain Faras , Ghadames. 11 p .- ref : AW-GA-339.

ENERGOPROJECT ; 1975 : Ghadames-Derj-Sinawen regional hydrogeological study ; Final Report ; Books 3,4,X : geology, geophysics,labo. Analyses. Ref : AW-GA-449.

GEFLI ; 1972 : Western zone ; Water resources survey ; Climatology , Hydrology : Climatological Yearbook ; Hydrological Yearbook – ref : AW-54.

GEFLI ; 1975 : Nalut Project , soil & ress. Survey ; 3 : Climatology, Hydrology ; Text,GraphsMaps.- ref : AW-GA-389.

GEFLI ; 1978 : Survey for the development of the Central Wadi Zone & Gulf of Sirte ; Groudwater resources ; Final synthesis report ; Text & App 2&3- tome1 : 151p ; tome2 : pp152-418 ; App2 :drill.rep ; App3 : water analyses, hydrogeol cross sections, maps.- ref : AL-WR-205.

GEOMATH ; 1994 : Western Jamahiriya System ; Hydrogeological Modelling of aquifers & well fields ; Final Report ; Text & pl . ref : AW-MI-579.

IDROTECNECO ; 1982 : Hydrogeological study of Wadi Ash Shati , Al Jufrah and Jabal Fezzan area. Annex 3 : Construction of the Model, Final Report – 93 p ; Append. 1,2&3 ; 77 pl – ref : AS-751.

IDROTECNECO ; 1982 : Hydrgeological study of Wadi Ash Shati , Al Jufrah and Jabal Fezzan area. Annex1 : Geology , Geometry of reservoirs ; Annex2 : Hydrgeological data.- ref : AS-751.

IDROTECNECO ; 1982 : Hydrgeological study of Wadi Ash Shati , Al Jufrah and Jabal Fezzan area. General Report .Texte & 18 pl HT – ref : AS-751.

JONES .J.R ; 1969 : Groundwater in Libya . US Geol.Survey , open file report , 546p.

JONES. JR ; 1969 : Groundwater in Libya ; USGS , open file report. Vol : pp.1-295. – ref : G1-H275.

KOTOUB. S ; 1997 : Water resources & evaluation of the groundwater observation nrtworks of Libya. UNDP proj.LIB/97/008. 58p, 9Annexes – ref : AW-WR-262.

KRUSEMAN. GP ; 1974 : Comments on proposal from Energoproject concerning Ain Faras ; 2p. – ref : AW-GA-339.

LLOYD. JW; 1990: Groundwater resources development in the eastern Sahara ; J of Hydrology, 119 , pp71-87

MULLER-FEUGA .R ; 1954 : Contribution à l'étude de la géologie...et des ressources hydrauliques du Fezzan . ; Ann.Mines.Géol.Tunis ; n°12 , 354p.

OSS , BGR ; 1996: Grundwater resources of the Nubian aquifer system

PALLAS .P ; 1980 : Water resourc socialist people's arab libyan republic . In Salem & Busrewille(ed) : the geology of Libya ; Ac.Press ; vol II

PALLAS ; 1977 : Tawargha spring ; 24 p ; Technical Bull n°9 ; Sec Dams & Water Ress, Tripoli. Ref : AW-MI-383.

PALLAS, SOULAT, EI HOSSARY, RADELET ; 1974 : Northern part, Central zone of Libya 'Sirte'. Groundwater resources , evaluation & development prospect ; GWA, 12 p , 18 pl ht. – ref : AE-KH-87.

PIZZI , SARTORI ; 1984 : Interconnected groundwater systems simulation ; J. of Hydrology ; 75 (1984/1985) ; pp255-285.

ROHLICH.P , YOUSSEF.B ; 1991 : The Ghadames fault . Symposium on the geology of Libya ; Tripoli ; 1987 – Elsevier ; Amsterdam.

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

SALEM. O . 1997: Hydrogeology of the Kikla aquifer in NW Libya , a preliminary report submitted to OSS, 10p.

SALEM. O, TALHA. O; 1984: Hydrogeological map of North-Western and Central Libya ; Tripoli

SALEM. O; 1988: Grwater in the socialist People's Libyan Arab Jamahitya ; in Gdwater in N& W Africa, Nat Res , Water series n°18 UN

SALEM. O; 1992: Hydrogeology of the major groundwater basins of Libya; Coll OSS, Le Caire

SALEM. O; 1994: State of Knowledge review; Libyan national report submitted to OSS.

SINHA ; SC ; 1980 : On the application of geophysical logging in the assesement of groundwater potential in Al Hamada El Hamra Basin ; The Geology of Libya ; pp 643-658.

SRIVASTAVA. ML ; 1981 : Report on regional hydrogeological study in Ghadames-Derj-Sinawan area ; 155 p , 18 pl HT ; ref : AW-GA-682.

Annexe 2

PIEZOMETRIE

ANNEXE 2

1. Piézométrie de référence dans la nappe du Complexe terminal

Annexe 2 Tableau 1 - Piézométrie de référence dans la nappe du CT en Algérie

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude de en m	Année mesure	NS/so l	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Debdeb	Forage artésien	L01500002	F.De Fort Saint 2	300	1955	47	347	ANRH
Debdeb	Forage	L01300001	Haiad 601 Et 602	225	1964	-88	137	ANRH
Debdeb	Forage	L01300002	Bir Morel Rap	243	1969	-63	180	ANRH
Debdeb	Forage	L01300003	Bir Rogers 1et 2 Rap	230	1969	-60	170	ANRH
El Borma	Forage	J01300001	Zemlet El Khalef Z K	140	1961	-35	105	ANRH
El Borma	Forage	J01300002	Bir Dolmane1 Zemoul	149	1960	-40	109	ANRH
El Borma	Forage	J01100003	Hassi Messaoud Md 1	167	1956	-40	127	ANRH
El Borma	Forage	J01200007	El Arich Ettahania	150	1968	-31	119	ANRH
El Borma	Forage	K01100009	Fes 1-H1	171	1967	-33	138	ANRH
El Borma	Forage	K01200005	Rhourd El Baguel 101	151	1961	-24	127	ANRH
El Borma	Forage	K01400006	Camp Sismique	230	1963	-80	150	ANRH
El Borma	Forage	J01200003	Rhourd Sefar (Rs 1)	145	1962	-28.9	116.1	ERESS
El Borma	Forage	J01300003	Bir Delmane 2 (Brd 2)	150	1960	-41	109	ERESS
El Borma	Forage	J01300009	Zemlet Eel Kalef	140	1961	-35.45	104.55	ERESS
El Borma	Forage	J01300009	Zemlet Eel Kalef (Zk1)	140	1970	-35.72	104.28	ERESS
El Borma	Forage	J01300013	Bir Retma (Brt 101)	172	1967	-68	104	ERESS
El Borma	Forage	J01400001	El Guelta	268	1966	-130	138	ERESS
El Borma	Forage	RE 1	Rebaa	190	1964	-60	130	ERESS
El Borma	Pétrolier	REL 101	Rhourd El Lia	135	1970	-19.86	115.14	ERESS
El Borma	Pétrolier	Arb 1	El Arbi	177.2	1963	-41	136.26	ERESS
El Borma	Pétrolier	BRD 1	Brides	204.5	1963	-49.9	154.6	ERESS
El Borma	Pétrolier	EAT 101	El Arich Et Tahtania	150	1970	-30.3	119.7	ERESS
El Borma	Forage	J01100019	Dorbane Sd 1	140.4	1959	-19.5	120.9	ERESS
El Borma	Forage	J01200006	Rhourd El Baguel Nord	152	1967	-25	127	ERESS
El Borma	Forage	J01300011	Guenafide (Gef 1)	150	1963	-39	111	ERESS
El Borma	Forage	J01400005	El Borma 103 (Elb 103)	221	1969	-64.46	156.54	ERESS
El Borma	Forage	J01400006	Keskessa 101 (Ka 101)	187	1968	-66	121	ERESS
El Borma	Forage	K01100011	Rhourd El Baguel West	155	1966	-29	126	ERESS
El Borma	Forage	K01200002	Loudje (Ld 1)	148.1	1964	-24.5	123.5	ERESS
El Borma	Forage	K01200003	Sinclair Akr 101	157	1964	-29	128	ERESS
El Borma	Forage	K01200004	Rhourd El Baguel (Rb 101)	151	1961	-24	127	ERESS
El Borma	Forage	K01200006	Rhourd El Baguel 102 (Rb 102)	154	1967	-26	128	ERESS
El Borma	Forage	K01200008	(Pk 40)	155	1970	-22	133	ERESS
El Borma	Forage	K01200010	Massdar 101	166.5	1964	-28.4	138.1	ERESS
El Borma	Forage artésien	K01300003	Bir Tanguer (Btr 1)	190	1970	-57.68	132.32	ERESS
El Borma	Forage	K01300004	Pk 92	160	1970	-28.5	131.5	ERESS
El Borma	Forage	L01200002	Touil (Tao 601)	202	1966	-50	152	ERESS
El Borma	Forage	Zar 1	Zemlet El Arbi	167	1964	-40	127	ERESS
El Borma	Pétrolier	J01400004	El Borma 102 (Elb 102)	223.7	1968	-68	155.7	ERESS
El Borma	Forage	X03000030	Bir Atchane	230	1963	-80	150	ERESS
El Borma	Groupe	4					156	ERESS
El Oued	Forage	J01200004	Hassi Bedda 1h B1 N1	130	1960	-20	110	ANRH
El Oued	Forage	I01100242	A.Tarfaia Djedida D2	55	1954	3	58	ANRH
El Oued	Forage	EHT 101	El Hamamit	128	1970	-23.5	104.5	ERESS
El Oued	Pétrolier							
El Oued	Forage	I01200009	Zemlet El Bazima	80	1961	20	100	ERESS
El Oued	Forage	I01300002	T 01 De La Ste Esso	120	1962	-19	101	ERESS
El Oued	Forage	HB 1	Hassi Bedda	129.5	1960	-20.5	109	ERESS
El Oued	Pétrolier							
Hassi Messaoud	Forage	J01000468	Forage H1 Hm Omn 53	168	1958	-41	127	ANRH
Hassi Messaoud	Forage	J01000474	Mdw1bh1(Snrepal)	174	1954	-46	128	ANRH
Hassi Messaoud	Forage	J01100011	Haoud Tarfa N1 Omy57	164	1958	-46	118	ANRH

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude de en m	Année mesure	NS/so l	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Hassi	Forage	J01100014	Mdw1 A H1	173	1959	-45	128	ANRH
Messaoud	Forage	J01100016	Mds Bh Sn Repal S1b	142	1959	-10	132	ANRH
Hassi	Forage	J01100017	Snrepal Hi M Mde 2bh	146	1959	-16	130	ANRH
Messaoud	Forage	J01100020	H 6 Om 1	169	1959	-44	125	ANRH
Hassi	Forage	J01100060	Hassi Messaoud F5 Ae	168	1965	-42	126	ANRH
Messaoud	Forage	K01000001	Hassi El Gassi N1	185	1958	-40	145	ANRH
Messaoud	Forage	K01000003	Pour Snpa Ar 1	192	1959	-43	149	ANRH
Hassi	Forage	K01000004	El Agreb H Ar6	200	1960	-45	155	ANRH
Messaoud	Forage	K01100021	F.L.D.I-Hi Sn Repal	160	1966	-25	135	ANRH
Hassi	Forage	K01100022	Puits D'eau Ns I.H.I	188	1960	-43	145	ANRH
Messaoud	Forage	K01100023	Gassi El Adam 101	188	1967	-41	147	ANRH
Hassi	Forage	L00900001	Es Settar St 1 Cpa	261	1969	-83	178	ANRH
Messaoud	Forage	L00900005	Saf Saf 101	258	1900	-78	180	ANRH
Hassi	Forage	L01000003	Hll1 N°2	207	1960	-46	161	ANRH
Messaoud	Forage	L01100008	Azel Nord Aln 1	233	1961	-65	168	ANRH
Hassi	Forage	L01100025	Toual 101	223	1962	-61	162	ANRH
Messaoud	Forage	L01100028	Allenda Nord N 1	229	1962	-61	168	ANRH
Hassi	Forage	L01100047	Ht-01	202	1900	-45	157	ANRH
Messaoud	Forage	M00900003	Ea lww Phillips	290	1960	-110	180	ANRH
Hassi	Forage	M01000003	Baguel 1 RI1 Cpa	268	1969	-90	178	ANRH
Messaoud	Forage	G01000438	Stile (N° 3)	17.87	1970	4.47	22.34	ERESS
Hassi	Forage	Aa N 601	Allenda Nord N 601	229	1962	-60.5	168.5	ERESS
Messaoud	Pétrolier	BSE 101	Bou Settach	155	1968	-17.5	137.5	ERESS
Hassi	Forage	Fld 1	Fort Lallemand H1	160	1966	-25	135	ERESS
Messaoud	Pétrolier	GTM 1	Gassi Touil	209	1969	-51.5	157.5	ERESS
Hassi	Forage	Hll 1	Hassi Leila	207	1960	-45.52	161.48	ERESS
Messaoud	Pétrolier	J01100005	Hassi Messaoud Sud (Mds1 Ah)	140	1959	-11.8	128.2	ERESS
Hassi	Forage	J01100012	Haouad Tarfa 2 (Omg 57)	164	1958	-46.75	-117.25	ERESS
Messaoud	Forage	J01100018	Hassi Messaoud Nord ((Om 1))	169	1959	-43.5	125.5	ERESS
Hassi	Forage	J01100056	Hassi On 1	140	1961	-15	125	ERESS
Messaoud	Forage	K01100004	Fort Lallemand	150	1958	-16.42	133.58	ERESS
Hassi	Forage	K01100006	Hassi Laroque	185	1959	-36.65	148.35	ERESS
Messaoud	Forage	K01100007	Nezla	190	1960	-43.5	146.5	ERESS
Hassi	Forage	K01100012	Rhourd El Guemra	180	1968	-38	142	ERESS
Messaoud	Forage	K01100013	Draa Sbeit	190	1968	-43.5	146.5	ERESS
Hassi	Forage	L01000002	El Agreb (Ar 6)	200	1960	-45.2	154.8	ERESS

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/so l	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Hassi Messaoud	Forage	L01100004	Azel Nord	232	1961	-65	167	ERESS
Hassi Messaoud	Forage	L01100005	Hassi Touareg	202	1959	-47.5	154.5	ERESS
Hassi Messaoud	Forage	L01100012	Allenda Nord N 602	223	1968	-54	169	ERESS
Hassi Messaoud	Forage	NS1H1	Oulad N'sir	188	1969	-42.59	145.41	ERESS
Hassi Messaoud	Pétrolier	SG 1	Slassed Guerba	168	1960	-27.7	140.3	ERESS
Hassi Messaoud	Pétrolier	Tou 1	Touat	222	1962	-60.5	161.5	ERESS
Hassi Messaoud	Pétrolier	1					155	ERESS
Hassi Messaoud	Groupe	2					127	ERESS
Ouargla	Forage	J01000338	Ain Briss	132	1954	-1	131	ANRH
Ouargla	Forage	J01000428	A.Tafessaouine D4 F	130	1954	1	131	ANRH
Ouargla	Forage	I01100447	Gueddich Gd1 Pts Eau	110	1964	-5	105	ANRH
Ouargla	Forage	J01000514	Oulougga 2 Oa2	145	1966	-26	119	ANRH
Ouargla	Forage	J01000411	Sar Mekhadma Ouargla	132	1954	5	137	ANRH
Ouargla	Forage	J01000426	Sidi El Maghraoui	130	1954	1	131	ANRH
Ouargla	Forage	J01000521	Banounou D2 F54	131	1966	-2	129	ANRH
Ouargla	Forage	J01000202	Bentadjine Rouissat	132	1954	1	133	ANRH
Ouargla	Forage	J01000402	S.N.Repal	144	1956	-5	139	ANRH
Ouargla	Forage	J01000464	Hassi Rhenani 1	133.9	1970	-8.9	125.04	ERESS
Ouargla	Forage	J01000465	Hassi Rhenani 2	136.1	1957	-11.2	124.92	ERESS
Ouargla	Forage	J00900015	Daïa Ghemta	233	1958	-87.75	145.25	ERESS
Ouargla	Forage	J01000001	Kechem Er Rih (Puits)	148.8	1970	-31.29	117.6	ERESS
Ouargla	Forage	J01000007	Square Bresson	120.2	1957	-9.5	111.75	ERESS
Ouargla	Forage	J01000469	Carrière	139	1958	-26.71	112.29	ERESS
Ouargla	Forage	J01000475	Garet Chennter	163.1	1959	-37.85	125.28	ERESS
Ouargla	Forage	J01100013	Rhourd El Hamra	149.5	1968	-28.5	121.00	ERESS
Ouargla	Forage	J00900017	Bordj Houbrat	251	1966	-106	145	ERESS
Ouargla	Forage	J010 00529	Ali Rached	128.9	1967	-0.95	128.01	ERESS
Ouargla	Forage	J01000518	Bou Roubia (Sov. 14) (D 2 F 59)	130.4	1966	-1.22	129.26	ERESS
Ouargla	Forage	J01000522	Bamendil Cofor	135.5	1969	-6.6	128.9	ERESS
Ouargla	Forage	J01000527	N'goussa (Cofor) A. Gallousch (D 6 F 44)	120.3	1966	-0.96	119.34	ERESS
Ouargla	Forage	J00900016	Hofra Trajma	273	1957	-	150.37	ERESS
Ouargla	Forage	K00900008	Erg Djouad	182.8	1969	-32.81	150.05	ERESS
Ouargla	Forage	X03000023	Hassi El Bakret (Puits)	156.6	1970	-29.14	127.48	ERESS
Ouargla	Forage	X03000024	Hassi Sayah (Puits)	143.2	1970	-17.66	125.62	ERESS
Ouargla	Forage	X03000025	Frana	134.5	1969	-18.5	116.00	ERESS
Ouargla	Forage	X03000026	Hassi Sahane (Puits)	122.9	1970	-9.68	113.26	ERESS
Ouargla	Forage	X03000027	Aïn Ali Ben Salah (Puits)	109.5	1970	-0.78	108.8	ERESS
Ouargla	Forage	X03000028	Hassi Mellah (Puits)	118.7	1970	-8.4	110.34	ERESS
Ouargla	Forage	X03000029	Hassi Chouara (Puits)	122.4	1970	-16.19	106.21	ERESS
Ouargla	Forage	X03000031	Hassi El Hadjar (Puits)	280	1969	-	151.08	ERESS
Ouargla	Groupe	6					130.7	ERESS
Ouargla	Forage	D 16 F 11	Propriété Saïssa		1949		53.85	ERESS
Ouargla	Forage	D 1 F 103	B El Guetaïf	132.3	1956	-0.64	131.74	ERESS
Ouargla	Forage	D 1 F 94	Aïn Ramel	131.6	1957	-0.74	130.87	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	G01100061	Ain Naga 3 Aep	13	1958	55	68	ANRH

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude de en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Oued Rhir Nord	Forage artésien	G01000240	Hamam Salihine	125	1959	5	130	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000225	Bouchagroune Ouest	153	1951	-1	152	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage artésien	G01000279	Bir Bou Soudane N°3c	120	1954	5	125	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G00900111	F.Reconnaissance Ber	236	1953	-51	185	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000378	Puits Khafoura Douce	180	1951	-8	172	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000416	Doucen N°79 Miss Sov	180	1969	-2	178	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000278	El Ghrouz N°2	156	1953	3	159	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage artésien	G01000164	Puits Berland N 2	100	1947	8	108	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000295	Sidi Haddoud A Kerma	141	1955	6	147	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000299	Puits Du Cafe Maure	150	1951	-7	143	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage artésien	H01100027	Tarfait Salah Meghai	-1	1949	25	24	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage artésien	H01100249	Ain Bertin	1	1949	29	30	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000316	Mebdoua Gharbia	151	1956	4	155	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000344	Mekhadna N°3	107	1966	44	151	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000359	Ain Laborde Lioua	120	1949	34	154	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000380	El-Beida Djedjdàbent	88	1912	1	89	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	I01100013	Ain Thomas A Moggard	54	1950	5	59	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	I01100225	Ain Aouf Temacine D3	76	1954	-4	72	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	H01100244	Ain Brusalin Srouna	44	1949	4	48	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	H01100372	Ain Tamzalit 2	50	1954	-1	49	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	I01100478	A.Zaouali A Moggard2	55	1956	4	59	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000003	El Mazouccchia	230	1954	-60	170	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01000350	Bir Labrache N°2	180	1963	-17	163	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01100060	Ziribet El Oued	47	1958	50	97	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01100076	Reconnaissance A Lia	190	1950	-56	134	ANRH
Oued Rhir Nord	Forage	G01100067	Aïn Naga	4.65	1962	54	59.65	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01000041	El Amria (Ph 1)	147	1958	-74.5	72.5	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	G01100056	El Feidh	1.325	1956	58.98	60.3	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01000001	Aïn Steeg	-10.5	1950		30	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01000047	Hassi Gouira	31	1963	-11	20	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100001	Zaouiet Riab A. Sif	30.5	1949		47.2	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	F 54	Aïn Dusquenay	-0.01	1960	20	20.00	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	F 74	Tebesbest Aïn Nacent	63.68	1970	-1.56	62.12	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	F 74	Aïn Kebira	-19.22	1970	31.51	12.29	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	F10	Aïn Saïba	1.43	1970	7.55	8.98	ERESS
Oued Rhir Nord	Pétrolier							
Oued Rhir Nord	Forage artésien	H01100401	El Hamraïa 1	-19.95	1955	65	45.05	ERESS

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Oued Rhir Nord	Forage artésien	G01100068	Khanga Sidi Nadji	176.78	1967	1.25	178.03	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01200022	Kouinine	74.47	1961	3.5	77.97	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	G01000341	Benthious	94.15	1965	-13	81.15	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100522	Recon S.E.S Fr 13	22	1971	4.5	26.5	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage Pétrolier	F21	Zaouiet Riab	28.4	1970	6.44	34.84	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	I01100502	Sidi Bou Hanra (Reconn. Fr 3)	100	1971	-6.81	93.19	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01000044	Chaab El Megalem (Sp I Bis)	94	1960	-34.6	57.4	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01200015	El Khobna	48.13	1954	17.63	65.76	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	G01000346	Chegga Soviétique	15.86	1967	17.8	36.14	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100484	Tamerna Guedima A. Chemorah (F 34)	53.55	1970	-3.58	50.17	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100505	Aïn Bedjadi	53.15	1957	-2.5	50.65	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage Pétrolier	F17	Tiguechdine Aïn Paul Cassoute	33.48	1970	7.23	40.71	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01200035	Magrane	52.82	1961	15.5	68.32	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage artésien	H01100356	Sidi Ahmed Tidjani	7.37	1952	24.57	31.94	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage Pétrolier	F5	Sidi Slimane A. Compagne	55.5	1970	-0.47	55.03	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	X00101038	Sidi Slimane A. Tarfaïa Djedida	55.14	1954	3.26	58.4	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	F 7	Aïn Deguel	11.8	1970	5.73	17.53	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100490	Caper	25.03	1970	7.6	32.63	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage Pétrolier	F15	Tinedla	13.06	1970	12.47	25.53	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100347	Gd Puits Ourir N'sigha 5(D2 F 14)	-5.6	1950		32.4	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	FR 10	Chouchet Dentsa	55	1971	-12.19	42.81	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	FR 8	Ahanet Tamerna	100	1971	-29.5	70.5	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	20					54	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	21					46	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	22					46.2	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	23					53.2	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	24					42	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	26					32	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	27					30	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	28					44	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	29					32.4	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	30					40	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	31					36	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	36					60	ERESS
Oued Rhir Nord	Groupe	38					60	ERESS

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/so l	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Oued Rhir Nord	Forage	H01100278	Guedima Porte Ranfaine (D 20 F 30)		1949		51.37	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01100057	El Serd A. Pionnier ((D 9 F 5))		1952		40	ERESS
Oued Rhir Nord	Forage	H01000029	Aïn Aïssa 5(D 1 F 5)		1942		42.3	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	I01100238	Ain Ahiba D46f62	84	1953	2	86	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01100578	A. Cheraga Djedida D4	87	1969	0	87	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	H01100369	Ain Nazika	37	1954	7	44	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01000037	Chegguet El Ftaiet	91	1970	6	97	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01100038	Ain Merouane D29f73	59	1952	8	67	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01100080	Ain Chotte Touggourt	69	1953	3	72	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	H01000078	Djouf Msellem Pa 1	259	1960	-101	158	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01100053	A. Danoun Djedida D40	75	1952	3	78	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01100575	Ain Khadra Tamelht	79	1969	-1	78	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	I01100227	Ain Chaouche 2 D32f1	63	1954	3	66	ANRH
Oued Rhir Sud	Forage	D45F41	Blidet Amor Ouest Cheih Tahar	82.66	1970	-1.08	81.58	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	D46F49	Blidet Amor Est Alegouigui	84.21	1970	-1.98	82.23	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	D47 F 16	Aïn Larbi	86.39	1970	2.2	88.59	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	H01100364	Aïn Djenane	40.96	1953	1.35	42.31	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	H01100474	Mazer Aïn Kemgassem	28.22	1970	7.48	35.7	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage artésien							
Oued Rhir Sud	Forage	H01100704	Teguedine Aïn Cheitch Saad	36	1953	6.7	42.7	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	H01100777	Aïn Bel Kassem Oubira		1950		44.9	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	H01000056	Chott Amar	72	1971	-27.00	45.00	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	I01000008	Bled Haouad El Maïa	165	1959	-62.02	102.98	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	I01000009	El Hadjira 2	101.4	1958	-7	94.4	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	D34FR7	El Haïcha	89.16	1971	-14.67	74.49	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	FR 1	Melah Ben Taïeb	103	1971	-7.38	95.62	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	F65	Meggarine Guedima Aïn Bassoud	59.15	1969	-0.09	59.06	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	X00101230	Meggarine Guedima Aïn Merouane		1952		67.5	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	X00101247	Puits Du Sar	61.3	1953	4.98	66.28	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	D36F48	Taggourt S. Ranou	71.51	1970	-0.37	71.14	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	X00101241	Aïn Sahara		1954		71.5	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	H01000046		259	1960	-101.4	157.6	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	H01000046		259	1960	-101.4	157.6	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	I01200019	Hassi Amrane Hnb 2	123	1960	-10	113	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	I00900009	Guerrara	328.1	1957	-130.2	197.94	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage			4				
Oued Rhir Sud	Forage	I01100448	Taïbet	102	1967	-12.8	89.2	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	D38F17	Temacine W Ben Dadi	78.27	1970	-3.93	74.34	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	D39F15	Temacine Se Alchaoubi	79.27	1970	-2.2	77.07	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	D41F70	Madjoub Bouhabache	74.19	1970	-1.68	72.51	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	D43F13	Kardache Aïn Delion	81.14	1970	-1.41	79.73	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	X00101225	Temelhat (Ain Bourouba D41 F63)		1950		82	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	D34 F100	Taggourt A. Messaoud	69.53	1970	-1.67	67.86	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	D35F43	Nezla Aïn Sahara	70.19	1969	-1.9	68.29	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	F130	Zaouia Sidi Labed A. Sovalga	60.32	1969	3.49	63.81	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	F46	Zaouia Sidi Labed Ladgar Riri	60.56	1970	-1.15	59.41	ERESS
Oued Rhir Sud	Pétrolier							
Oued Rhir Sud	Forage	FR 5	Daoula	114.9	1971	-23.86	91.04	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	FR 6	Mouïer Rebah	92.84	1971	-14	78.84	ERESS
Oued Rhir Sud	Groupe	11					82	ERESS
Oued Rhir Sud	Groupe	13					73	ERESS
Oued Rhir Sud	Groupe	16					66.9	ERESS
Oued Rhir Sud	Groupe	18					60	ERESS
Oued Rhir Sud	Forage	I01100439	Hassi Amrane	121.1	1959	-16.1	105	ERESS
Souf	Forage	H01100466	Reguiba 1	70	1962	15	85	ANRH
Souf	Forage artésien							
Souf	Forage	H01200016	El Oued	80.35	1956	2.4	82.75	ERESS

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Souf	Forage	H01200032	Tiksebt	76.14	1967	1.68	77.82	ERESS
Souf	Forage artésien	H01100004	Ghamra Tala Soviétique	60.77	1970	1.4	62.17	ERESS
Souf	Forage	H01100465	Rhamra	57.03	1962	12.5	69.53	ERESS
Souf	Forage	H01200034	Zgoum Behima	64.54	1967	7.68	68.84	ERESS
Souf	Forage artésien	H01100104	Sif El Menadi	-21.97	1953	66	40.03	ERESS
Souf	Forage	H01100166	Reguiba	54.68	1962	15	69.68	ERESS
Souf	Forage	H01200023	Amiche	92.65	1961	-10	82.65	ERESS
Souf	Forage	H01100413	Guemar	65.38	1957	7	72.38	ERESS
Souf	Forage	H01200021	Debila	61.16	1960	11	72.16	ERESS
Souf	Forage	H01200038	Sidi Aoun	54.7	1970	12.05	66.75	ERESS
Tidikelt	Forage	L01200011	Azel Cpa 1	246	1959	-78	168	ANRH
Tidikelt	Forage	L01100009	Rhourd Nous Pazo Rw	251	1967	-77	174	ANRH
Tidikelt	Forage	L01200010	Rhourd Chouf 1	236	1962	-68	168	ANRH
Tidikelt	Forage	M01100001	Hamra Hri Cpa	284	1956	-100	184	ANRH
Tidikelt	Forage	M01100004	Hassi Ramdane Ht2	310	1958	-111	199	ANRH
Tidikelt	Forage	M01100008	Azel Sud 101	262	1968	-88	174	ANRH
Tidikelt	Forage	M01100021	Mkratta Mk 1 Cpa	310	1957	-106	204	ANRH
Tidikelt	Forage	N01500002	Terminal Creps 102	550	1958	-160	390	ANRH
Tidikelt	Forage	L01100001	Tartrat	230.73	1958	-69	161.73	ERESS
Tidikelt	Forage	L01100003	Hassi Tartrat	228	1958	-64.6	163.4	ERESS
Tidikelt	Forage Pétrolier	MF 101	El Mourfag	232.6	1963	-73	159.6	ERESS

Annexe 2 Tableau 2 - Piézométrie de référence dans la nappe du CT en Tunisie

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
KEBILI	Forage	02051035	Ain Taouergha 2	27.22	1955	9.7	36.92	ERESS
KEBILI	Forage	P6	Bazma Est	57.7	1970	2.98	60.68	ERESS
KEBILI	Forage	05716005	Ben Zitoun	31.4	1951	38.59	69.99	ERESS
KEBILI	Forage	P2	Djemna Est	64.00	1971	1.4	65.40	ERESS
KEBILI	Forage	00030025	Douz 2b	65.12	1952	12.57	77.69	ERESS
KEBILI	Forage	05484005	El Faouar 2	49.6	1949	19.43	69.03	ERESS
KEBILI	Forage	05754005	Grad	51.00	1951	20.9	71.90	ERESS
KEBILI	Forage	P5	Kebili N.	48.35	1970	-2.81	45.54	ERESS
KEBILI	Forage	06070005	Oued Tarfa	92.00	1953	-17.3	74.70	ERESS
KEBILI	Forage	09347005	Oum Soumaa 1	36.32	1968	0.04	36.36	ERESS
KEBILI	Forage	P3	Piezomètre Darjine 1	19.2	1971	43.12	62.32	ERESS
KEBILI	Forage	P1	Pz Damrana (Douz Est)	74.95	1970	-6.00	68.95	ERESS
KEBILI	Forage	06756005	Ras El Aïn 1	41.94	1958	8.46	50.40	ERESS
KEBILI	Forage	05713005	Scast 4	41.00	1949	26.00	67.00	ERESS
KEBILI	Forage	12320005	Stil 1	45.46	1969	20.58	66.04	ERESS
KEBILI	Forage	10199005	Zaafrane 2	39.5	1969	30.8	70.30	ERESS
KEBILI	Forage	09632005	BOU ABDALLAH 1	39.67	1968	-2.58	37.09	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	09653005	Bou Abdallah 2	45.90	1968	-8.20	37.70	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	12300005	Chott Salhia 1(Stil 1)	45.46	1969	19.84	65.30	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	05193005	DAR KOUSKOUSS 1	53.3	1950	-10.00	43.30	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	05263005	DOUZ 2	68.09	1950	12.51	80.60	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	06999005	DOUZE SONEDE		1959		68.60	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	05755005	Ksar Tabeul	50.56	1951	-6.16	44.40	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	09631005	MANSOURA	35.5	1969	11	46.5	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	09617005	Negga 4	24.67	1969	29.03	53.70	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage	09616005	OUM SOMAA 2	32.37	1968	-0.74	31.63	DRE-1981
KEBILI	Forage	09964005	Oum Soumaa 3	35.8	1969	0.48	36.28	DRE-1981
KEBILI	Forage	09654005	RABTA 2	32.27	1968	14.20	46.47	DRE-1981
KEBILI	Forage	10226005	Rahmat 3	46.70	1969	11.5	58.20	DRE-1981
KEBILI	Forage	05585005	Telmine 2	26.54	1948	23.70	50.24	DRE-1981
KEBILI	Forage	01558005	TENKITA 2	48	1937	-9	39	DRE-1981
KEBILI	Forage	00008005	Bechelli	32.67	1935	38.00	70.67	ERESS
KEBILI	Forage artésien	07630005	Chott Tibni (Sabria)	47.59	1970	26.42	74.01	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05571005	El Faouar 1	50.14	1949	19.13	69.27	ERESS
KEBILI	Forage artésien	00073025	Guettaia 2	28.91	1951	33.34	62.25	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05894005	Klebia	36.83	1952	33.25	70.08	ERESS
KEBILI	Forage artésien	06470005	Methouria 1	54.00	1955	15.2	69.20	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05570005	Negga 3	21.00	1950	34.3	55.30	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05692005	Rahmat 2	46.73	1951	15.62	62.35	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05840005	Rhelissia 1	62.93	1952	10.28	73.21	ERESS
KEBILI	Forage artésien	06689005	Rhidma 1	42.08	1957	28.6	70.68	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05956005	Sidi Messaid 2	45.89	1952	16.6	62.49	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05650005	Tembib 2	24.07	1950	23.4	47.47	ERESS
KEBILI	Forage artésien	10195005	Tembib 3	23.78	1969	21.8	45.58	ERESS
KEBILI	Forage artésien	05356005	Zaafrane 1	41.7	1948	31.7	73.40	ERESS
KEBILI	Forage artésien	06906005	Zarsine 2	27.54	1959	42.7	70.24	ERESS
KEBILI	Forage artésien	00031005	BAZMA 2	57.6	1912	1.30	53.61	DRE-1981
KEBILI	Forage artésien	05941005	BAZMA 3	44.17	1952	13.33	57.5	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage artésien	11334005	EL FAOUAR 3	48.57	1969	21.92	70.49	DRE-1981

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
KEBILI	Forage artésien	00033005	EL GOLAA 1	56.38	1936	16.60	72.98	DRE-1981
KEBILI	Forage artésien	06481005	GUELIADA 1	32	1954	35.5	75.60	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage artésien	00073005	Guettaya 1		1934	33.34	62.25	DRE-1981
KEBILI	Forage artésien	00073025	Guettaya 2	28.91	1951	33.34	62.25	DRE-1981
KEBILI	Forage artésien	05894005	Klebia 1	36.83	1952	33.25	70.08	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage artésien	05956005	MESSAID 2	45.89	1952	16.60	62.49	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage artésien	06690005	Nouaiel 1	43.40	1957	29.15	72.55	ARMINES-ENIT
KEBILI	Forage artésien	00052005	RABTA 1	34.28	1923	0.80	35.77	DRE-1981
KEBILI	Forage artésien	10195005	TEMBIB 3	23.78	1969	21.8	45.58	ERESS
KEBILI	Forage artésien	00006005	TENKITA 1		1933	18.5	63.5	DRE-1981
KEBILI	Forage artésien	00038005	ZARCINE 1	24.87	1915	28	52.87	DRE-1981
KEBILI	Groupe	1					75	ERESS
KEBILI	Groupe	10					72	ERESS
KEBILI	Groupe	11					70	ERESS
KEBILI	Groupe	12					67	ERESS
KEBILI	Groupe	14					62	ERESS
KEBILI	Groupe	15					55.3	ERESS
KEBILI	Groupe	16					47.5	ERESS
KEBILI	Groupe	17					62.7	ERESS
KEBILI	Groupe	18					62.5	ERESS
KEBILI	Groupe	19					50	ERESS
KEBILI	Groupe	2					69	ERESS
KEBILI	Groupe	22					37.2	ERESS
KEBILI	Groupe	3					72	ERESS
KEBILI	Groupe	4					73	ERESS
KEBILI	Groupe	5					73.5	ERESS
KEBILI	Groupe	7					70.3	ERESS
KEBILI	Groupe	9					68	ERESS
TOZEUR	Forage	10453005	Degache Nord 1	53.45	1969	-1.00	52.45	ERESS
TOZEUR	Forage	05222005	El Hamma 3	37.76	1951	12.54	50.30	ERESS
TOZEUR	Forage	08564005	El Hamma 6	31.27	1966	18.2	49.47	ERESS
TOZEUR	Forage	06267005	El Louah (Chemsa 1)	34.8	1954	18.5	53.30	ERESS
TOZEUR	Forage	06103005	Gouifla	41.2	1953	14.6	55.80	ERESS
TOZEUR	Forage	06090005	Hazoua 1	40.57	1953	24.2	64.77	ERESS
TOZEUR	Forage	05262005	Hebla 2	48.76	1947	8.9	57.66	ERESS
TOZEUR	Forage	08262005	Nefta 1	49.51	1965	4.2	53.71	ERESS
TOZEUR	Forage	05436005	Neftlaïet	45.79	1948	6.9	52.69	ERESS
TOZEUR	Forage	05776005	O. Chakmou	30.05	1952	24.03	54.08	ERESS
TOZEUR	Forage	08729005	Oued Koucha 1	44.21	1966	12.3	56.51	ERESS
TOZEUR	Forage	00078005	Ouled Maged	51.5	1932	-0.2	51.30	ERESS
TOZEUR	Forage	05487005	Rherгдаïa 1	50.74	1950	12.84	63.58	ERESS
TOZEUR	Forage	12325005	Rherгдаïa 3	63.03	1970	-2.19	60.84	ERESS
TOZEUR	Forage	09456005	Sebaa Biar 1	58.53	1970	-12.35	46.18	ERESS
TOZEUR	Forage	05893005	Seddada 1	53.3	1952	3.95	57.25	ERESS
TOZEUR	Forage	09342005	Seddada 2	64.19	1970	-16.04	48.15	ERESS
TOZEUR	Forage	05289005	Tozeur Gare 1	49.19	1948	6.4	55.59	ERESS
TOZEUR	Forage	08405005	Tozeur Gare 2	57.29	1967	-3.8	53.49	ERESS
TOZEUR	Forage	08981005	AIN TORBA 1	54	1967		53.70	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	00080005	CASTILIA 1	47	1941	10.10	57.10	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	10453025	Degache Nord 2		1969		51.20	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	00076005	EL HAMMA 2	36.7	1932	15.1	51.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	06922005	El Hamma 4		1959		48.20	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08563005	EL HAMMA 5	36.6	1965	14.50	51.10	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08837005	El Hamma 7		1967		48.60	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08838005	El Hamma 8		1967		47.90	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08982005	El Manachi 2		1967		54.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	05487005	Ghardgaya 1	50.74	1950	12.84	63.58	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	05660005	Ghardgaya2	84.79	1950	-20.80	64	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	05262025	HELBA 3bis	54	1947	3.70	57.70	ARMINES-ENIT

Zone	Type d'ouvrage	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
TOZEUR	Forage	09340005	Kriz 1		1967		46.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	09627005	Kriz 2	70	1968	-29.80	40.20	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	10452005	Kriz 3		1969		46.70	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	00079005	NANACHIA 1	47	1932	9.3	56.30	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08262025	Nefta 2		1965		52	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08262035	Nefta 3		1966		53	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08729035	Oued Coucha 3	53.96	1967	0.14	54.10	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	06103005	OUED Shili 1	41.2	1953	14.6	55.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	08985005	PZ Tozeur gare 2	55.1	1967	-2.30	52.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	12325005	Rherdgaya 3	63.03	1969	-1.63	61.40	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	09456025	Sebaa Biar 2	58.46	1968	-10.46	48	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	10192005	Sedada 3		1969		48.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	12319005	Tozeur Ouest 1	91.56	1969	-39.36	52.20	Rapport inédit-DGRE
TOZEUR	Forage	09959005	Zaafra		1968		61.80	ARMINES-ENIT
TOZEUR	Forage	13351005	Hazoua 2	39.7	1970	22.2	61.90	ERESS
TOZEUR	Groupe	13					65	ERESS
TOZEUR	Groupe	20					55.5	ERESS
TOZEUR	Groupe	21					63.6	ERESS
TOZEUR	Groupe	24					55.5	ERESS
TOZEUR	Groupe	25					54	ERESS
TOZEUR	Groupe	26					52.5	ERESS
TOZEUR	Groupe	27					57.3	ERESS
TOZEUR	Groupe	30					50.2	ERESS
TOZEUR	Groupe	31					49	ERESS
TOZEUR	Groupe	33					54.5	ERESS
TOZEUR	Groupe	34					56	ERESS

Annexe 2 Tableau 3 - Piézométrie de référence de la nappe du Complexe terminal en Libye

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Al Jufrah	J3	<u>320</u>	1970	<u>8</u>	328	Geomath-1994
Al Jufrah	PZ3	<u>320</u>	1970	<u>9</u>	329	Geomath-1994
Al Jufrah	PZ4	<u>298</u>	1970	<u>31</u>	329	Geomath-1994
Al Jufrah	PZ5	<u>300</u>	1970	<u>28</u>	328	Geomath-1994
Bou Njaïm	C 40-3	426	1959	-146	280	Geomath-1994
Jabal Nafusah	1788/3/1	<u>600</u>		<u>-232</u>	368	Geomath-1994
Jabal Nafusah	1788/3/4	<u>580</u>		<u>-79</u>	501	Geomath-1994
Jabal Nafusah	NN 1	<u>600</u>		<u>-90</u>	510	Geomath-1994
Jabal Nafusah	X0500106	600	1960	-130	470	GWA
Jabal Nafusah	1/60	<u>670</u>		<u>-18</u>	652	Geomath-1994
Flanc Oriental	9-70	<u>605</u>		<u>-300</u>	305	Geomath-1994
Flanc Oriental	NN 2	<u>580</u>		<u>-263</u>	317	Geomath-1994
Flanc Oriental	X0500099	413.61	1964	-27.43	386.18	GWA
Ghadamis	X0500101	451.10	1964	-137.16	313.94	GWA
Ghadamis	X0500098	347.90	1964	-28.10	319.80	GWA
Ghadamis	C 1-40	<u>347</u>		<u>-32</u>	315	Geomath-1994
Ghadamis	C 26-47	604	1964	-107	497	Geomath-1994
Ghadamis	C 26-64	597	1965	-123	474	Geomath-1994
Ghadamis	F 1-90	<u>450</u>		<u>-145</u>	305	Geomath-1994
Ghadamis	WG 12	412.12		-43.12	369	Geomath-1994
Ghadamis	WG 18	479.07		-192.07	287	Geomath-1994
Ghadamis	WG 19	461.08		-120.08	341	Geomath-1994
Ghadamis	WG 20	542.27		-135.27	407	Geomath-1994
Gharyan	1888/1/2	<u>800</u>		<u>-170</u>	630	Geomath-1994
Gharyan	C 34-9	627	1960	-244	383	Geomath-1994
Gharyan	C 60-14	436	1963	-214	222	Geomath-1994
Gharyan	C 60-17	417	1964	-68	349	Geomath-1994
Gharyan	C 60-8	420	1961	-66	354	Geomath-1994
H. El Hamra	C 26-24	633	1960	-88	545	Geomath-1994
H. El Hamra	C 26-43	661	1963	-107	554	Geomath-1994
H. El Hamra	C 26-5	632	1958	-82	550	Geomath-1994
H. El Hamra	C 60-18	331	1964	-146	185	Geomath-1994
H. El Hamra	C 66-17	644	1961	-138	506	Geomath-1994
H. El Hamra	C 66-47	580	1961	-90	490	Geomath-1994
H. El Hamra	C 66-75	636	1962	-112	524	Geomath-1994
H. El Hamra	X0500030	616.30	1959	-62.48	553.82	GWA
H. El Hamra	X0500037	624.10	1959	-26.00	598.10	GWA
H. El Hamra	X0500048	623.00	1960	-58.00	565.00	GWA
H. El Hamra	X0500050	590.00	1960	-27.40	562.60	GWA
H. El Hamra	X0500052	631.80	1961	-61.00	570.80	GWA
H. El Hamra	X0500057	612.50	1961	-56.30	556.20	GWA
H. El Hamra	X0500062	623.10	1961	-54.90	568.20	GWA
H. El Hamra	X0500064	588.00	1961	-57.90	530.10	GWA
H. El Hamra	X0500070	623.60	1961	-117.40	506.20	GWA
H. El Hamra	X0500081	632.16	1958	-81.90	550.26	GWA
H. El Hamra	X0500088	636.12	1961	-60.65	575.47	GWA
H. El Hamra	X0500115	641.00	1962	-78.70	562.30	GWA
Sawfajjin	C 30-5	226	1960	-61	165	Geomath-1994
Sawfajjin	C 40-4	370	1960	-80	290	Geomath-1994
Sawfajjin	M 6-2	<u>200</u>		<u>-170</u>	30	Geomath-1994
SW Hamada	X0500075	550.00	1959	-170.68	379.32	GWA
SW Hamada	X0500076	568.90	1959	-171.00	397.90	GWA
SW Hamada	X0500091	642.21	1961	-160.20	482.01	GWA

2. Piézométrie de référence dans la nappe du Continental intercalaire

Annexe 2 Tableau 4 - Piézométrie de référence de la nappe du Continental intercalaire en Algérie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Béchar	K00400005	Oued Namous	695	1955	-200	495	ERESS
El Borma	J01400002	El Guelta (Eg 102)	269.24	1966	34	303.24	ERESS
El Borma	J01400009	El Borma S 4	191.25	1971	120	311.25	ERESS
El Borma	J01400013	Hassi Keskessa 102	225	1968	90	315	ANRH
Ghardaia	I00900007	Guettara	366.16	1954	62	428.16	ERESS
Ghardaia	I00700009	Erg El Anngueur	738.5	1955	-257.5	481	ERESS
Ghardaia	I00700019	Erg El Anngueur	682	1957	-205	477	ERESS
Ghardaia	I00700020	Erg El Anngueur	707	1957	-247	460	ERESS
Ghardaia	J00800021	Noumerate Aerodrome	439.71	1957	1	440.71	ERESS
Ghardaia	J00800071	Erg El Anngueur Af 3	653	1958	-212	441	ERESS
Ghardaia	J00800067	Erg El Anngueur Ak 1	491.5	1958	-50	441.5	ERESS
Ghardaia	J00800020	Hassi Touil	389.58	1956	42.5	432.08	ERESS
Ghardaia	J00700008	Erg El Anngueur	550	1955	-95	455	ERESS
Ghardaia	J00600017	Erg El Anngueur	590	1955	-100	490	ERESS
Ghardaia	J00800001	Albien Hassi Fahl 1	375.53	1970	45.54	421.07	ERESS
Ghardaia	I00700003	Dakrlat El Ardjam	620	1954	-42.56	577.44	ANRH
Ghardaia	I00700018	Bel 1 H 1	630	1962	-158	472	ANRH
Ghardaia	I00800015	Ain Lebeau	499.27	1937	-55.27	444	ANRH
Ghardaia	I00800019	Del Ateuf 1 Ghardaia	452.72	1948	-11.10	441.62	ANRH
Ghardaia	I00800020	Beni Isguene	497	1949	-53	444	ANRH
Ghardaia	I00800021	F De Melika Ain Lehu	494.25	1948	-48	446.25	ANRH
Ghardaia	I00800022	Berriane Sn Repal	520	1952	-75	445	ANRH
Ghardaia	I00800024	Albien De Ben Ghanem	512.1	1956	-67.80	444.30	ANRH
Ghardaia	I00800025	Berriane 1	520	1952	-78.53	441.47	ANRH
Ghardaia	I00800027	Touzouz 1 Ghardaia	522.3	1957	-78.86	443.44	ANRH
Ghardaia	I00800030	N 7 Dit Bounoura 1	489.21	1957	-59.15	430.06	ANRH
Ghardaia	I00800031	Beni Isguene N 8	515	1958	-66.68	448.32	ANRH
Ghardaia	I00800034	Bou Haraoua	498.48	1959	-54	444.48	ANRH
Ghardaia	I00800101	Ain Lebeau Gharda N	501	1958	-57	444	ANRH
Ghardaia	I00800104	Beni Isguene 2	495.7	1960	-51.70	444.00	ANRH
Ghardaia	I00800112	Melika 3 Ghardaia	494	1969	-56.39	437.61	ANRH
Ghardaia	I00800114	El Ateuf 2 Ghardaia	464.33	1963	-25.40	438.93	ANRH
Ghardaia	I00800118	Daya Ben Dahoua 1	533.15	1965	-86.80	446.35	ANRH
Ghardaia	I00800119	Bellouh	535	1966	-91.80	443.20	ANRH
Ghardaia	I00800120	F Sovietique 20 Bouc	515.7	1966	-74.5	441.2	ANRH
Ghardaia	I00800121	Sonatrach Sp 3	492	1969	-55.58	436.42	ANRH
Ghardaia	I00900005	Guerrara	315	1950	107.5	422.5	ANRH
Ghardaia	I00900017	Guerrara 2	315	1960	114.5	429.5	ANRH
Ghardaia	I00900050	Guerrara 2 Foussaha	293	1965	108	401	ANRH
Ghardaia	J00800015	Metlili 1	490	1949	-46.5	443.5	ANRH
Ghardaia	J00800019	Oued Seb-Seb	600	1956	-126	474	ANRH
Ghardaia	J00800023	Hf Erg El Anngueur	496	1956	245	741	ANRH
Ghardaia	J00800070	Guemgouma 4	515	1966	-72.90	442.10	ANRH
Ghardaia	J00800092	Ait El Cheir 13	424	1900	6	430	ANRH
Ghardaia	J00900011	Zelfana N°3	355.09	1954	70	425.095	ANRH
Goléa	K00800031	Hassi Allal	477	1961	-42.2	434.8	ERESS
Goléa	K00800015	Gouiret Moussa	380.96	1958	33	413.96	ERESS
Goléa	K00800016	Daïet Khanem	361.12	1957	46	407.12	ERESS
Goléa	L00700066	Hassi Maroket	341.33	1964	48.5	389.83	ERESS
Goléa	L00600019	Hassi Inkhal	412.63	1969	-27.2	385.43	ERESS
Goléa	X00300019	Puits N°8 De La Rn 51	405.11	1969	-28.15	376.96	ERESS
Goléa	X00300009	Oued Saret (Os 1)	463.7	1964	-82.55	381.15	ERESS
Goléa	M00700020	Oumchen	543.37	1970	-170.62	372.75	ERESS
Goléa	L00700073	Gouret Louazoua 1	403.06	1969	-14.85	388.21	ERESS
Goléa	J00600021	H1 H1	540	1963	-80	460	ANRH
Goléa	K00700030	Puits De Foucault 19	397.03	1953	-6.41	390.625	ANRH
Goléa	K00700056	Hadjaj 01	415	1900	-12	403	ANRH
Goléa	K00700057	Hadjaj 02	415	1900	-8	407	ANRH
Goléa	K00700058	Hadjajo 03	415	1900	-14	401	ANRH
Goléa	L00700003	Hadj Halima N 16	396.32	1948	4.33	400.65	ANRH
Goléa	L00700038	Belaïd Nouveau N 17	396.43	1950	2.96	399.39	ANRH
Goléa	L00700041	Hassi El Gara	381	1950	23	404	ANRH
Goléa	L00700052	Douar El Kcheb N 20	386.5	1954	14.80	401.3	ANRH

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Goléa	L00700054	Moul Khandouss N 21	394.5	1954	8.10	402.6	ANRH
Goléa	L00700055	Aviation N 22	391.054	1955	10.5	401.554	ANRH
Goléa	L00700056	Taghit 2	398.1	1968	1.95	400.05	RAB
Goléa	L00700060	Ben Eddin N 26	399.7	1962	7.65	407.35	ANRH
Goléa	L00700062	Tin Bouzid N°24 Nouv	395	1958	6	401	ANRH
Goléa	L00700063	Badriane 2 N 25	390	1958	2	392	ANRH
Goléa	L00700068	Kef N 27	419.5	1962	-16.20	403.30	ANRH
Gourrara	M00500044	Puits Du Bordj	379	1969	-23.3	355.7	ERESS
Gourrara	M00600001	Hassi Tissemt	369	1969	-7.1	361.9	ERESS
Gourrara	M00600004	Kerboub 1	377.94	1970	-14.2	363.74	ERESS
Gourrara	X00300018	Puits N°6 De La Rn 51	385.88	1969	-23.68	362.2	ERESS
Gourrara	X00300017	Hassi Houf	350.57	1969	-6.86	343.71	ERESS
Gourrara	M00400297	Timimoun 4	321.46	1970	-35	286.46	ERESS
Gourrara	X00300014	Puits N°1 De La Rn 51	323.55	1969	-5.86	317.69	ERESS
Gourrara	X00300016	Hassi Debout	328.51	1969	-1.45	327.06	ERESS
Gourrara	X00300015	Hassi Taragat	336.59	1969	-2.15	334.44	ERESS
Gourrara	M00400112	Timimoun 2	313.5	1970	-34	279.5	ERESS
Gourrara	X00300012	Hassi Cross	324.91	1969	-17.48	307.43	ERESS
Gourrara	M00500045	Hassi Moussa	318.27	1970	-16	302.27	ERESS
Gourrara	X00300011	Timimoun 6	311.33	1970	-30.7	280.63	ERESS
Gourrara	X00300008	Hassi Rhaba	300	1969	-4.9	295.1	ERESS
Gourrara	N00400175	Tiberrhamine 4	310.4	1970	-10.01	300.39	ERESS
Gourrara	X00300002	Tiberrhamine 1	308.5	1970	-11.56	296.94	ERESS
Gourrara	X00300004	Tiberrahamine 5b (Th 5b)	327.2	1970	-26.92	300.28	ERESS
Gourrara	X00300005	Tiberrahamine 6 (Th 6)	325.03	1970	-25.7	299.33	ERESS
Gourrara	X03000017	Hassi Système	264.9	1969	-6.8	258.1	ERESS
Gourrara	X03000016	Oufrane	290	1970	-10.54	279.46	ERESS
Hassi Messaoud	K01200001	Rhourde El Baguel	151	1969	182	333	ERESS
Hassi Messaoud	L01100011	Gassi Touil (Gt 101)	200	1962	150	350	ANRH
Hassi Messaoud	M01100006	Rhourde Nouss Rn 5	269.64	1963	70	339.64	ERESS
Hassi Messaoud	J01100008	Hassi.M Snrepa1 Mdh1	165	1957	210	375	ANRH
Hassi Messaoud	J01100037	Mdh 102 Md8	140	1958	208	348	ANRH
Hassi Messaoud	J01100093	H.I Up.I Hassi-Messa	167.5	1963	198	365.5	ANRH
Hassi Messaoud	J01100094	Hassi Messaoud Mdh 1	144	1963	223	367	ANRH
Hassi Messaoud	J01100116	Omph 732	138	1900	80		ANRH
Hassi Messaoud	J01100136	Mdh 113	150	1900	200	350	ANRH
Hassi Messaoud	K01200007	Sinclair Rb 7	151	1966	200	351	ANRH
Hassi Messaoud	K01200010	Brides 2	186	1964	28.40	214.4	ERESS
Laghouat	I00800111	Tilrempt	766.8	1958	-308	458.8	ERESS
Laghouat	I00800124	Hassi R'mel Hr 102	764.25	1958	-315	449.25	ERESS
Ouargla	J01000551	Ouargla 3	130	1956	269.5	399.5	ERESS
Ouargla	J01000447	Ouargla 1	138.3	1956	266.7	405	ERESS
Ouargla	J01000480	Ouargla 2	158	1956	245	403	ERESS
Ouargla	K00900004	Daïet Remt (Dr 101)	237.65	1960	186.9	424.55	ERESS
Ouargla	K00900007	Hassi Berkane Hba 10	240	1961	180	420	ANRH
Ouargla	K01500001	Mg 1	360	1958	48	408	ANRH
Oued Rhir nord	H01000042	M'rara	113.95	1956		362	ERESS
Oued Rhir sud	H01100408	Tamera	68.93	1956	289	357.93	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100437	Sidi Slimane	64.15	1962	330	394.15	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100228	Tamelhat	85	1956		362	ERESS
Oued Rhir sud	I01100436	Sidi Mahdi	92.97	1959	265	357.97	ERESS
Ouled Djellal	G00900109	Sidi Khaled	221	1956	160	381	ERESS
Souf	H01200036	Hassi Bouras	25	1971	212	237	ERESS
Souf	H01200037	Bou Aroua	45.9	1970	222	267.9	ERESS
Tidikelt	P00500011	Aoulef Ocrs	290.75	1961	-24.4	266.35	ERESS
Tidikelt	P00600013	Tit 3	272.8	1959	4.2	277	ERESS
Tidikelt	P00400090	Reggane 5	278.72	1971	-23.52	255.2	ERESS
Tidikelt	P00400012	Reggane N°3	282	1958	-64	218	ANRH
Tidikelt	O00700044	In Salah 1 (Is 101)	289.3	1956	-8	281.3	ERESS
Tidikelt	O00500053	Aoulef Larbi	290	1952	-19	271	ANRH
Tidikelt	P00400009	Reggane 1	283	1958	-54.5	228.5	ANRH
Tidikelt	P00400010	Reggane N°2	221	1958	-19.75	201.25	ANRH
Tidikelt	P00400013	Reggane N°4	281	1958	-67	214	ANRH
Tidikelt	P00400018	Reggane N°6	222	1959	-28	194	ANRH
Tidikelt	P00400021	Hammoudia 1	220	1959	-22	198	ANRH
Tidikelt	P00400022	Azrafil	230.5	1957	-7.5	223	ANRH
Tidikelt	P00400068	Taourirt 1	230	1959	-18.5	211.5	ANRH
Tidikelt	P00400091	Reggane N°7	281	1960	-72.05	208.95	ANRH
Tidikelt	P00400092	Reggane N°8	281	1959	-66.65	214.35	ANRH
Tidikelt	P00400093	Reggane N°9	282	1960	-73.60	208.40	ANRH
Tidikelt	P00400094	Reggane N°10	280	1960	-71.20	208.80	ANRH

Tidikelt	P00400095	Hamoudia 2	220	1960	-24.40	195.6	ANRH
Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Tidikelt	P00600012	Tit Tadoura N°2	300	1958	-24.64	275.36	ANRH
Tidikelt	L01400001	Messouda	310	1959	25	335	ERESS
Tidikelt	M01400002	Station 2 Cep	475	1959	-130	345	ERESS
Tidikelt	M01300002	Odoumé 1b	292.95	1958	60	352.95	ERESS
Tidikelt	M01100003	Hamra	284.25	1959	45	329.25	ERESS
Tidikelt	M01400005	Tamadanet	626.28	1959	-273.75	352.53	ERESS
Tidikelt	M01200001	Tamendjelt	341.8	1958	16	357.8	ERESS
Tidikelt	N01300001	Tesselit	508.9	1957	-155	353.9	ERESS
Tidikelt	N01200001	Hassi Tabankort	350.4	1958	24	374.4	ERESS
Tidikelt	N01400002	Ohanet 101	454	1955	-100	354	ERESS
Tidikelt	N01100020	Oued Amesiki	305	1958	37	342	ERESS
Tidikelt	N01400003	Edjelé	555	1957	-182	373	ERESS
Tidikelt	N01500001	Alrar Creps 101	640	1956	-230	410	ERESS
Tidikelt	N01300002	Isn 101 Creps	480	1959	-101.7	378.3	ERESS
Tidikelt	N01100021	Zaouia El Khala (Fort Flatters)	253	1958	16	269	ERESS
Tidikelt	M01400003	Station De Pompage 2	475	1959	-130	345	ERESS
Tidikelt	M01400004	Lassallette 130	575	1964	-222	353	ANRH
Tidikelt	N01100018	Zaouia De F.Flatters	165	1957	-12.60	152.4	ANRH
Tidikelt	N01200004	Daïet Ouan Tibokati	489.95	1960	-119.5	370.45	ANRH
Tidikelt	N01200012	Tin Fouye Tab. Tft 60	430	1968	-72.5	357.5	ANRH
Tidikelt	N01400026	Edjel Tp 2	555	1958	-182.97	372.03	ANRH
Tidikelt	M00800002	Miribel	405	1969	-38	367	ERESS
Tidikelt	N00900006	Beguir 1	425.03	1955	-46.57	378.46	ANRH
Tidikelt	N00700003	Timeldjane	586.86	1965	-228.79	358.07	ERESS
Tidikelt	N00700004	El Hassene	467.88	1964	-121.5	346.38	ERESS
Tidikelt	O00700055	Foggaret Ezzoua 6	270	1959	2.7	272.7	ERESS
Tidikelt	O00600022	In Rhar 2	287	1960	-18.2	268.8	ERESS
Touat	X00300001	Hi En Nouss	254.85	1970	-4.13	250.72	ERESS
Touat	X03000018	Bh 2	297	1969	-15.95	281.05	ERESS
Touat	N00400478	Hi Meraguene	262	1969	-3.3	258.7	ERESS
Touat	X03000019	Adrar 2	270.25	1970	-5.57	264.68	ERESS
Touat	X03000020	Hassi Tamentit	243.95	1970	-11.1	232.85	ERESS
Touat	X03000021	Hassi Borj Si Youcef	247.6	1970	-9.73	237.87	ERESS
Touat	O00400139	Zaouiet Kounta	234.87	1960	-16.4	218.47	ANRH
Touat	X03000022	Tidikelt (Tk 105)	295	1970	-28.7	266.3	ERESS
Touat	X03000015	Hassi Sbaa	261.4	1969	-3.3	258	ERESS

Annexe 2 Tableau 5 - Piézométrie de référence de la nappe du Continental intercalaire en Tunisie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Chott Fedjej	05664005	Chott Fedjej 1	33.55	1956	123.84	157.30	ERESS
Chott Fedjej	05950005	Chott Fedjej 2	30.95	1956	140.84	171.79	ERESS
Chott Fedjej	05918005	Om El Fareth 1	48.25	1953	66.21	114.46	DRE-1981
Chott Fedjej	07305005	SEFTIMI 1	54	1962	84.33	133.09	DRE-1981
Chott Fedjej	08429005	Chott Fedjej 3	31.02	1966	109	140.02	RAB
Extrême Sud	06937005	Djebel Melab 1 (MA1)	245.00	1959	-45.1	199.90	ERESS
Extrême Sud	08928005	El Benia	425.00	1968	-90.00	335.00	ERESS
Extrême Sud	EG 1	Aco El Gouna 1	80.9	1962	161.00	241.90	ERESS
Extrême Sud	05654005	Borj Bourguiba 1	333	1950	-20.8	312.20	ERESS
Extrême Sud	06368005	Oued Abdallah 2	386.00	1964	-79.80	306.20	ERESS
Extrême Sud	X00700226	Djebel Sanghar a (Sna)	355	1957	-40.00	315.00	DGRE
Extrême Sud	06511005	Lorzot	350	1955	-33.40	316.80	DGRE
Extrême Sud	EBA 4	El Borma A4	257.31	1964	60.89	318.20	MAMOU, 1999
Extrême Sud	EBA 7	El Borma A7	232.28	1969	87.22	319.50	MAMOU, 1999
Extrême Sud	ZTA 1	Zemlet Tarfara	258	1970	58.00	316.00	ERESS
Extrême Sud	Sba 1	Garaet Ben Sabeur	282	1956	30.00	312.00	DGRE
Extrême Sud	EZA 1	Em Zab	254	1970	63.00	317.00	ERESS
Extrême Sud	07000005	SP3(Trapsa)	368.00	1956	-45.00	322.00	ERESS
Extrême Sud	ECH A 1	Ech Chouech	267	1970	65.00	332.00	Geomath, 1994
Extrême Sud	BZA 1	Bir Zobbas	268.3	1966	38.5	306.80	DGRE
Extrême Sud	X00700211	Garaet Tibourt T.E.1	354	1964	37	391	DGRE
Extrême Sud	X00700217	El Borma A6	242.04	1967	60.26	302.30	MAMOU, 1999
Extrême Sud	X00700221	El Borma A2	270.06	1965	37.94	308	MAMOU, 1999
Extrême Sud	X00700223	El Borma A1	254.45	1963	56.85	311.30	MAMOU, 1999
Extrême Sud	X00700229	Makhrouga	410	1961	-95	315	DGRE
Extrême Sud	EB A-5	El Borma A5	230.95	1966	80.65	311.60	MAMOU, 1999
Kébili	09346005	MENCHIA	33.21	1967	62	95.21	DRE-1981
Ksar Ghilane	DKA 1	Dekhanis	195.95	1969	105	300.95	ERESS
Ksar Ghilane	SP 4 N	Station de pompage Trapsa	295	1963	12.15	307.15	ERESS
Ksar Ghilane	05717005	Ksar Ghilane	220.00	1951	90.00	310.00	ERESS

Annexe 2 Tableau 6 - Piézométrie de référence de la nappe du Continental intercalaire en Libye

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Abu Njaim	K-1		165		-13.4	151.60	GEFLI
Abu Njaim	K-2		145.44		-0.5	144.94	GEFLI
Abu Njaim	K-7		75.03	1975	71.59	146.62	GEFLI
Abu Njaim	K-8		112.67	1975	49.33	162	GEFLI
Al Jufrah (Waddan)	19/79		<u>295</u>		42	337.00	GWA
Al Jufrah (Waddan)	20/79		<u>295</u>		37	332.00	GWA
Al Jufrah	J-18		<u>373</u>	1976	34.15	339	SASS
Al Khums	C 23-5		98	1970	<u>-20</u>	78.00	GEOMATH
Al Khums	T22-76		401.75	1976	-90.00	311.75	BRL 1997
Al Khums	T95-82		631.75	1982	-280.00	351.75	BRL 1997
Buwayrat al Hasun	K4		13.81	1977	82.40	96.21	GEFLI
Buwayrat al Hasun	WH1		34.83	1976	63.40	98.23	GEFLI
Buwayrat al Hasun	WH2		<u>24</u>	1977	58.35	82.00	SASS
Derj	T11-81		597.74	1978	-282.78	314.96	BRL 1997
Derj	WG 16		425.42	1981	-104.80	320.62	BRL 1997
Derj	WG9	(1232) (MP.0.57)	539.04	1981	-220.50	318.54	BRL, 1997
Jabal Nafusah	Cabao3		651.69	1978	-289.70	361.99	BRL 1997
Jabal Nafusah	T125-81		604.66	1981	-300.50	304.16	BRL 1997
Jabal Nafusah	T126-81		618.00	1981	-314.00	304.00	BRL 1997
Jabal Nafusah	T39-78		622.00	1978	-323.20	298.80	BRL 1997
Jabal Nafusah	T5-78		698.00	1978	-342.80	355.20	BRL 1997
Jabal Nafusah	5/78		698.00	1970	-393	305.00	GEOMATH
Jabal Nafusah	183/80		<u>605</u>	1970	-315	290	GEOMATH
Jabal Nafusah	46/77		<u>650</u>	1970	-330	320	GEOMATH
Jabal Nafusah	47/77		<u>630</u>	1970	-304	326	GEOMATH
Jabal Nafusah	48/77		<u>620</u>	1970	-326	294	GEOMATH
J. Nafusah (Tarhuna)	104/76	Tariq al Abid	<u>385</u>	1977	-308	77	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	3/75	Sidi as Sid	<u>390</u>	1976	-321	69	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	164/76	Awlad Ali	<u>250</u>	1978	-188	62	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	106/76	Al Khadra	<u>380</u>	1977	-314	66	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	99/76	Mesellata (Qusbat)	<u>280</u>	1978	-214	66	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	67/76	Ababsa	<u>170</u>	1905	-110	60	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	79/76	Maatig	<u>330</u>	1976	-259	71	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	102/76	Shershariyah	<u>348</u>	1976	-275	73	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	105/76	Twil Suq	<u>380</u>	1977	-300	80	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	98/76	Qarim	<u>180</u>	1977	-123	57	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	302/76	Gararat	<u>180</u>	1978	-128	52	SASS
J. Nafusah (Tarhuna)	165/76	Awlad Youssef	<u>400</u>	1978	-314	86	SASS
Flanc Oriental	9 - 70		<u>615</u>	1970	-310	305.00	GEOMATH
Flanc Oriental	C 70-5		601	1970	-297	304.00	GEOMATH
Flanc Oriental	C 70-8		615	1970	-307	308.00	GEOMATH
Ghadamis	T110-76		490	1905	-100.20	389.80	BRL 1997
Ghadamis	T175-78		573.09	1978	-369.90	203.19	BRL 1997
Ghadamis	T203-80		331.57	1981	12.90	344.47	BRL 1997
Ghadamis	T276-77		324.99	1977	31.00	355.99	BRL 1997
Ghadamis	T277-77		341.49	1977	6.90	348.39	BRL 1997
Ghadamis	T35-75		573.22	1976	-260.60	312.62	BRL 1997
Ghadamis	T41-81		579.60	1981	-266.90	312.70	BRL 1997
Ghadamis	T96-76		430.94	1978	-100.20	330.74	BRL 1997
Ghadamis	WG 13		432.73	1970	-110	322.73	GEOMATH
Ghadamis	WG 22		325.48	1978	12.00	337.48	BRL 1997
Ghadamis	WG10		397.18	1975	-127.27	269.91	BRL 1997
Gharyan	51/77		<u>750</u>	1970	-353	397	GEOMATH
Hamadah	10/81		624	1970	-343	281	GWA
Hamadah	18 Z		465	1996	-113.64	351	SASS
Hamadah	19 Z		450	1996	-92.03	358	SASS
Hamadah	20 Z		470	1996	-150.46	320	SASS
Hamadah	3 Z		543	1996	-206.47	337	SASS
Hamadah	5 Z		470	1996	-124.21	346	SASS
Hamadah (Ash Shwayrif)	Shwarif		<u>420</u>		-150	270	SASS
Hamadah	WS-4		<u>495</u>		-236	259	SASS
Hamadah (Ash Shwayrif)	WS-6		<u>420</u>		-139	281	GWA
Hamadah (Ash Shwayrif)	WS-8		477.5	*	-200	278	GWA
Mizdah	219/76		<u>590</u>	1970	-304	286	GEOMATH
Mizdah	29/83		<u>520</u>	1970	-266	254	GEOMATH
Mizdah	WS-14		<u>550</u>	1970	-285	265	GEOMATH
Mizdah	130/77		<u>610</u>	1970	-313	297	GEOMATH

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Altitude en m	Année mesure	NS/sol	Altitude du niveau piézo	Origine donnée
Mizdah	131/77		<u>610</u>	1970	-319	291	GEOMATH
Ninah	5/81		<u>400</u>		-73	327	GWA
Ninah		N9 (47/81)	293.78	1983	42.00	335.78	SASS
Sufajjin	23/82		<u>90</u>	1978	-62.78	153	SASS
Sufajjin	3/83		<u>51</u>	1978	-89.45	140	SASS
Sufajjin	35/85		<u>210</u>	1970	-35	175	GEOMATH
Sufajjin	5/82		<u>186</u>	1970	4	190	GEOMATH
Sufajjin	66/82		<u>395</u>	1982	-159	236	GWA
Sufajjin	7/79		<u>229</u>	1970	-14	215	GEOMATH
Sufajjin	B 2		204.51		-23.88	180.63	GEFLI
Sufajjin	B-3		188.55		-11.4	177.15	GEFLI
Sufajjin	K 12		104.44	1978	73.60	178.04	GEFLI
Sufajjin	K-10		86.05	1978	44.55	130.60	GEFLI
Sufajjin		MW-1284		1978		146	GWA
Sufajjin	NI (K-9)		295.78	1976	27.1	322.88	SASS
Sufajjin	NOR1		231.09		-42.76	188.33	GEFLI
Sufajjin	SIQ2		<u>133</u>	1978	65.86	199	SASS
Sufajjin	SIQM		<u>125</u>	1978	68.23	193	SASS
Sufajjin	SOF5		107.2	1978	73.60	180.80	GEFLI
Sufajjin		T/2B/0002	<u>192</u>	1987	-10.61	181	SASS
Sufajjin		T/2B/0003	<u>187</u>	1987	-26.48	161	SASS
Sufajjin		T/2B/0031	<u>125</u>	1985	36.64	162	SASS
Sufajjin	WS 2		209.4	1987	-30.40	179	SASS
Sufajjin - Mardum	41/84		<u>11</u>	1987	61.03	72.00	SASS
Sinawen	T64-78		434.76	1980	-117.90	316.86	BRL 1997
Suknah	W-1		<u>410</u>		-68	342	SASS
Zam Zam		T/2B/0010	<u>87</u>	1987	29.26	116	SASS
Zam Zam	WS 10		<u>87</u>	1977	32.51	120	SASS
Zam Zam	WS 21		<u>46</u>	1976	51.00	97	SASS
Zam Zam	ZZ 1		64.48	1972	70.00	134.48	GEFLI
Zam Zam	ZZ 2		30.85	1973	67.10	97.95	GEFLI
Zone Cotière	27/80		<u>50</u>	1980	16	65.90	GWA
Zone Cotière	P20		16.04		-1.04	15.00	GEFLI
Zone Cotière	P21		127.67		-60	67.67	GEFLI
Zone Cotière	T2-A		74.42		-54.16	20.26	GEFLI

Annexe 3

TRANSMISSIVITE

1. Transmissivité de la nappe du Complexe terminal

Annexe 3 Tableau 1 - Transmissivité de la nappe du Complexe terminal en Algérie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
El Oued	I01300002	T 01 De La Société Esso	6	ERESS
Hassi Messaoud	K01100009	Fes 1-H1	3	ERESS
Hassi Messaoud	K01200002	Loudje 1 Cpa Ld1	15	ERESS
Hassi Messaoud	K01200004	Arb 1- El Arbi Du Cp	15	ERESS
Hassi Messaoud	K01200006	Rhourde Baguel Rb 10	1	ERESS
Ouargla	F01100576	Ain Cheikh D 41 F 69	15	ERESS
Ouargla	FR 1	Melah Ben Taïeb	10	ERESS
Ouargla	I01000007	Square Bresson 2	7	ERESS
Ouargla	I01100025	Baba Youcef D1 F111	15	ERESS
Ouargla	I01100447	Gueddich Gd1 Pts Eau	5	ERESS
Ouargla	J01000469	Carrière P80	20	ERESS
Ouargla	J01000475	OI1	25	ERESS
Ouargla	J01000518	F Soviet Bouroubia	6	ERESS
Ouargla	J01000519	F Soviet A.Louise D4	4	ERESS
Ouargla	J01000522	Bamendil li Cofor	12	ERESS
Ouargla	J01000533	Garet Chemia D1 F113	4	ERESS
Ouargla	J01000625	Ain El Bour Di F 118	9	ERESS
Ouargla	J01000631	Sodexur Bahmid I D1	10	ERESS
Ouargla	J01000792	Outaja D1f116	10	ERESS
Ouargla	K01000012	Slassel Yaich Sly1	30	ERESS
Ouargla	D11F11	F.Périn. Bendabane Allia D11f11	25	ERESS
Oued Rhir Nord	G01100036	Ain Naga	0.50	ERESS
Oued Rhir Nord	G01100043	P. Berland Ghegga	3	ERESS
Oued Rhir Nord	G01100067	Ain Naga 4	0.2	ERESS
Oued Rhir Nord	H01000030		20	ERESS
Oued Rhir Nord	H01000043	Duquenoy N°5 A M'ra	20	ERESS
Oued Rhir Nord	H01000044	Chaab El Meguedem Sp	1.5	ERESS
Oued Rhir Nord	H01000047	Hassi Gouira	15	ERESS
Oued Rhir Nord	H01000077	Ain Draa El Bar F 9	25	ERESS
Oued Rhir Nord	H01100027	Tarfaït Salah Meghai	24	ERESS
Oued Rhir Nord	H01100104	Sif El Menadi	4.8	ERESS
Oued Rhir Nord	H01100249	Ain Bertin	5	ERESS
Oued Rhir Nord	H01100373	Sebela Metay 1	2	ERESS
Oued Rhir Nord	H01100411	Bouhour	1.9	ERESS
Oued Rhir Nord	H01100472	Ain Sousou	3.9	ERESS
Oued Rhir Nord	X03000007	Tolga N°Demrh 162	1.5	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000008	Tolga N°Demrh 283	2	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000009	Tolga N°Demrh 295	5.6	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000010	Tolga N°Demrh 334	7.4	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000011	Tolga N°Demrh 339	4.8	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000012	Tolga N°Demrh 341	4	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000013	Tolga N°Demrh 342	4.3	SCET, 1972
Oued Rhir Nord	X03000014	Tolga N°Demrh 344	1.7	SCET, 1972
Oued Rhir Sud	H01100178	Jardin Cmmunal	1.2	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100340	Ain Debdaba	10	ERESS

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Oued Rhir Sud	H01100413	Guemar 1	1.3	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100502	Ain Zaoualia	130	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100575	Ain El Khadra D 41 F 68	5	ERESS
Oued Rhir Sud	H01200015	El Khobna	1.1	ERESS
Oued Rhir Sud	H01200021	Debila N1	1.4	ERESS
Oued Rhir Sud	H01200023	Amiche Robah 1	2	ERESS
Oued Rhir Sud	H01200032	Tiksebt El Oued Aep	9.6	ERESS
Oued Rhir Sud	H01200035	Magrane Souf	10	ERESS
Oued Rhir Sud	H01200038	Sahane Berry N 1	25	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100011	Puits Rannou D36f61	40	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100012	Zaouia Si Labed	7	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100014	A.Lamari A Toug D36f	10	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100021	Ain Naeglen	17	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100080	Ain Chotte Touggourt	7	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100206	Puits Devicq 2 D24f2	1.6	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100207	Ain Guemmou D33f77	6	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100223	Gonord Touggourt D36	7.3	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100225	Ain Aouf Temacine D3	10	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100226	Ain Midouna D28f10	10	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100227	Ain Chaouche 2 D32f1	8	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100448	Taibet	4.5	ERESS
Oued Rhir Sud	X00101188	Ain Madjoudja Ahmed D33 F94	4	ERESS
Oued Rhir Sud	D39 F44	Ain Ourirh D39 F44	15	ERESS
Oued Rhir Sud	FR 5	Daoula	3.4	ERESS
Oued Rhir Sud	D34 F117	A.Trabelssi El Arbi D34 F117	10	ERESS
Oued Rhir Sud	D33 F93	Ain Chaouche El Meki D33 F93	7	ERESS
Oued Rhir Sud	D33 F92	Ain Benhmida Ali D33 F92	7	ERESS
Oued Rhir Sud	D33 F94	Ain Madjoudja Ahmed D33 F94	6	ERESS
Oued Rhir Sud	D33 90	Ain Bourass D33 90	15	ERESS
Oued Rhir Sud	D32 F140	Ain Hadri Sayah D32 F140	7	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100484	Tamerna Guedima A. Chemorah	1.3	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100166	Reguiba	15	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100465	Ghamra	10	ERESS

Annexe 3 Tableau 2 - Transmissivité de la nappe du Complexe terminal en Tunisie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Djerid	06090005	Hezoua 1	6	ERESS
Djerid	06922005	El Hamma 4	10	ERESS
Djerid	08262025	Nefta 2	34	ERESS
Djerid	08262035	Nefta 3	10	ERESS
Djerid	08564005	El Hamma 6	50	ERESS
Djerid	08838005	El Hamma 8	30	ERESS
Djerid	12668005	Jhim 1	4	ERESS
Djerid	13351005	Hezoua 2	8	ERESS
Djerid	13443005	Nefta 4	40	ERESS
Djerid	05660005	Ghardgaya2	1	ERESS
Djerid	00080025	CASTILIA 2	8	ERESS
Djerid	00078005	Ouled Majed	6	ERESS
Djerid	00076005	EL HAMMA 2	10	ERESS
Djerid	09455035	ZAQUIT LARAB 3	15	ERESS
Djerid	09456005	Sebaa Biar 1	4	ERESS
Djerid	09341005	Kriz 1	50	ERESS
Djerid	06103005	OUED Shili 1	5	ERESS
Djerid	00800005	Kastilia 2	8	SASS
Djerid	05262005	Helba 2	10	SASS
Djerid	05436005	Neflayett 1	1.4	SASS
Djerid	05487005	Ghardgaya 1	2.1	SASS
Djerid	05776005	Chakmou	7	SASS
Djerid	05893005	Cedada 1	2	SASS
Djerid	06267005	Chemsa 1	15	SASS
Djerid	08262005	Nefta	6	SASS
Djerid	08405005	Tozeur Gare 2	15	SASS
Djerid	08729005	Oued Koucha 1	10	SASS
Djerid	08982005	El Manachi 2	8	SASS
Djerid	09340005	Kriz 1	50	SASS
Djerid	09495035	Zaouiet El Arab		SASS
Djerid	09627005	Kriz 2	5	SASS
Djerid	09959005	Zaafraana	10	SASS
Djerid	10192005	Sedada 3	8	SASS
Djerid	10193005	El Hamma 9	23	SASS
Djerid	10452005	Kriz 3	20	SASS
Djerid	10453005	Degache Nord 1	6	SASS
Djerid	10453025	Degache Nord 2	12	SASS
Djerid	12330005	El Hamma 10	30	SASS
Djerid	13119005	Nefta 5	3.2	SASS
Djerid	13346005	herdgaya 4	9	SASS
Djerid	13991005	Oued Dghouumes 2	7.35	SASS
Djerid	13992005	Neflaïet 2	3	SASS
Djerid	14000005	Degache Sonede	0.90	SASS
Djerid	14001005	Tozeur Sonede	4	SASS
Djerid	14621005	Oued Kebir	2.8	SASS
Djerid	14628005	Sif El Akhdar	3	SASS
Djerid	14630005	Aïn Djedida	1.5	SASS
Djerid	16558005	Ben Chaouch	3	SASS
Djerid	16639005	Nefta 6	28	SASS
Djerid	16695005	Chouchet Zerga	2.7	SASS
Djerid	16732005	El Mekmen	8	SASS
Djerid	16749005	Hamma12	1.4	SASS
Djerid	17656005	Essouni	22	SASS
Djerid	17679005	Oued Tozeur 8	31	SASS

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Djerid	18650005	Oued Tozeur 5	18	SASS
Djerid	18651005	Hazoua 1bis	40	SASS
Djerid	18660005	Oued Shili 2	8	SASS
Djerid	18728005	Nefta 1bis	0.36	SASS
Djerid	18758005	Errached 1	9	SASS
Djerid	18765005	Nefta 7	10	SASS
Djerid	18766005	Nefta 2bis	9	SASS
Djerid	18791005	Oued Touzeur 4	2.1	SASS
Djerid	18800005	Hamma 11 bis	7	SASS
Djerid	18801005	Drâa Nord 2	5.2	SASS
Djerid	18802005	El Melah	5	SASS
Djerid	18844005	Aïn Torba 3	9	SASS
Djerid	18852005	Oued Kebir 2	18	SASS
Djerid	18927005	Nefta 3 bis	1.43	SASS
Djerid	18928005	Kriz 3 bis	2	SASS
Djerid	18996005	Zaouiet Larab 1 bis	8	SASS
Djerid	18999005	Tozeur Gare 2 bis	15	SASS
Djerid	19029005	IBN Chabbat 13	7	SASS
Djerid	19031005	IBN Chabbat 10	5	SASS
Djerid	19113005	Chakmou 4	35	SASS
Djerid	19121005	El Faouz	24	SASS
Djerid	19137005	Ouled Ghrissi	27	SASS
Djerid	19166005	Hazoua 4	20	SASS
Djerid	19176005	Hazoua BM 2	20	SASS
Djerid	19203005	Hazoua BM 1	16	SASS
Djerid	19250005	Neflaïet 3 bis	6.7	SASS
Djerid	19269005	Segdoud Ct1	9.1	SASS
Djerid	19284005	Nefta 5 bis	13	SASS
Djerid	19324005	Mides	0.36	SASS
Djerid	19329005	Manachi 2 bis	24	SASS
Djerid	19335005	Nefta 6 bis	29	SASS
Djerid	19342005	Oued El Kebir 1 bis	13	SASS
Djerid	19357005	Dgoumes 2 bis	5.4	SASS
Djerid	19358005	Hamma 8 bis	8	SASS
Djerid	19359005	Hamma 9 bis	22	SASS
Djerid	19419005	PK 14 bis	15	SASS
Djerid	19420005	PK 13 bis	30	SASS
Djerid	19447005	Nefta 8	30	SASS
Djerid	19448005	Nefta 9	2	SASS
Djerid	19477005	Helba 4bis	21	SASS
Djerid	19493005	Helba 1 bis	23	SASS
Djerid	19496005	Kriz 3 ter	9.4	SASS
Djerid	19502005	Gardgaya 4 bis	38	SASS
Djerid	19503005	El Hamma 4 bis	85.5	SASS
Djerid	19525005	Chemsa 1 bis	40	SASS
Djerid	19549005	Cedada 6 bis	4	SASS
Djerid	19550005	IBN Chabbat 11 bis	30	SASS
Djerid	19575005	Mrah lahouar 1 bis	13	SASS
Djerid	19598005	Boulifa 1 (Tozeur 11)	15	SASS
Djerid	19761005	Oued Naguess	8.5	SASS
Djerid	19778005	Nefta 11	5	SASS
Djerid	19784005	Dghoumes 3 bis	10	SASS
Djerid	19881005	El Hamma 16	10	SASS
Djerid	19882005	Tozeur 7 ter	22	SASS
Djerid	19883005	Tozeur 12	7	SASS
Djerid	20026005	Aïn Torba 3 ter	25	SASS

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Djerid	20040005	El Moncef 4 bis	13	SASS
Djerid	20073005	Zaouit El Arab 1 ter	27	SASS
Djerid	20281005	Nefta 7 bis	14	SASS
Djerid	20282005	Nefta 3Ter	12	SASS
Djerid	20290005	Sif Lakhder 1 bis	32	SASS
Djerid	20371005	Tozeur Sonede 3	35	SASS
Djerid	20373005	IBN Chabbat 3 ter	10.9	SASS
Djerid	20377005	Sedada 3 ter	3.6	SASS
Djerid	20446005	Horchani 2 bis	1.8	SASS
Djerid	20448005	Hamma 17	12	SASS
Djerid	20482005	Hezoua 4 bis	20	SASS
Djerid	20487005	Mrah Lahouar 2 bis	23	SASS
Djerid	20488005	Tozeur Ras El Aïn	19	SASS
Djerid	20489005	Serra Hotel	1.5	SASS
Djerid	20492005	Moncef 3 bis	29	SASS
Djerid	20515005	IBN Chabbat 13 bis	6.5	SASS
Djerid	20972005	Manachi CRFA	15	SASS
Nefzaoua	05941005	BAZMA 3	10	ERESS
Nefzaoua	06481005	GUELIADA 1	5	ERESS
Nefzaoua	06690005	Nouaiel 1	20	ERESS
Nefzaoua	06756005	Ras El Aïn 1	46	ERESS
Nefzaoua	09654005	RABTA 2	14	ERESS
Nefzaoua	05484005	El Faouar 2	5	ERESS
Nefzaoua	05571005	El Faouar 1	4	ERESS
Nefzaoua	11334005	EL FAOUAR 3	4	ERESS
Nefzaoua	06689005	Guidma 1	7	ERESS
Nefzaoua	05840005	EL HSAY 1	20	ERESS
Nefzaoua	06522005	Tarfaiet El Kroub	9	ERESS
Nefzaoua	00030025	Douz 2 bis	30	ERESS
Nefzaoua	06906005	Zarcine 2	12	ERESS
Nefzaoua	05754005	Grad 1	120	ERESS
Nefzaoua	06470005	EL METOURIA 1	8	ERESS
Nefzaoua	12320005	Chott Salhia 1	10	ERESS
Nefzaoua	00073025	Guettaga 2	6	ERESS
Nefzaoua	05570005	Negga 3	4	ERESS
Nefzaoua	16703005	Negga 5	10	ERESS
Nefzaoua	00046035	Toumbar	26	ERESS
Nefzaoua	05585005	Telmine 2	10	ERESS
Nefzaoua	19246005	MANSOURA 2bis	15	ERESS
Nefzaoua	05956005	MESSAID 2	8	ERESS
Nefzaoua	05692005	RAHMAT 2	20	ERESS
Nefzaoua	10226005	Rahmat 3	6	ERESS
Nefzaoua	05755005	Ksar Tabeul	15	ERESS
Nefzaoua	02051035	Taourgha 3	8	ERESS
Nefzaoua	09347005	Om Somâa 1	15	ERESS
Nefzaoua	09632005	BOU ABDALLAH 1	20	ERESS
Nefzaoua	09653005	Bou Abdallah 2	30	ERESS
Nefzaoua	16702005	Bazma 5	9.3	MAMOU, 1990
Nefzaoua	17611005	PZ.CHOTT Nefzaoua	2.2	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18681005	Bechni	59.8	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18746005	Blidette 3	12.9	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18755005	Dergine El Ameur	8.5	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19003005	Ras El Aïn 4	7.1	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19106005	Rabta 2 bis	10.4	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19141005	Klebia 2	57	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19209005	Nefzaoua MILITAIRE	112	MAMOU, 1990

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Nefzaoua	19278005	Zarcine 4	5.4	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19316005	El Golâa 2	47.6	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19317005	Kelwamen	5.5	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19340005	Rahmat 5	31.9	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19345005	Nefzaoua VILLAGE	19.02	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18826005	GUETTAYA 4 bis	6.9	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19375005	NEGGA SONEDE 2	3.7	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19375005	NEGGA SONEDE 2	26.1	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18851005	Guettaya 7 bis	26.1	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18747005	Guettaya 8	30.3	MAMOU, 1990
Nefzaoua	16733005	Guettaya 6	45.8	MAMOU, 1990
Nefzaoua	16731005	Oued Zira 2	17	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19408005	NOUIEL 2	23.5	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19102005	Chott yane	6.4	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19104005	Brika Jemna	6.4	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19103005	Aïn Salah 1	15.4	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19343005	El Faouar 4	71	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19351005	Sabria 3	13.7	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19376005	JEMNA SONEDE	2.6	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18774005	Negga 6	2.1	MAMOU, 1990
Nefzaoua	17608005	Sidi Hamed	186	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19149005	RAHMAT SONEDE	62.7	MAMOU, 1990
Nefzaoua	16735005	El Ghoula	11.2	MAMOU, 1990
Nefzaoua	18790005	DOUZ 6	15.2	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19092005	Smida	331	MAMOU, 1990

Annexe 3 Tableau 3 - Transmissivités de la nappe du Complexe terminal en Libye

Zone	Dénomination du Forage	Aquifère	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Abu Njaym	K1	Nalut	1	GEFLI 1978
Abu Njaym	K2	Nalut	2	GEFLI 1978
Al Jufrah	J18	Mizdah-Tigrinna	40	GEFLI 1978
Derj	Wg-6		1.76	Srivastava, 1981
Derj	Wg-8		0.19	Srivastava, 1981
Derj	Wg-12		1.97	Srivastava, 1981
Derj	Wg-1		0.255	Srivastava, 1981
Derj	Wg-5		0.00289	Srivastava, 1981
Derj	Wg-7		0.0271	Srivastava, 1981
Derj	Wg-11		0.0153	Srivastava, 1981
Fl. oriental Hamada	MG1	Nalut	2	GEFLI 1978
Fl. oriental Hamada	K5	Nalut	50	GEFLI 1978
Fl. oriental Hamada (W. Bayy al Kabir)	K7	Nalut	0.6	GEFLI 1978
Fl. oriental Hamada (W. Ninah)	K9	Mizdah-Tigrinna	0.05	GEFLI 1978
Fl. oriental Hamada (W. Washkah)	K3	Mizdah-Tigrinna	0.1	GEFLI 1978
Fl. oriental Hamada (W. Washkah)	K4	Mizdah-Tigrinna	0.05	GEFLI 1978
Fl. Oriental Hamada (W. Zamzam)	ZZ1	Mizdah-Tigrinna	0.1	GEFLI 1978
Flanc sud J Nefusa	Wg-14		0.021	Srivastava, 1981
Flanc sud J Nefusa	Wg-15		0.0996	Srivastava, 1981
Flanc sud J Nefusa	WG 17		0.00915	Srivastava, 1981
Flanc sud J Nefusa	WG 19		0.0234	Srivastava, 1981
Tawurgha	MG3	Nalut	40	GEFLI 1978
Tawurgha	P22	Mizdah-Tigrinna	10	GEFLI 1978
Tawurgha	P22	Mizdah-Tigrinna-Miocène	100	GEFLI 1978
Tawurgha	P18	Mizdah-Tigrinna	50	GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	MG2	Nalut	0.2	GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	K6	Nalut	5	GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	K10	Nalut	1	GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	K12	Nalut	10	GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	SOF2	Nalut	3	GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	SOF5	Nalut		GEFLI 1978
Wadi Sufajjin	P9	Nalut	25	GEFLI 1978
Zone cotière	P21	Nalut	6	GEFLI 1978
	WS9	Nalut	3	GEFLI 1978

2. Transmissivité de la nappe du Continental intercalaire

Annexe 3 Tableau 4 - Transmissivités de la nappe du Continental intercalaire en Algérie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Aoulef	P00500011	Aoulef 2	5.80	ERESS
Aoulef	P00600013	Tit 3	8.00	ERESS
El Golea	L00700003	Hadj Halima	35.00	ERESS
El Golea	L00700041	Hassi El Gara	14.10	ERESS
El Golea	K00700030	Foucault	17.00	ERESS
El Golea	L00700056	Taghit nouveau	9.50	ERESS
El Golea	K00700021	Bel Bechir	10.00	ERESS
Gourara	M00400284	Timimoun	36.00	ERESS
Gourara	N00400302	Igostene	22.60	ERESS
Hassi Fahl	J00800001	Hassi Fahl	0.50	ERESS
Hassi Fahl	J00800020	Hassi Touil	3.50	ERESS
Hassi Fahl	L00700066	Hassi Maroket	0.50	ERESS
Hassi Fahl	K00800016	Dayet Ghanem	5.00	ERESS
Hassi Fahl	K00800015	Gouiret Moussa	1.50	ERESS
Hassi Messaoud	K01200001	Rhourd El Baguel	0.60	ERESS
Hassi Messaoud	J01100094	Hassi Mesaoud	2.00	ERESS
Hassi Messaoud	L01100011	Gassi Touil	2.00	ERESS
In Salah	In Salah 18	In Salah 18	16.00	ERESS
In Salah	In Salah 19	In Salah 19	16.00	ERESS
In Salah	In Salah 20	In Salah 20	27.00	ERESS
In Salah	In Salah 21	In Salah 21	3.60	ERESS
Ouargla	J01000447	Ouargla 1	3.20	ERESS
Ouargla	J01000480	Ouargla 2	5.10	ERESS
Ouargla	J01000511	Ouargla 3	5.10	ERESS
Oued Rhir Nord	G00900109	Sidi Khaled	2.30	ERESS
Oued Rhir Sud	H01000042	M'rara	6.00	ERESS
Oued Rhir Sud	H01100408	Tamerna	6.00	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100436	Sidi Mahdi	7.00	ERESS
Oued Rhir Sud	I01100437	Sidi Slimane	5.00	ERESS
Oued Rhir Sud	X00700035	Guettara	12.00	ERESS
Oumchen	L00600019	Hassi Inkhal	17.00	ERESS
Oumchen	M00700020	Oumchen	15.00	ERESS
Rhourde El Hamra	6 M 11		0.39	GEOMATH
Rhourde El Hamra	M01100006	Rhourd Nouss	0.40	ERESS
Rhourde El Hamra	M01200001	Tamendjelt	0.30	ERESS
Rhourde El Hamra	SP 2	SP 2	2.00	ERESS
Rhourde El Hamra	N01100021	Fort Flatters	3.70	ERESS
Rhourde El Hamra	N01100020	O. Ameskiki	2.20	ERESS
Tadmait	N00700003	Tineldjane	0.80	ERESS
Tadmait	N00700004	El Hassene	0.60	ERESS
Tidikelt	O00700055	Fog. Ez Zoug	7.00	ERESS
Zelfana	J00800070	Metlili 5	15.00	ERESS
Zelfana	J00900011	Zelfana 2	23.80	ERESS
Zelfana	J00900011	ZELFANA N°3	13.60	ERESS
Zelfana	I00800112	Melika 3	12.20	ERESS
Zelfana	I00900050	Guerrara 3	10.00	ERESS

Annexe 3 Tableau 5 - Transmissivités de la nappe du Continental intercalaire en Tunisie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Dénomination du Forage	Transmissivité en 10^{-3} m ² /s	Origine donnée
Chott Fedjej	05664005	Ch Fedjej 1	27.70	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	05950005	Ch Fedjej 2	83.00	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	08429005	Ch Fedjej 3	88.50	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	ZTA 1	Zemlet Taiara	6.00	ERESS
Chott Fedjej	19394005	Limagues (CI 8)	56.60	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	19190005	CF 1 bis	25.40	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	18700005	CF F10	323.00	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	19175005	CF 3bis	23.40	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	18697005	CF F3	88.50	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	18698005	CF F8	6.30	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	18699005	CF 9	100.00	MAMOU, 1990
Chott Fedjej	19452005	Steftimi (CI 7)	3.40	MAMOU
Chott Fedjej	19484005	Behaier (CI 9)	87.00	MAMOU
Djerid	19230005	Degache CI2	1.10	MAMOU, 1990
Djerid	19084005	Nefta CI	0.80	MAMOU, 1990
Extreme Sud	BZA 1		2.00	Geomath
Extreme Sud	ZTA 1		5.99	Geomath
Extreme Sud	ZN A1	Zemlet En Nous	10.00	ERESS
Extreme Sud	05654005	Bordj Bourguiba	30.00	ERESS
Extreme Sud	X00700223	El Borma A1	0.40	MAMOU, 1990
Extreme Sud	X00700217	El Borma A6	43.00	MAMOU, 1990
Extreme Sud	16726005	El-Borma 202(*)	3.10	MAMOU, 1990
Extreme Sud	18684005	El-Borma 203(*)	2.50	MAMOU, 1990
Extreme Sud	18643005	El-Borma 207(*)	1.50	MAMOU, 1990
Extreme Sud	18644005	El-Borma 208(*)	11.00	MAMOU, 1990
Ksar Rhilane	05717005	Ksar Rhilane	6.00	ERESS
Ksar Rhilane	19009005	Ksar Ghilane 3 bis	12.70	MAMOU
Nefzaoua	19157005	Bou Abdallah (CI 1)	4.50	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19199005	Taourgha (CI 2)	55.10	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19140005	Mansoura (CI 3)	2.70	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19348005	Zaoueiet Anes (CI 5)	13.80	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19412005	Menchia CI 6	39.70	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19400005	Kébili (CI 10)	9.40	MAMOU, 1990
Nefzaoua	19468005	Jemna (CI 11)	3.10	MAMOU
Nefzaoua	20051005	Kébili (CI 16)	1.96	MAMOU
Nefzaoua	19304005	Zaoueiet Chorfa (CI 4)	69.00	MAMOU
Nefzaoua	20663005	Zouaia CI 22	41.23	MAMOU
Nefzaoua	19916005	DEBEBCHA CI 14	9.90	MAMOU
Nefzaoua	20109005	S.Lahad (CI 17)	23.00	MAMOU
Nefzaoua	20662005	Bou Abdallah CI 21	3.80	MAMOU
Nefzaoua	20018005	Douz (CI 18)	45.20	MAMOU
Nefzaoua	19450005	Douz (CI 12)	13.70	MAMOU

Annexe 3 Tableau 6 - Transmissivités de la nappe du Continental intercalaire en Libye

Zone	Dénomination du Forage	Transmissivité en $10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$	Origine donnée
Abu Njaym	K-1	13.99	GEFLI
Abu Njaym	K-2	3.50	GEFLI
Abu Njaym	K-7	2.70	GEFLI
Abu Njaym	K-8	2.00	GEFLI
Abu Njaym	K-9	17.00	GEFLI
Buwayrat al Hasun	K4	1.30	GEFLI
Buwayrat al Hasun	K-11	0.69	GEFLI
Buwayrat al Hasun	WH-1	2.60	GEFLI
Shwayref	WS-6	12.00	GEOMATH
Shwayref	SH-1	1.50	GEFLI
Derj	T11-81	25.50	BRL 1997
Derj	T96-76	18.00	BRL 1997
Derj	T159-89	74.00	BRL 1997
Derj	WG9	17.00	BRL 1997
Derj	WG 16	1.70	BRL 1997
Ghadamis	T203-80	75.00	BRL 1997
Ghadamis	T276-77	85.00	BRL 1997
Ghadamis	T277-77	60.00	BRL 1997
Ghadamis	WG 22	8.30	BRL 1997
Jabal Nafusah	T5-78	2.70	BRL 1997
Jabal Nafusah	T35-75	7.90	BRL 1997
Jabal Nafusah	T110-76	2.70	BRL 1997
Jabal Nafusah	T125-81	9.20	BRL 1997
Jabal Nafusah	T126-81	28.00	BRL 1997
Jabal Nafusah	T39-78	7.90	BRL 1997
Jabal Nafusah	T175-78	11.00	BRL 1997
Wadi Majir	P20	15.00	GEFLI
Wadi Majir	P21	0.10	GEFLI
Wadi Majir	T-2A	10.00	GEFLI
Mizdah	T313-76	1.60	BRL 1997
Mizdah	131/77	13.00	BRL 1997
Mizdah	WS 14	5.99	GEOMATH
Sinawen	T64-78	24.00	BRL 1997
Sinawen	T158-89	19.00	BRL 1997
Sinawen	Wg-13	4.50	BRL 1997
Wadi Sufajjin Mardum	K 12	15.00	Geomath
Wadi Sufajjin Mardum	B 2	15.00	Geomath
Wadi Sufajjin Mardum	K5	100.00	GEFLI
Wadi Sufajjin Mardum	K6	3.50	GEFLI
Wadi Sufajjin Mardum	K-10	2.40	GEFLI
Wadi Sufajjin Mardum	SOF5	0.00	GEFLI
Wadi Sufajjin Mardum	NOR1	15.00	GEFLI
Suknah	J-18	100.00	GEFLI
Wadi Zam Zam	WS-2	8.59	GEOMATH
Wadi Zam Zam	ZZ 1	10.00	GEOMATH
Wadi Zam Zam	ZZ 2	8.99	GEOMATH
Wadi Zam Zam	ZZ 3	20.00	GEOMATH
Wadi Zam Zam	ZZ 4	21.00	GEOMATH
Wadi Zam Zam	ZZ 5	14.00	GEOMATH
Wadi Zam Zam	ZZ 6	12.00	GEOMATH
Wadi Zam Zam	K3	39.00	GEFLI

Annexe 4

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS DU CI
ET DU CT EN ALGERIE ET EN TUNISIE
(1950 – 2000)

Historique des prélèvements du Continental intercalaire et du Complexe terminal en Algérie et en Tunisie (1950 – 2000)

1 – Introduction

Lors de l'établissement des historiques des prélèvements entre 1950 et l'an 2000 à partir des nappes du Continental intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) de l'Algérie (Al) et de la Tunisie (Tu), il a été remarqué que l'information disponible a largement évolué par rapport à la situation de 1972 (ERESS) ou celle de 1982 (RAB 80/011). Cette nouvelle situation se caractérise en Algérie par la multiplication du nombre de nouveaux points d'eau (forages et puits) en dehors des anciennes oasis. Le suivi de l'exploitation de ces points d'eau est loin d'être bien maîtrisé du fait de leur nombre important. Des opérations d'inventaires incluant une estimation des prélèvements ont eu lieu à l'occasion de l'actualisation de modèles.

En Tunisie, l'accroissement du nombre de points d'eau est relativement mieux maîtrisé qu'en Algérie. L'exploitation des points d'eau est contrôlée annuellement lors d'une ou deux campagnes de mesure du débit de chaque point d'eau exploité. L'estimation des prélèvements globaux est faite sur la base de l'estimation du nombre d'heures de fonctionnement des pompes pour les ouvrages qui ne sont pas jaillissants.

Cette note a pour objectif d'analyser l'évolution de cette exploitation afin de disposer de données pour le calage du modèle. Elle a été une occasion de vérifier les anciennes estimations faites à l'occasion des études ERESS, RAB 80/011 et BRL, 1997 (en Algérie) et de cerner de plus près l'évaluation de ces prélèvements en ayant recours à des comparaisons entre les différentes estimations.

2 – Prélèvements en Algérie

La source des informations présentées ci après est constituée par la Base de Données SASS dans sa dernière version en 2002 qui englobe les résultats de tous les inventaires réalisés y compris ceux d'El Oued et Illizi effectués en 1999. La répartition spatiale de ces prélèvements entre les différentes zones du Sahara algérien, montre que l'essentiel des points d'eau se localisent dans les zones du bassin du Grand Erg occidental, du Bas-Sahara et de Ouargla.

Les données sur ces prélèvements ont fait l'objet, au cours de ces dernières années, de plusieurs analyses afin d'évaluer l'évolution de l'exploitation dans le temps depuis le début des années 80 (BRL, 1997 ; Biout et Larbes, 2000). Seule l'analyse de ces données faite par l'équipe du SASS (SASS, Mai 2001) a traité l'ensemble de l'information collectée entre 1991 et l'an 2000. Elle a permis de collationner l'information disponible et de comparer les différents traitements faits pour en déduire un historique de l'exploitation des deux principales nappes du système saharien entre 1950 et l'an 2000.

2.1. Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Algérie

L'historique de l'exploitation de la nappe du CI en Algérie est établi entre 1950 et l'an 2000, sur la base de l'information disponible, à l'échelle des Wilayas en se référant aux données ponctuelles des points d'eau qui précisent les caractéristiques et les conditions de leur exploitation.

Cet historique (tableaux n°1-1 à 1-3) groupe les points d'eau captant cette nappe dans les Wilayas d'Adrar, Ghardaïa, El Oued, Ouargla, Biskra, Illizi et Tamanghasset. L'essentiel de cette exploitation se fait dans les Wilayas d'Adrar, Ghardaïa, Ouargla et El Oued. Les foggaras se concentrent toutes dans la Wilaya d'Adrar. En dehors de la Wilaya d'Adrar, où le débit des foggaras et des forages artésiens accuse une certaine baisse, dans les autres régions du Sahara algérien, l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire accuse un accroissement sensible à partir du milieu des années 80 (Figures n°1 et 2). Cette situation résulte de la prolifération du nombre de points d'eau et elle se traduit par des prélèvements globaux en 2000 qui sont quatre fois plus forts qu'en 1980.

2.2. . Historique de l'exploitation du Complexe Terminal en Algérie

L'exploitation de la nappe du Complexe terminal se fait en Algérie, dans les Wilayas de Ouargla, El Oued, Biskra, Khenchela et Tebessa (Tableau n°2-1). La majorité des points d'eau captant cette nappe se localisent dans les Wilayas de Ouargla, El Oued et Biskra.

Comme c'est le cas de la nappe du Continental intercalaire, l'exploitation de la nappe du Complexe terminal a connu en Algérie, depuis le milieu des années 80, un accroissement sensible. Ainsi, le débit exploité a doublé entre 1982 et l'an 2000 (Figures n° 3 et 4). L'essentiel de cette exploitation se fait par l'intermédiaire des forages pompés qui prélèvent près de 93%. Les forages jaillissants ne sont relativement nombreux que dans les Wilayas d'El Oued et de Ouargla.

L'exploitation par artésianisme contribue à raison de 18% des prélèvements sur la nappe du CT dans la Wilaya d'El Oued. Dans celle de Ouargla, la part de l'artésianisme sur les volumes prélevés, est de loin plus faible.

3 – Prélèvements en Tunisie

L'exploitation des nappes du bassin saharien a toujours été, en Tunisie, essentiellement orientée vers la nappe du Complexe terminal qui est plus accessible compte tenu de la faible profondeur à laquelle elle se trouve dans le Djérid et la Nefzaoua. Depuis le début des années 80, une nouvelle orientation a été donnée à l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire dans les zones du Chott Fedjej, Nefzaoua et Djérid. Relativement profonde dans ces zones (plus de 1000 m), cette nappe est considérée comme appoint à celle du Complexe terminal. Parallèlement, la nappe du Complexe terminal a connu un grand développement de son exploitation en dehors des oasis traditionnelles. L'établissement de l'historique de l'exploitation des nappes du bassin saharien du Sud tunisien est relativement facilité par le suivi régulier qui est assuré annuellement.

3.1. Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Tunisie

L'historique de l'exploitation de la nappe du Continental intercalaire dans le Sud tunisien entre 1950 et l'an 2000, est intimement lié à celui du développement des forages à Chott Fedjej, dans la Nefzaoua et dans le Djérid. Avant 1983, l'exploitation de cette nappe se faisait par l'intermédiaire des sources et des forages et des sondages de l'Extrême-sud (El Borma et Ksar Ghilane). Avec le développement de l'exploitation de cette nappe au niveau de Chott Fedjej, de la Nefzaoua et du Djérid, les volumes exploités sont passés au milieu des années 80, de moins de 800 l/s à plus de 2500 l/s en l'an 2000 (Tableau n°3). L'essentiel de cette exploitation se fait à Chott Fedjej, en Extrême-Sud tunisien et dans la Nefzaoua (Figure n°5). L'essentiel de cette exploitation se fait par des forages jaillissants.

3.2. Historique de l'exploitation du Complexe Terminal en Tunisie

L'exploitation de la nappe du Complexe terminal se fait dans le Sud tunisien, principalement dans les gouvernorats de Kébili (Nefzaoua) et de Tozeur (Djérid) et accessoirement dans ceux de Gafsa et de Tataouine. Le suivi de cette exploitation est assuré annuellement par des campagnes de mesure qui intéressent la majorité des points d'eau exploités. Ce suivi montre que l'essentiel de cette exploitation se fait dans les régions du Djérid et de la Nefzaoua.

Cette exploitation qui se faisait d'une manière prépondérante jusqu'au milieu des années 70, à l'aide du jaillissement des sources et des forages artésiens, a exigé de plus en plus, le recours au pompage (Tableau n°4). Ainsi le débit des sources du Djérid et de la Nefzaoua qui constituait au début des années 50, près de 62% des prélèvements du Sud tunisien sur les réserves de cette nappe, a fini par tarir complètement au début des années 80. Le cas des sources du Djérid est très significatif (Figure n°6). Parallèlement, le débit des forages pompés n'a fait que progresser. Le cas de l'exploitation de cette nappe, dans la région de Kébili, est édifiant dans ce sens (Figure n°7).

4- Conclusion

L'exploitation des deux principales nappes saharienne du CI et du CT a connu durant les vingt dernières années une évolution sensible suite à la multiplication du nombre de forages et à l'accroissement des prélèvements. Cette situation est caractéristique pour la nappe du Continental intercalaire en Algérie et celle du Complexe terminal en Tunisie.

Le suivi de cette exploitation demande à être assuré avec plus de régularité et de précision afin de mieux mettre en évidence les changements attendus dans le fonctionnement hydrodynamique du système aquifère et de la qualité de son eau.

Tableau 1 - Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Algérie par Wilaya

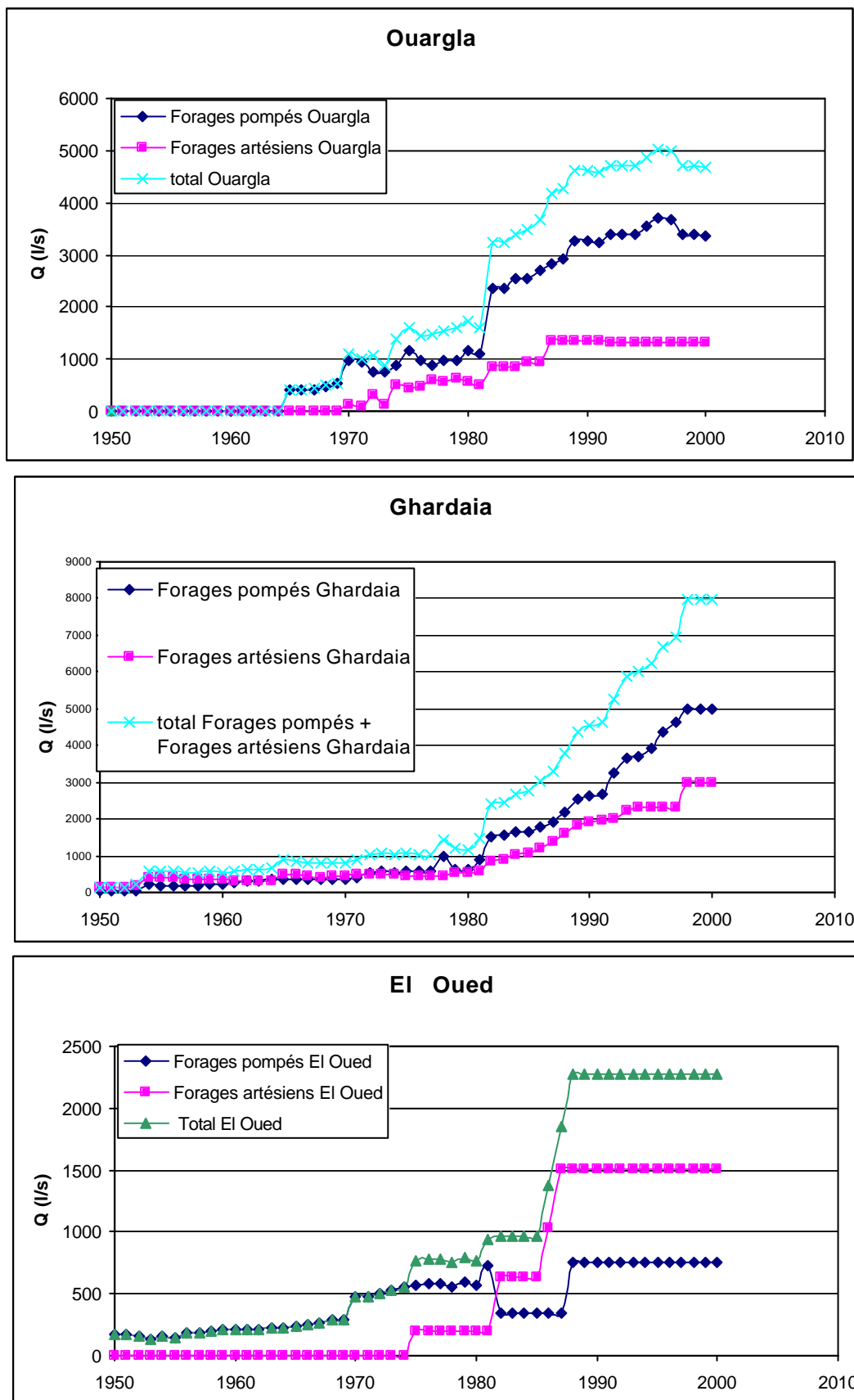
	Adrar			Biskra		El Oued			Ghardaia		Illizi			Ouargla			Tamanrasset
Date	Forages Pompés	Forages Artésien s	Foggara s	Total Adrar	Forages Pompés	Forages Pompés	Forages Artésien s	Total El Oued	Forages Pompés	Forages Artésien s	Total Ghardai a	Forages Illizi	Forages Pompés	Forages Artésien s	Total Ouargl a	Forages Tamanrasset	
1950	0.0	0.0	3665.0	3665.0	0.0	174.0	0.0	174.0	24.0	130.0	154.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1951	0.0	0.0	3665.0	3665.0	0.0	178.0	0.0	178.0	24.0	127.1	151.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1952	0.0	0.0	3665.0	3665.0	0.0	156.0	0.0	156.0	24.0	124.2	148.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1953	0.0	0.0	3665.0	3665.0	0.0	134.0	0.0	134.0	49.0	182.8	231.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1954	0.0	0.0	3665.0	3665.0	0.0	160.0	0.0	160.0	206.8	380.1	586.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1955	0.0	0.0	3665.0	3665.0	0.0	139.0	0.0	139.0	196.7	404.1	600.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1956	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	187.0	0.0	187.0	186.6	383.8	570.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1957	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	190.0	0.0	190.0	176.5	363.6	540.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1958	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	200.0	0.0	200.0	190.0	354.1	544.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1959	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	210.0	0.0	210.0	205.0	354.1	559.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1960	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	216.0	0.0	216.0	215.0	340.1	555.1	0.0	10.0	0.0	10.0	0.0	
1961	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	206.0	0.0	206.0	260.0	331.1	591.1	0.0	10.0	0.0	10.0	0.0	
1962	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	210.0	0.0	210.0	290.0	320.1	610.1	0.0	10.0	0.0	10.0	0.0	
1963	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	220.0	0.0	220.0	320.0	319.3	639.3	0.0	10.0	0.0	10.0	0.0	
1964	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	230.0	0.0	230.0	340.0	312.3	652.3	0.0	10.0	0.0	10.0	0.0	
1965	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	240.0	0.0	240.0	368.3	503.4	871.7	0.0	395.0	0.0	395.0	0.0	
1966	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	250.0	0.0	250.0	363.3	468.5	831.8	0.0	395.0	7.0	402.0	0.0	
1967	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	258.0	0.0	258.0	363.1	439.1	802.2	0.0	420.0	7.0	427.0	0.0	
1968	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	296.0	0.0	296.0	367.9	422.0	789.8	0.0	480.0	7.0	487.0	0.0	
1969	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	290.0	0.0	290.0	353.9	427.2	781.1	0.0	530.0	7.0	537.0	0.0	
1970	0.0	0.0	3665.0	3665.0	100.0	482.0	0.0	482.0	363.7	457.6	821.3	0.0	986.0	117.0	1103.0	0.0	
1971	1.0	0.0	3635.0	3636.0	100.0	482.0	0.0	482.0	399.0	507.0	906.0	0.0	930.0	88.0	1018.0	7.0	
1972	1.0	0.0	3600.0	3601.0	94.0	<u>500.0</u>	0.0	500.0	521.1	493.9	1015.0	0.0	759.0	302.0	1061.0	7.0	
1973	1.0	0.0	3570.0	3571.0	88.0	<u>530.0</u>	0.0	530.0	565.2	482.8	1048.0	0.0	760.0	120.0	880.0	6.0	
1974	1.0	0.0	3535.0	3536.0	189.0	560.0	0.0	560.0	548.3	469.7	1018.0	0.0	879.0	505.0	1384.0	5.0	
1975	1.0	0.0	3505.0	3506.0	181.0	572.0	200.0	772.0	593.4	462.6	1056.0	0.0	1158.0	442.0	1600.0	4.0	
1976	1.0	0.0	3475.0	3476.0	175.0	585.0	200.0	785.0	589.5	441.5	1031.0	0.0	979.0	462.0	1441.0	3.0	
1977	1.0	0.0	3440.0	3441.0	171.0	579.0	200.0	779.0	584.6	456.4	1041.0	0.0	875.0	602.0	1477.0	3.0	
1978	1.0	0.0	3410.0	3411.0	162.0	552.0	200.0	752.0	986.7	434.3	1421.0	0.0	977.0	554.0	1531.0	2.0	
1979	1.0	0.0	3375.0	3376.0	398.0	593.0	200.0	793.0	624.8	556.2	1181.0	0.0	988.0	617.0	1605.0	2.0	
1980	1.0	0.0	3340.0	3341.0	464.0	570.0	200.0	770.0	624.9	545.1	1170.0	0.0	1173.0	554.0	1727.0	2.0	
1981	56.0	0.0	3310.0	3366.0	490.0	734.0	200.0	934.0	898.0	584.0	1482.0	0.0	1098.0	495.0	1593.0	4.0	

	Adrar			Biskra		El Oued			Ghardaia		Illizi			Ouargla			Tamanrasset
Date	Forages Pompés	Forages Artésien s	Foggara s	Total Adrar	Forages Pompés	Forages Pompés	Forages Artésien s	Total El Oued	Forages Pompés	Forages Artésien s	Total Ghardai a	Forages Illizi	Forages Pompés	Forages Artésien s	Total Ouargl a	Forages Tamanrasset	
1982	454.8	0.0	3275.0	3729.8	630.0	340.0	630.0	970.0	1533.6	865.0	2398.6	510.0	2363.2	859.2	3222.4	576.5	
1983	523.6	0.0	3240.0	3763.6	862.0	340.0	630.0	970.0	1561.6	898.0	2459.6	510.0	2363.2	859.2	3222.4	706.5	
1984	695.9	0.0	3210.0	3905.9	1192.0	340.0	630.0	970.0	1649.6	1031.8	2681.3	510.0	2543.2	859.2	3402.4	826.5	
1985	738.6	0.0	3175.0	3913.6	1192.0	340.0	630.0	970.0	1667.1	1084.3	2751.3	510.0	2543.2	952.9	3496.1	1056.5	
1986	1556.0	0.0	3140.0	4696.0	1342.0	340.0	1030.0	1370.0	1801.1	1215.3	3016.3	610.0	2713.2	952.9	3666.1	1056.5	
1987	2261.6	0.0	3110.0	5371.6	1377.0	340.0	1510.0	1850.0	1909.5	1390.3	3299.8	610.0	2833.2	1347.0	4180.2	2611.5	
1988	3138.0	0.0	3075.0	6213.0	1508.0	760.0	1510.0	2270.0	2170.8	1620.5	3791.3	660.0	2913.4	1347.0	4260.4	2611.5	
1989	4103.1	57.0	3040.0	7200.1	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	2523.0	1836.0	4359.0	720.0	3270.3	1340.1	4610.5	2675.5	
1990	5074.0	57.0	3010.0	8141.0	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	2632.2	1926.0	4558.2	720.0	3270.3	1340.1	4610.5	2675.5	
1991	5803.4	57.0	2975.0	8835.4	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	2686.5	1944.0	4630.5	720.0	3237.3	1340.1	4577.5	2735.5	
1992	6987.1	57.0	2940.0	9984.1	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	3255.7	2005.9	5261.6	720.0	3390.4	1316.1	4706.5	3288.5	
1993	7877.6	57.0	2910.0	10844.6	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	3654.6	2219.8	5874.4	720.0	3390.4	1316.1	4706.5	3288.5	
1994	6297.6	57.0	2875.0	9229.6	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	3680.6	2323.8	6004.4	1020.0	3390.4	1316.1	4706.5	3288.5	
1995	6297.6	57.0	2840.0	9194.6	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	3925.6	2323.8	6249.4	1155.0	3561.6	1316.1	4877.7	3288.5	
1996	6132.3	57.0	2810.0	8999.3	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	4365.7	2317.9	6683.5	1180.0	3707.9	1310.1	5018.0	3288.5	
1997	6132.3	57.0	2775.0	8964.3	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	4627.7	2317.9	6945.5	1180.0	3677.9	1310.1	4988.0	3288.5	
1998	6297.6	57.0	2740.0	9094.6	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	5005.0	2967.4	7972.4	995.0	3380.9	1316.1	4697.0	3168.5	
1999	6297.6	57.0	2710.0	9064.6	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	5005.0	2967.4	7972.4	995.0	3380.9	1316.1	4697.0	3168.5	
2000	6297.6	57.0	2697.0	9051.6	1628.0	760.0	1510.0	2270.0	5005.0	2967.4	7972.4	1020.0	3352.9	1316.1	4669.1	3168.5	

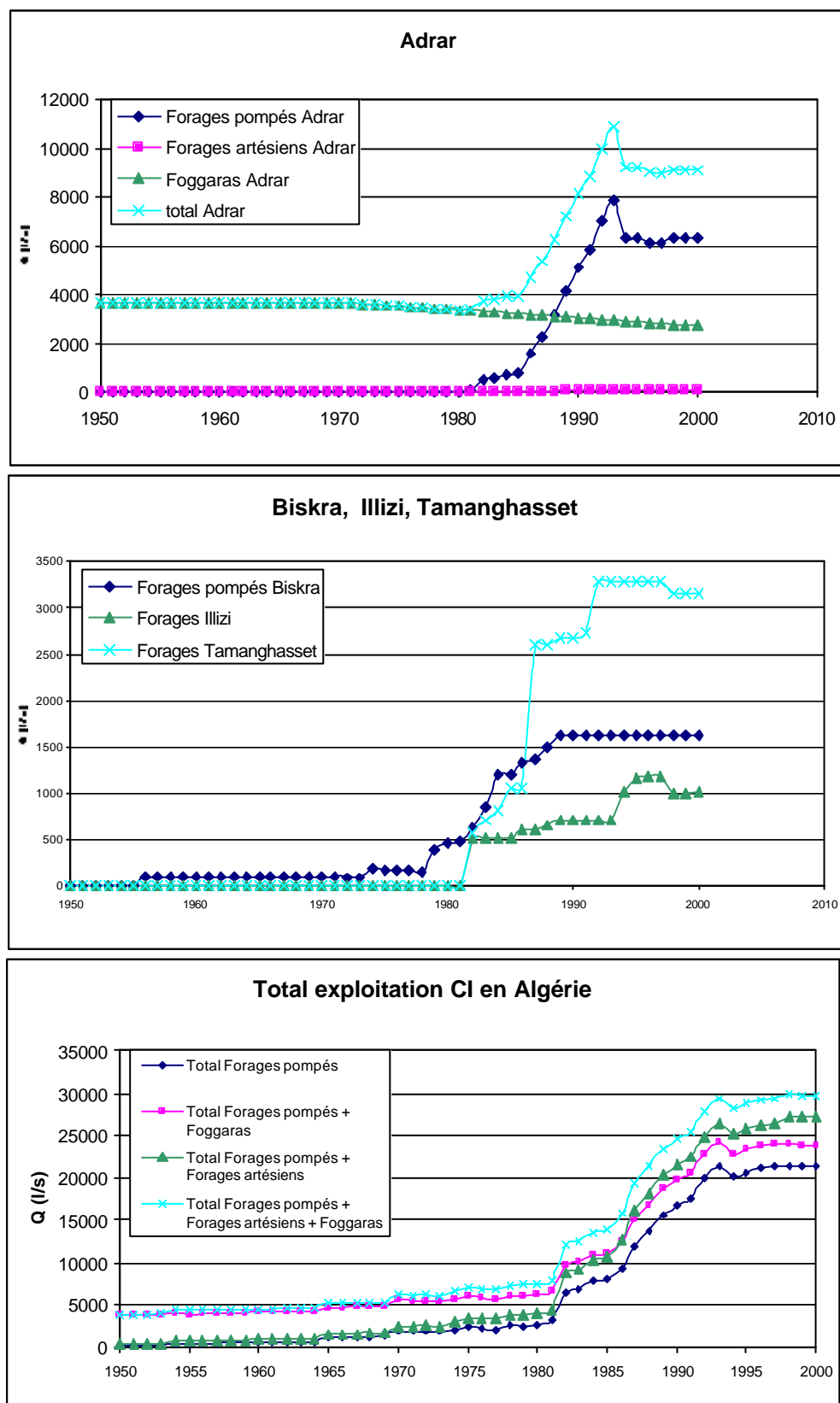
Annexe 4 Tableau 2 - Historique de l'exploitation du Continental intercalaire en Algérie (récapitulatif)

Date	Total forages pompés	Total forages artésiens	Total forages pompés + Foggaras	Total forages pompés + Forages artésiens	Total exploitation
1950	198.0	130.0	3863.0	328.0	3993.0
1951	202.0	127.1	3867.0	329.1	3994.1
1952	180.0	124.2	3845.0	304.2	3969.2
1953	183.0	182.8	3848.0	365.8	4030.8
1954	366.8	380.1	4031.8	746.9	4411.9
1955	335.7	404.1	4000.7	739.8	4404.8
1956	473.6	383.8	4138.6	857.4	4522.4
1957	466.5	363.6	4131.5	830.1	4495.1
1958	490.0	354.1	4155.0	844.1	4509.1
1959	515.0	354.1	4180.0	869.1	4534.1
1960	541.0	340.1	4206.0	881.1	4546.1
1961	576.0	331.1	4241.0	907.1	4572.1
1962	610.0	320.1	4275.0	930.1	4595.1
1963	650.0	319.3	4315.0	969.3	4634.3
1964	680.0	312.3	4345.0	992.3	4657.3
1965	1103.3	503.4	4768.3	1606.7	5271.7
1966	1108.3	475.5	4773.3	1583.8	5248.8
1967	1141.1	446.1	4806.1	1587.2	5252.2
1968	1243.9	429.0	4908.9	1672.8	5337.8
1969	1273.9	434.2	4938.9	1708.1	5373.1
1970	1931.7	574.6	5596.7	2506.3	6171.3
1971	1919.0	595.0	5554.0	2514.0	6149.0
1972	1882.1	795.9	5482.1	2678.0	6278.0
1973	1950.2	602.8	5520.2	2553.0	6123.0
1974	2182.3	974.7	5717.3	3157.0	6692.0
1975	2509.4	1104.6	6014.4	3614.0	7119.0
1976	2332.5	1103.5	5807.5	3436.0	6911.0
1977	2213.6	1258.4	5653.6	3472.0	6912.0
1978	2680.7	1188.3	6090.7	3869.0	7279.0
1979	2606.8	1373.2	5981.8	3980.0	7355.0
1980	2834.9	1299.1	6174.9	4134.0	7474.0
1981	3280.0	1279.0	6590.0	4559.0	7869.0
1982	6408.1	2354.2	9683.1	8762.3	12037.3
1983	6866.9	2387.2	10106.9	9254.1	12494.1
1984	7757.2	2520.9	10967.2	10278.1	13488.1
1985	8047.3	2667.1	11222.3	10714.5	13889.5
1986	9418.7	3198.1	12558.7	12616.9	15756.9
1987	11942.8	4247.2	15052.8	16190.1	19300.1
1988	13761.7	4477.5	16836.7	18239.2	21314.2
1989	15680.0	4743.1	18720.0	20423.1	23463.1
1990	16760.0	4833.1	19770.0	21593.1	24603.1
1991	17570.8	4851.1	20545.8	22421.9	25396.9
1992	20029.7	4889.0	22969.7	24918.7	27858.7
1993	21319.1	5102.9	24229.1	26422.0	29332.0
1994	20065.1	5206.9	22940.1	25272.0	28147.0
1995	20616.3	5206.9	23456.3	25823.2	28663.2
1996	21062.3	5195.0	23872.3	26257.3	29067.3
1997	21294.3	5195.0	24069.3	26489.3	29264.3
1998	21235.1	5850.5	23975.1	27085.6	29825.6
1999	21235.1	5850.5	23945.1	27085.6	29795.6
2000	21232.1	5850.5	23929.1	27082.6	29779.6

Annexe 4 Figure 1 - Historique de l'exploitation du CI en Algérie



Annexe 4 Figure 2 - Historique de l'exploitation du CI en Algérie (suite)

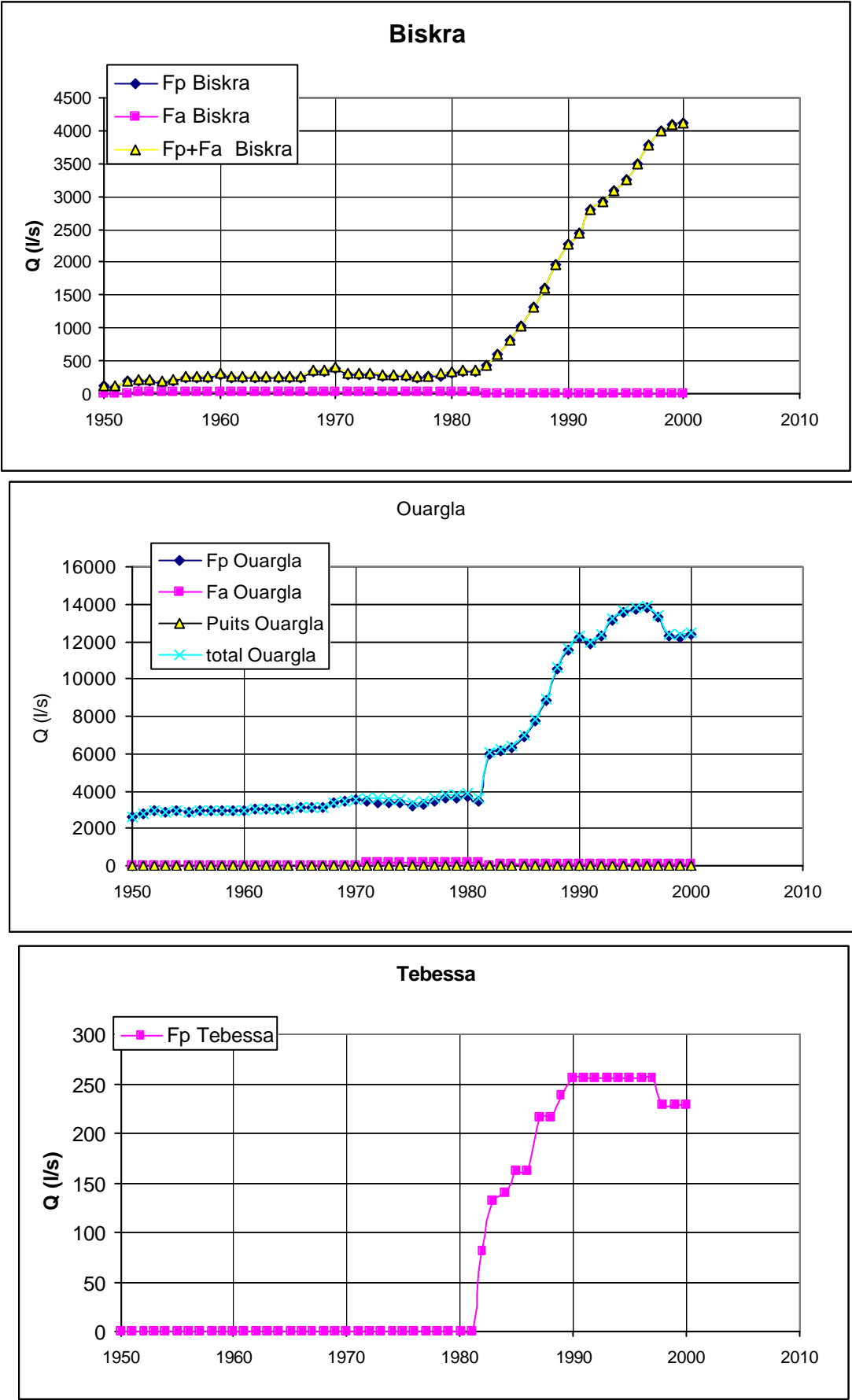


Annexe 4 Tableau 3 - Historique de l'exploitation du CI en Algérie

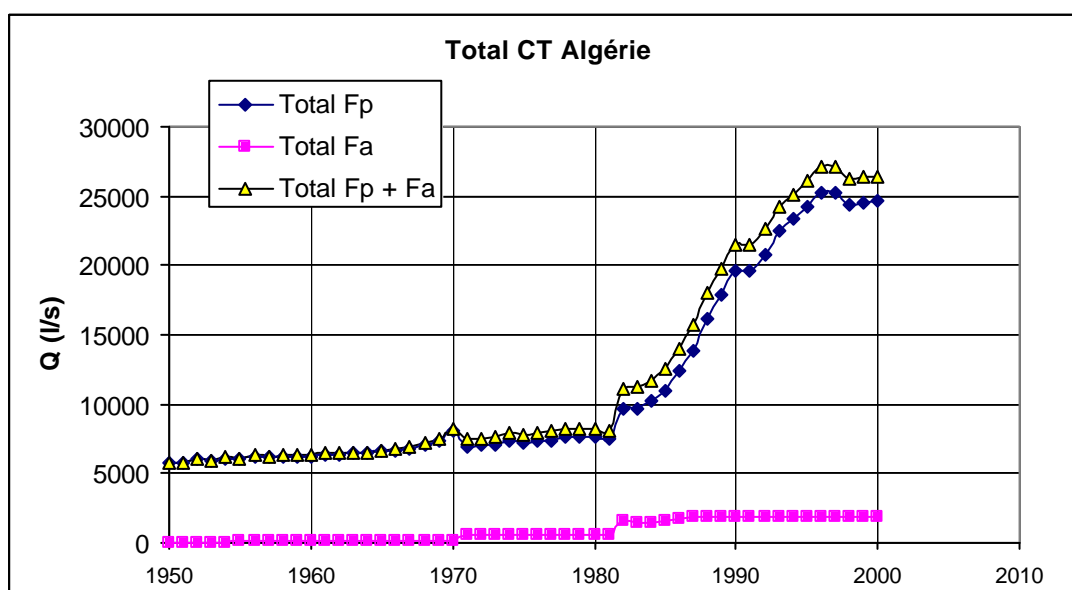
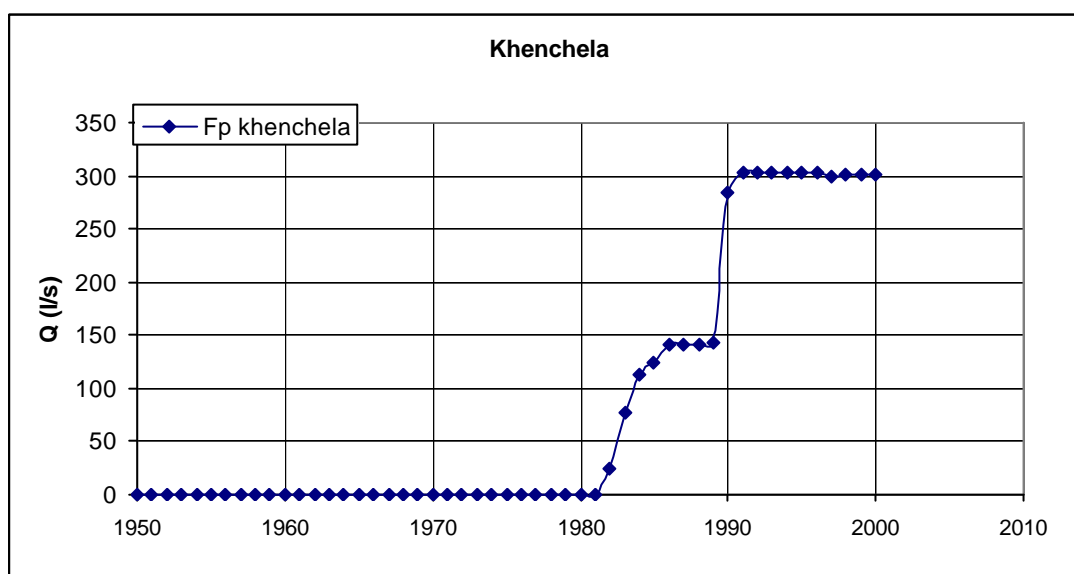
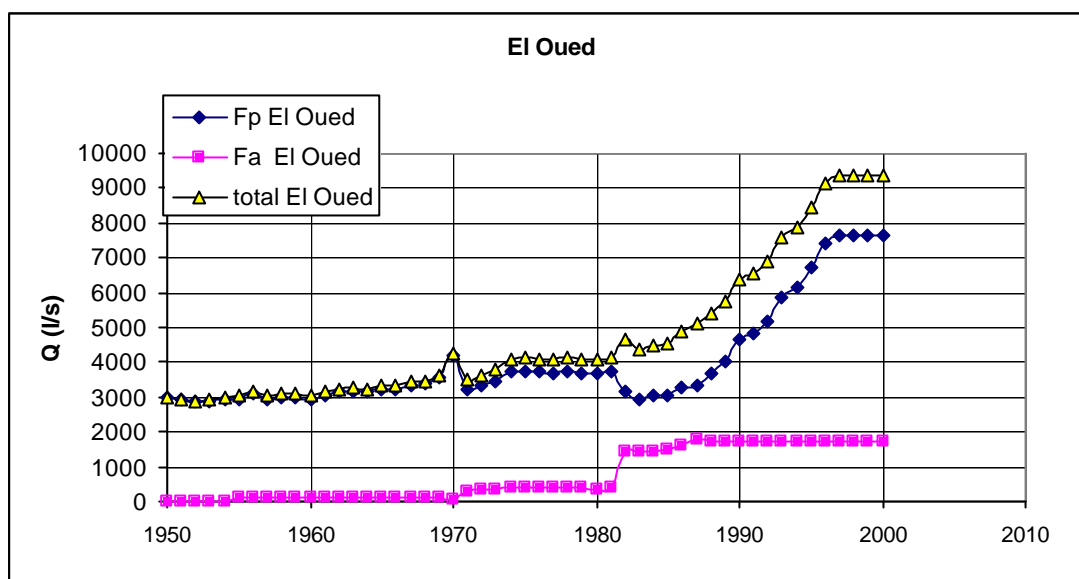
	Biskra			El Oued			Khenchel a	Ouargla				Tebessa	Total CT Algérie			
Date	Forages pompés	Forages artésiens	Total Biskra	Forages pompés	Forages artésiens	Total El Oued	Forages pompés	Forages pompés	Forages artésiens	Puits Ouargla	Total Ouargla	Forages pompés	Forages pompés	Forages artésiens	Total	
1950	112.0	7.0	119.0	3011.0	0.0	3011.0	0.0	2640.0	0.0	0.0	2640.0	0.0	5763.0	7.0	5770.0	
1951	106.0	7.0	113.0	2912.0	0.0	2912.0	0.0	2801.0	0.0	0.0	2801.0	0.0	5819.0	7.0	5826.0	
1952	181.0	7.0	188.0	2876.0	1.0	2877.0	0.0	2935.0	0.0	0.0	2935.0	0.0	5992.0	8.0	6000.0	
1953	190.0	28.0	218.0	2888.0	26.0	2914.0	0.0	2846.0	0.0	0.0	2846.0	0.0	5924.0	54.0	5978.0	
1954	194.0	26.0	220.0	2948.0	25.0	2973.0	0.0	2965.0	0.0	0.0	2965.0	0.0	6107.0	51.0	6158.0	
1955	170.0	26.0	196.0	2917.0	104.0	3021.0	0.0	2902.0	0.0	0.0	2902.0	0.0	5989.0	130.0	6119.0	
1956	192.0	26.0	218.0	3077.0	104.0	3181.0	0.0	2973.0	0.0	0.0	2973.0	0.0	6242.0	130.0	6372.0	
1957	236.0	25.0	261.0	2930.0	101.0	3031.0	0.0	2965.0	0.0	0.0	2965.0	0.0	6131.0	126.0	6257.0	
1958	249.0	25.0	274.0	3009.0	98.0	3107.0	0.0	2962.0	0.0	0.0	2962.0	0.0	6220.0	123.0	6343.0	
1959	249.0	25.0	274.0	2982.0	96.0	3078.0	0.0	2953.0	0.0	0.0	2953.0	0.0	6184.0	121.0	6305.0	
1960	293.0	25.0	318.0	2941.0	93.0	3034.0	0.0	2982.0	0.0	0.0	2982.0	0.0	6216.0	118.0	6334.0	
1961	246.0	24.0	270.0	3056.0	96.0	3152.0	0.0	3047.0	0.0	0.0	3047.0	0.0	6349.0	120.0	6469.0	
1962	243.0	26.0	269.0	3147.0	95.0	3242.0	0.0	3014.0	0.0	0.0	3014.0	0.0	6404.0	121.0	6525.0	
1963	241.0	27.0	268.0	3154.0	94.0	3248.0	0.0	3042.0	0.0	0.0	3042.0	0.0	6437.0	121.0	6558.0	
1964	240.0	27.0	267.0	3142.0	92.0	3234.0	0.0	3055.0	0.0	0.0	3055.0	0.0	6437.0	119.0	6556.0	
1965	238.0	27.0	265.0	3238.0	91.0	3329.0	0.0	3109.0	0.0	0.0	3109.0	0.0	6585.0	118.0	6703.0	
1966	236.0	27.0	263.0	3233.0	89.0	3322.0	0.0	3133.0	0.0	0.0	3133.0	0.0	6602.0	116.0	6718.0	
1967	228.0	27.0	255.0	3362.0	87.0	3449.0	0.0	3151.0	0.0	0.0	3151.0	0.0	6741.0	114.0	6855.0	
1968	329.0	27.0	356.0	3389.0	87.0	3476.0	0.0	3379.0	0.0	0.0	3379.0	0.0	7097.0	114.0	7211.0	
1969	331.0	27.0	358.0	3549.0	87.0	3636.0	0.0	3449.0	0.0	0.0	3449.0	0.0	7329.0	114.0	7443.0	
1970	388.0	27.0	415.0	4195.0	85.0	4280.0	0.0	3510.0	0.0	0.0	3510.0	0.0	8093.0	112.0	8205.0	
1971	294.0	26.0	320.0	3216.0	299.0	3515.0	0.0	3442.0	208.0	0.0	3650.0	0.0	6952.0	533.0	7485.0	
1972	293.0	25.0	318.0	3329.0	320.0	3649.0	0.0	3384.0	208.0	0.0	3592.0	0.0	7006.0	553.0	7559.0	
1973	285.0	24.0	309.0	3466.0	341.1	3807.1	0.0	3367.9	189.5	0.0	3557.4	0.0	7118.9	554.6	7673.5	
1974	272.0	23.0	295.0	3716.0	383.3	4099.3	0.0	3352.2	171.0	0.0	3523.2	0.0	7340.2	577.3	7917.5	
1975	262.0	22.0	284.0	3729.5	389.4	4118.9	0.0	3201.1	171.5	0.0	3372.6	0.0	7192.6	582.9	7775.5	
1976	262.0	21.0	283.0	3717.0	378.9	4095.9	0.0	3310.9	172.0	0.0	3482.9	0.0	7289.9	571.9	7861.8	
1977	250.0	20.0	270.0	3692.5	405.4	4097.9	0.0	3470.8	172.5	0.0	3643.3	0.0	7413.3	597.9	8011.2	
1978	254.0	21.0	275.0	3756.0	392.9	4148.9	0.0	3632.1	173.0	0.0	3805.1	0.0	7642.1	586.9	8229.0	
1979	275.0	25.0	300.0	3705.7	376.7	4082.3	0.0	3627.0	181.0	0.0	3808.0	0.0	7607.7	582.7	8190.3	

	Biskra			El Oued			Khenchel a	Ouargla				Tebessa	Total CT Algérie			
Date	Forages pompés	Forages artésiens	Total Biskra	Forages pompés	Forages artésiens	Total El Oued	Forages pompés	Forages pompés	Forages artésiens	Puits Ouargla	Total Ouargla	Forages pompés	Forages pompés	Forages artésiens	Total	
1980	305.0	30.0	335.0	3698.3	362.3	4060.7	0.0	3666.0	189.0	0.0	3855.0	0.0	7669.3	581.3	8250.7	
1981	324.0	34.0	358.0	3742.0	408.0	4150.0	0.0	3416.0	197.0	0.0	3613.0	0.0	7482.0	639.0	8121.0	
1982	324.0	34.0	358.0	3188.6	1450.3	4638.9	25.0	5997.7	36.1	18.5	6052.3	81.4	9616.8	1520.3	11137.1	
1983	423.3	0.0	423.3	2921.6	1460.8	4382.4	78.0	6155.1	45.4	18.5	6219.0	131.4	9709.4	1506.3	11215.7	
1984	608.4	0.0	608.4	3032.5	1441.9	4474.4	113.0	6326.8	45.4	18.5	6390.7	140.4	10221.1	1487.4	11708.4	
1985	802.1	0.0	802.1	3022.4	1508.7	4531.1	123.5	6883.5	45.9	18.5	6947.9	162.4	10993.9	1554.6	12548.5	
1986	1035.0	0.0	1035.0	3282.3	1622.9	4905.2	141.8	7733.7	69.9	18.5	7822.1	162.4	12355.2	1692.8	14048.0	
1987	1305.7	0.0	1305.7	3316.5	1776.6	5093.1	141.8	8837.6	69.9	18.5	8925.9	216.4	13818.0	1846.4	15664.4	
1988	1611.0	0.0	1611.0	3681.6	1745.7	5427.3	141.8	10491.8	69.9	18.5	10580.2	216.4	16142.6	1815.6	17958.2	
1989	1953.6	0.0	1953.6	4030.9	1740.1	5771.1	142.6	11562.9	78.9	18.5	11660.4	237.8	17927.9	1819.1	19747.0	
1990	2266.1	0.0	2266.1	4670.0	1736.2	6406.2	283.6	12199.1	86.9	18.5	12304.5	255.8	19674.6	1823.2	21497.8	
1991	2445.7	0.0	2445.7	4823.3	1733.0	6556.3	303.6	11844.8	86.9	18.5	11950.2	255.8	19673.3	1819.9	21493.2	
1992	2795.1	0.0	2795.1	5161.0	1730.2	6891.2	303.6	12312.2	89.5	18.5	12420.1	255.8	20827.7	1819.7	22647.4	
1993	2910.9	0.0	2910.9	5864.8	1728.1	7592.9	303.6	13095.3	89.5	18.5	13203.3	255.8	22430.5	1817.6	24248.1	
1994	3092.9	0.0	3092.9	6165.6	1726.5	7892.0	303.6	13528.1	89.5	18.5	13636.1	255.8	23346.0	1815.9	25161.9	
1995	3259.8	0.0	3259.8	6735.4	1724.9	8460.3	303.6	13715.7	89.5	18.5	13823.7	255.8	24270.4	1814.4	26084.8	
1996	3499.0	0.0	3499.0	7390.3	1723.5	9113.9	303.6	13784.4	86.9	18.5	13889.9	255.8	25233.2	1810.5	27043.7	
1997	3775.9	0.0	3775.9	7654.5	1722.2	9376.7	299.6	13303.1	86.9	18.5	13408.5	255.8	25288.9	1809.1	27098.1	
1998	3995.5	0.0	3995.5	7653.8	1720.9	9374.7	301.1	12258.5	89.5	18.5	12366.4	228.8	24437.6	1810.4	26248.0	
1999	4099.3	0.0	4099.3	7653.0	1719.7	9372.7	301.1	12230.9	89.5	18.5	12338.8	228.8	24513.1	1809.1	26322.2	
2000	4114.1	0.0	4114.1	7652.4	1719.1	9371.5	301.1	12342.3	89.5	18.5	12450.2	228.8	24638.7	1808.5	26447.3	

Annexe 4 Figure 3 - Historique de l'exploitation du CT en Algérie



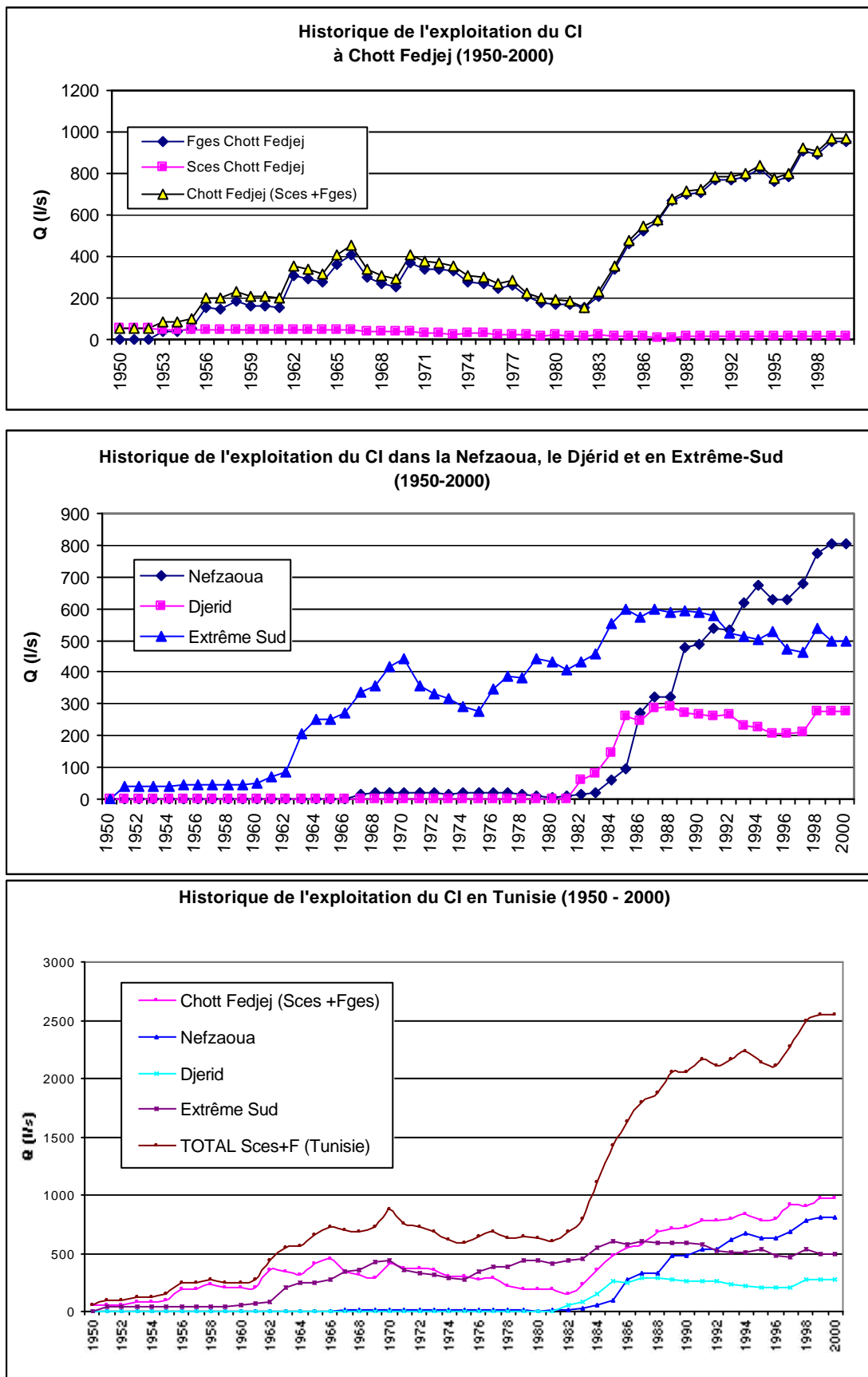
Annexe 4 Figure 4 - Historique de l'exploitation du CT en Algérie (suite)



Annexe 4 Tableau 4 - Historique de l'exploitation du CI en Tunisie

Date	Chott Fedjej			Nefzaoua	Djerid	Extrême Sud	Total Tunisie	
	Forages	Sources	Total				Forages	Sources + Forages
1950	0.0	51.0	51.0	0.0	0.0	2.0	2.0	53.0
1951	0.0	51.0	51.0	0.0	0.0	42.0	42.0	93.0
1952	0.0	51.0	51.0	0.0	0.0	42.0	42.0	93.0
1953	37.5	49.5	87.0	0.0	0.0	42.0	79.5	129.0
1954	36.0	49.5	85.5	0.0	0.0	42.0	78.0	127.5
1955	52.0	48.5	100.5	0.0	0.0	44.0	96.0	144.5
1956	152.0	46.5	198.5	0.0	0.0	44.0	196.0	242.5
1957	150.0	46.5	196.5	0.0	0.0	44.0	194.0	240.5
1958	184.6	46.5	231.1	0.0	0.0	44.0	228.6	275.1
1959	162.0	45.5	207.5	0.0	0.0	44.0	206.0	251.5
1960	160.0	44.0	204.0	0.0	0.0	48.0	208.0	252.0
1961	156.0	44.0	200.0	0.0	0.0	68.0	224.0	268.0
1962	310.2	43.5	353.7	0.0	0.0	83.0	393.2	436.7
1963	294.0	44.5	338.5	0.0	0.0	206.9	500.9	545.4
1964	275.0	43.0	318.0	0.0	0.0	248.9	523.9	566.9
1965	365.0	43.0	408.0	0.0	0.0	248.9	613.9	656.9
1966	409.5	43.0	452.5	0.0	0.0	273.9	683.4	726.4
1967	298.0	39.5	337.5	16.0	0.0	338.4	652.4	691.9
1968	273.0	37.5	310.5	18.0	0.0	357.5	648.5	686.0
1969	253.5	37.5	291.0	18.0	0.0	419.0	690.5	728.0
1970	371.5	37.5	409.0	20.0	0.0	443.6	835.1	872.6
1971	342.0	34.0	376.0	20.0	0.0	356.6	718.6	752.6
1972	339.0	31.0	370.0	18.0	0.0	331.6	688.6	719.6
1973	328.0	26.0	354.0	16.0	0.0	316.6	660.6	686.6
1974	280.0	27.0	307.0	18.0	0.0	291.6	589.6	616.6
1975	271.0	28.0	299.0	18.0	0.0	277.6	566.6	594.6
1976	249.0	21.0	270.0	20.0	0.0	348.6	617.6	638.6
1977	260.0	22.0	282.0	20.0	0.0	388.6	668.6	690.6
1978	205.0	20.0	225.0	15.0	0.0	383.7	603.7	623.7
1979	179.0	18.0	197.0	9.0	0.0	443.7	631.7	649.7
1980	169.0	20.0	189.0	5.0	0.0	431.6	605.6	625.6
1981	170.0	16.0	186.0	10.0	0.0	409.6	589.6	605.6
1982	157.2	18.0	157.2	12.9	58.1	432.7	660.9	678.9
1983	206.8	21.0	227.9	22.3	81.9	455.9	766.9	788.0
1984	337.5	17.4	354.9	59.4	145.3	551.5	1093.7	1111.0
1985	459.4	18.1	477.5	94.6	262.7	596.7	1413.4	1431.5
1986	526.9	17.7	544.6	269.6	248.8	573.5	1618.8	1636.5
1987	567.9	11.5	579.4	322.8	288.0	598.3	1777.0	1788.4
1988	668.8	11.4	680.2	323.1	291.1	586.8	1869.7	1881.1
1989	700.6	15.3	715.8	478.4	272.3	591.9	2043.2	2058.5
1990	703.9	16.3	720.2	485.7	265.3	586.6	2041.4	2057.8
1991	769.0	15.5	784.5	539.1	262.0	578.6	2148.7	2164.2
1992	767.6	15.0	782.6	535.4	265.3	522.4	2090.8	2105.8
1993	787.3	13.1	800.4	617.4	230.3	510.7	2145.8	2158.9
1994	825.2	12.3	837.6	672.0	223.9	502.7	2223.8	2236.1
1995	763.3	11.8	775.1	626.1	206.8	528.7	2124.9	2136.7
1996	786.6	11.6	798.1	627.3	205.8	474.8	2094.5	2106.0
1997	910.8	12.2	922.9	680.0	210.3	461.1	2262.1	2274.3
1998	889.3	15.1	904.4	776.6	277.1	539.8	2482.8	2497.8
1999	954.6	15.4	970.0	805.5	275.1	496.1	2531.4	2546.7
2000	954.6	15.4	970.0	805.5	275.1	496.4	2531.7	2547.1

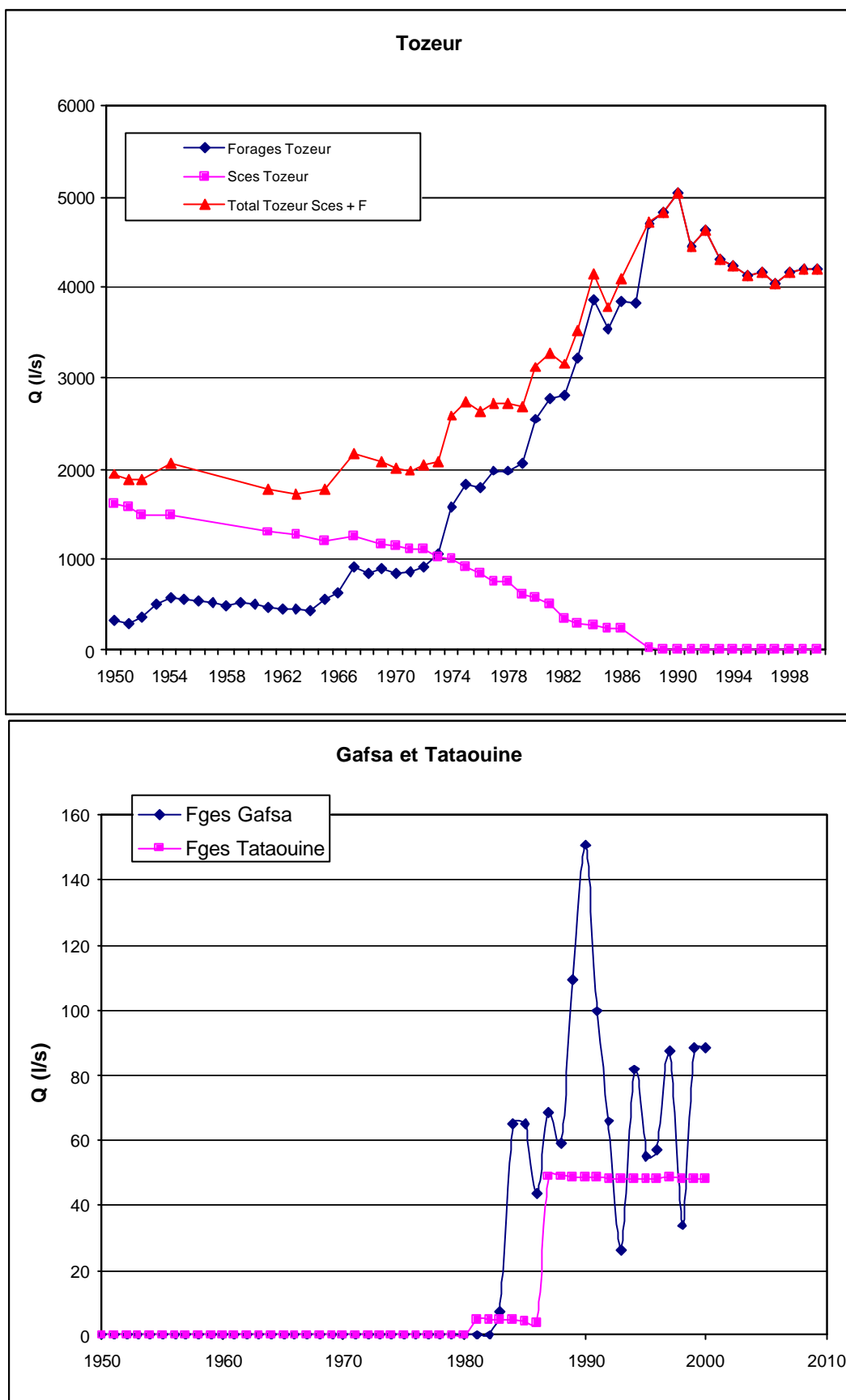
Annexe 4 Figure 5 - Historique de l'exploitation du CI en Tunisie



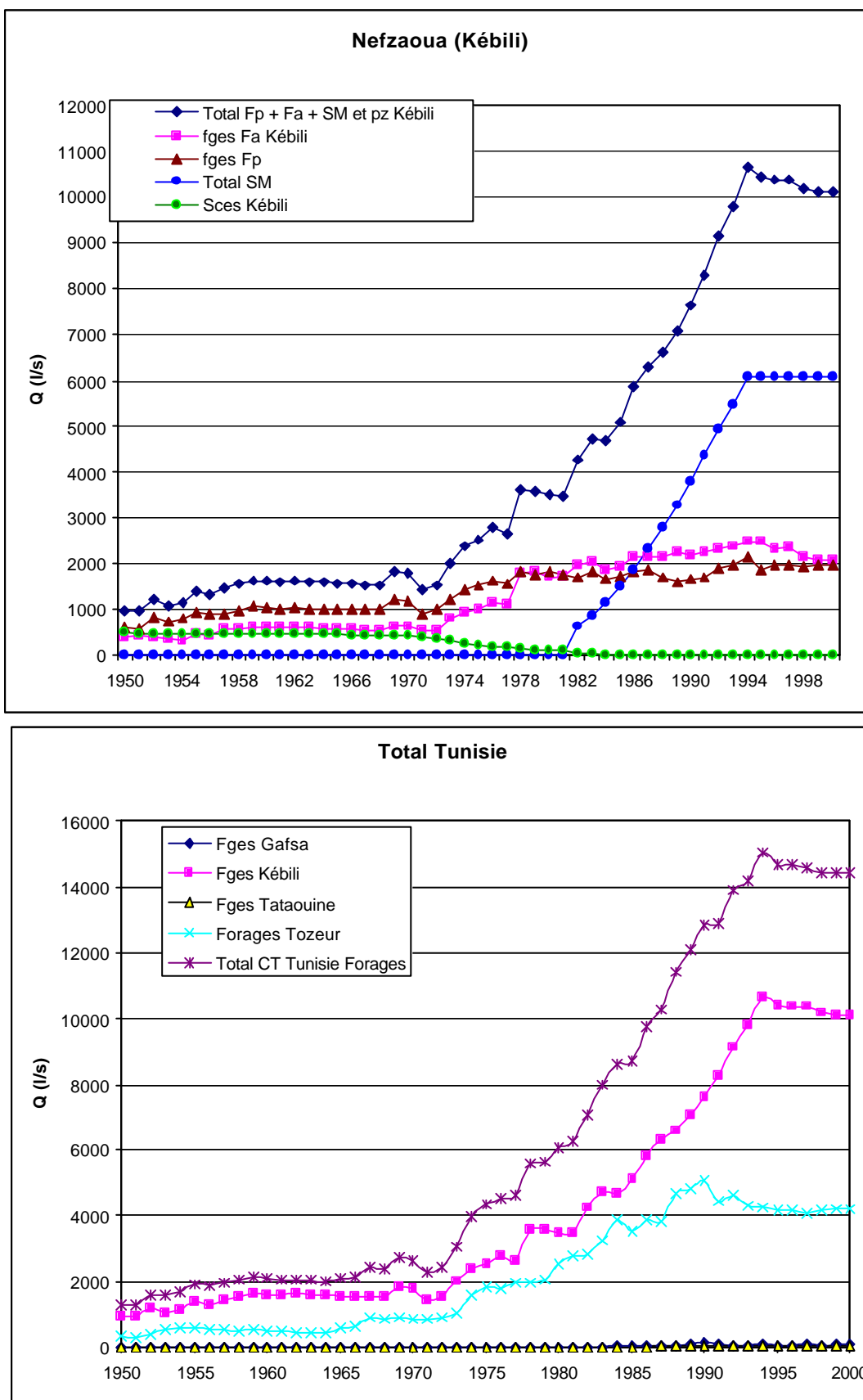
Annexe 4 Tableau 5 - Historique de la nappe du CT en Tunisie

Date	Gafsa	Kebili			Tataouine	Tozeur			Tunisie	
	Forages	Forages	Sources	Total	Forages	Forages	Sources	Total	Forages	Total Sources + Forages
1950	0.0	959.7	468.0	1427.7	0.0	321.7	1620.0	1941.7	1281.4	3369.4
1951	0.0	978.6	450.0	1428.6	0.0	298.0	1570.0	1868.0	1276.6	3296.6
1952	0.0	1198.3	445.0	1643.3	0.0	370.2	1500.0	1870.2	1568.5	3513.5
1953	0.0	1073.3	440.2	1513.5	0.0	510.7			1584.0	2024.2
1954	0.0	1125.2	445.0	1570.2	0.0	569.6	1490.0	2059.6	1694.8	3629.8
1955	0.0	1369.1	454.0	1823.1	0.0	554.6			1923.7	2377.7
1956	0.0	1307.5	452.0	1759.5	0.0	534.0			1841.5	2293.5
1957	0.0	1444.1	450.0	1894.1	0.0	512.8			1956.9	2406.9
1958	0.0	1543.5	448.0	1991.5	0.0	491.6			2035.1	2483.1
1959	0.0	1628.9	446.0	2074.9	0.0	517.7			2146.6	2592.6
1960	0.0	1599.2	444.0	2043.2	0.0	495.2			2094.4	2538.4
1961	0.0	1580.8	442.5	2023.3	0.0	474.2	1300.0	1774.2	2055.0	3797.5
1962	0.0	1602.9	439.0	2041.9	0.0	452.8			2055.7	2494.7
1963	0.0	1584.4	436.0	2020.4	0.0	448.8	1270.0	1718.8	2033.2	3739.2
1964	0.0	1566.6	433.0	1999.6	0.0	431.0			1997.6	2430.6
1965	0.0	1551.4	430.0	1981.4	0.0	560.3	1200.0	1760.3	2111.7	3741.7
1966	0.0	1535.4	427.0	1962.4	0.0	618.5			2153.9	2580.9
1967	0.0	1516.2	424.0	1940.2	0.0	917.5	1250.0	2167.5	2433.7	4107.7
1968	0.0	1521.8	421.0	1942.8	0.0	844.1			2365.9	2786.9
1969	0.0	1809.7	417.0	2226.7	0.0	909.8	1170.0	2079.8	2719.5	4306.5
1970	0.0	1784.6	412.0	2196.6	0.0	857.6	1150.0	2007.6	2642.2	4204.2
1971	0.0	1419.0	393.0	1812.0	0.0	865.0	1115.0	1980.0	2284.0	3792.0
1972	0.0	1519.0	350.0	1869.0	0.0	925.0	1115.0	2040.0	2444.0	3909.0
1973	0.0	1994.0	304.5	2298.5	0.0	1054.0	1021.0	2075.0	3048.0	4373.5
1974	0.0	2366.0	247.5	2613.5	0.0	1586.0	999.0	2585.0	3952.0	5198.5
1975	0.0	2523.0	201.5	2724.5	0.0	1820.0	914.0	2734.0	4343.0	5458.5
1976	0.0	2768.0	174.5	2942.5	0.0	1788.0	847.0	2635.0	4556.0	5577.5
1977	0.0	2644.0	156.0	2800.0	0.0	1972.0	759.0	2731.0	4616.0	5531.0
1978	0.0	3598.0	131.0	3729.0	0.0	1969.0	758.0	2727.0	5567.0	6456.0
1979	0.0	3573.0	117.0	3690.0	0.0	2072.0	615.0	2687.0	5645.0	6377.0
1980	0.0	3506.0	106.0	3612.0	0.0	2549.0	574.0	3123.0	6055.0	6735.0
1981	0.0	3466.0	93.0	3559.0	5.1	2776.0	497.0	3273.0	6247.1	6837.1
1982	0.0	4262.3	30.6	4292.9	4.8	2811.2	345.1	3156.4	7078.3	7454.0
1983	7.3	4715.3	20.2	4735.5	4.8	3227.9	293.7	3521.6	7955.3	8269.2
1984	64.8	4669.1	11.3	4680.4	4.8	3872.6	273.4	4146.0	8611.4	8896.0
1985	65.0	5093.0	11.7	5104.7	4.1	3533.9	237.9	3771.8	8696.0	8945.6
1986	43.4	5835.2	6.6	5841.8	3.8	3847.0	238.8	4085.8	9729.4	9974.8
1987	68.8	6296.3	5.6	6301.9	48.8	3832.3			10246.2	10251.8
1988	59.1	6605.4	11.8	6617.2	48.6	4699.9	23.0	4722.9	11413.0	11447.9
1989	109.2	7085.2	10.0	7095.2	48.3	4825.8	0.0	4825.8	12068.6	12078.6
1990	150.9	7616.3	8.8	7625.1	48.3	5051.8	0.0	5051.8	12867.3	12876.1
1991	99.6	8283.7	8.5	8292.3	48.2	4455.9	0.0	4455.9	12887.4	12895.9
1992	65.8	9129.6	7.5	9137.1	47.8	4637.8	0.0	4637.8	13881.0	13888.6
1993	25.9	9800.5	7.5	9808.1	47.8	4293.9	0.0	4293.9	14168.3	14175.8
1994	81.5	10666.3	7.5	10673.9	48.0	4233.4	0.0	4233.4	15029.2	15036.7
1995	54.9	10435.6	6.7	10442.3	48.0	4134.1	0.0	4134.1	14672.5	14679.2
1996	57.1	10377.2	6.0	10383.2	48.0	4163.4	0.0	4163.4	14645.7	14651.7
1997	87.3	10384.3	5.2	10389.5	48.1	4037.9	0.0	4037.9	14557.7	14562.8
1998	33.8	10168.3	4.3	10172.6	48.0	4160.9	0.0	4160.9	14411.0	14415.4
1999	88.2	10099.5	6.0	10105.5	48.0	4190.6	0.0	4190.6	14426.4	14432.4
2000	88.2	10099.5	6.0	10105.5	48.0	4190.6	0.0	4190.6	14426.4	14432.4

Annexe 4 Tableau 6 - Historique de l'exploitation du CT en Tunisie (graphiques)



Annexe 4 Tableau 7 - Historique de l'exploitation du CT en Tunisie (graphiques - suite)



Annexe 5

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS
DANS LE BASSIN SAHARIEN
LIBYEN

Historique des prélèvements dans le bassin saharien libyen

Seuls les forages alimentant les conduites de la Grande Rivière sont équipés de compteurs et sont régulièrement suivis. Les nombreux forages réalisés dans le bassin oriental saharien en Libye pour l'AEP et principalement pour l'irrigation ne font pas l'objet d'un suivi des prélèvements. Ce n'est qu'à l'occasion de grandes études de synthèse qu'un inventaire exhaustif a été accompli, permettant d'estimer, avec une approximation raisonnable, les débits prélevés. Les études réalisées par GEFLI dans les années 70 (GEFLI, 1976, GEFLI, 1978) constituent en fait les seuls points de repère sérieux pour l'établissement de l'historique des prélèvements. Malheureusement, ces études se placent à une époque correspondant au tout début de l'exploitation des nappes profondes et bien avant le démarrage de l'irrigation privée qui n'a véritablement commencé dans le bassin saharien que dans les années 90.

Les estimations fournies dans le présent rapport résultent de la combinaison d'informations et de données d'origine diverses et en particulier :

- Inventaires fragmentaires des techniciens du GWA malheureusement sans mesures directes de débit
- Superficie irriguée et estimation des besoins en eau selon les cultures
- Nombre de contrats de fourniture d'électricité et enquêtes rapides pour évaluer la superficie moyenne des fermes et le type d'assolement pratiqué

Les incertitudes qui pèsent sur chacun des paramètres utilisés pour établir les historiques de prélèvement expliquent les changements apportés aux estimations successives, en fonction des nouvelles informations acquises.

Etant donnée donc l'impossibilité d'affecter un débit à chaque forages d'exploitation, il a été jugé préférable d'affecter les débits de prélèvements estimés à des centres de prélèvements situés approximativement aux centres de gravité des zones de prélèvements déterminées à l'aide de GPS. La distribution des centres de prélèvements a été choisie en tenant compte des dimensions des mailles du modèle (12.5 x 12.5 km). Les tableaux d'historique fournis par zone dans ce rapport indiquent les débits d'exploitation à affecter à chaque centre de prélèvement. Les coordonnées des centres de prélèvement sont fournis en annexe.

Les historiques de prélèvement ont été établis séparément par grandes zones aux caractéristiques géologiques et géomorphologiques homogènes :

- La zone côtière de Al Khums à Tawurgha, dominée par une grande source, Ayn Tawurgha et la présence d'une nappe Mio-Plio-Quaternaire principalement utilisée par l'agriculture privée et d'une nappe Crétacée exploitée pour l'irrigation de projets agricoles
- Le bassin du Wadi Sufajjin dont les vallées irrégulièrement arrosées par des crues, ont été équipées de forages profonds permettant l'irrigation de quelques périmètres
- Le flanc sud du Jabal Nefusa où les forages atteignant généralement le Crétacé inférieur servent à alimenter les nombreuses petites villes
- Le flanc oriental de la Hamadah al Hamra où des forages très profonds dont certains atteignent 2000m ont été réalisés pour l'irrigation de périmètres localisés dans des vallées provenant de la Hamadah
- Le flanc occidental de la Hamadah al Hamra caractérisé par la présence de quelques oasis traditionnelles dont Ghadamis

- La zone d'Al Jufrah qui bénéficie d'une nappe artésienne peu profonde à l'ouest du graben de Hun sur laquelle s'est concentrée l'exploitation des eaux souterraines pour l'irrigation et pour l'AEP

1. Zone côtière de Al Khums à Tawurgha.

Dans cette zone, plusieurs projets agricoles ont été mis en place à la fin des années 70, à l'emplacement d'anciens projets (Dafniyah, Tuminah, Kararim). A l'origine, l'eau utilisée pour l'agriculture provenait de forages artésiens captant l'aquifère profond du Crétacé supérieur. L'artésianisme a pratiquement disparu à Dafniyah et Tuminah dans les années 60 et 70. Par la suite 25 nouveaux forages profonds (450 à 500m) captant également les formations aquifères du Crétacé supérieur ont été forés à Dafniyah, 31 forages à Tuminah et 9 forages à Kararim dans le cadre de la réhabilitation de ces projets. Depuis lors, la plus grande partie des forages ont été abandonnés soit par suite d'une rupture de la pompe soit par excès de salinité de l'eau (1700 to 5000 mg/l, approx. 3000 mg/l en moyenne). Actuellement, seuls 29 forages fonctionnent encore sur les 65 qui avaient été réalisés dans les années 70.

Dans la vallée de Wadi Kaam, l'eau provenant de la source Kaam, ajoutée à l'eau provenant de 15 forages réalisés en amont de la source, a été utilisée pour l'irrigation de deux projets agricoles de 1362 ha. En fait actuellement l'eau de la source est obtenue par 4 pompes introduites dans l'émergence et fournissant environ 8 Mm³/an et le débit naturel de la source est considéré comme nul.

La source Tawurgha par contre, continue à fournir un débit important qui a relativement peu varié au cours des 50 dernières années malgré les prélèvements effectués dans toutes les nappes présentes dans la zone et ayant probablement une liaison avec la source. Dans les années 80, 9 forages artésiens captant la nappe du Cambro-Ordovicien ont été réalisés à proximité de la source, dont 8 sont utilisés pour alimenter la ville de Misratah. Depuis 1998 cependant la plus grande partie de l'AEP de Misratah est fournie par la Grande Rivière tandis que les forages de Tawurgha sont réduits à un rôle de régulation.

Parallèlement au développement agricole dans le cadre de projets financés par l'état, une agriculture privée utilisant à l'origine l'eau de puits puis graduellement l'eau de forages captant la nappe supérieure mio-pliocène s'est mise en place à un rythme accéléré au cours de la dernière décennie. L'irrigation privée s'est principalement étendue dans les vallées situées au sud de Zliten et dans toute la zone d'As Sikt au sud-ouest de Misratah

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS DE LA ZONE COTIERE DE AL KHUMS A TAWURGHA

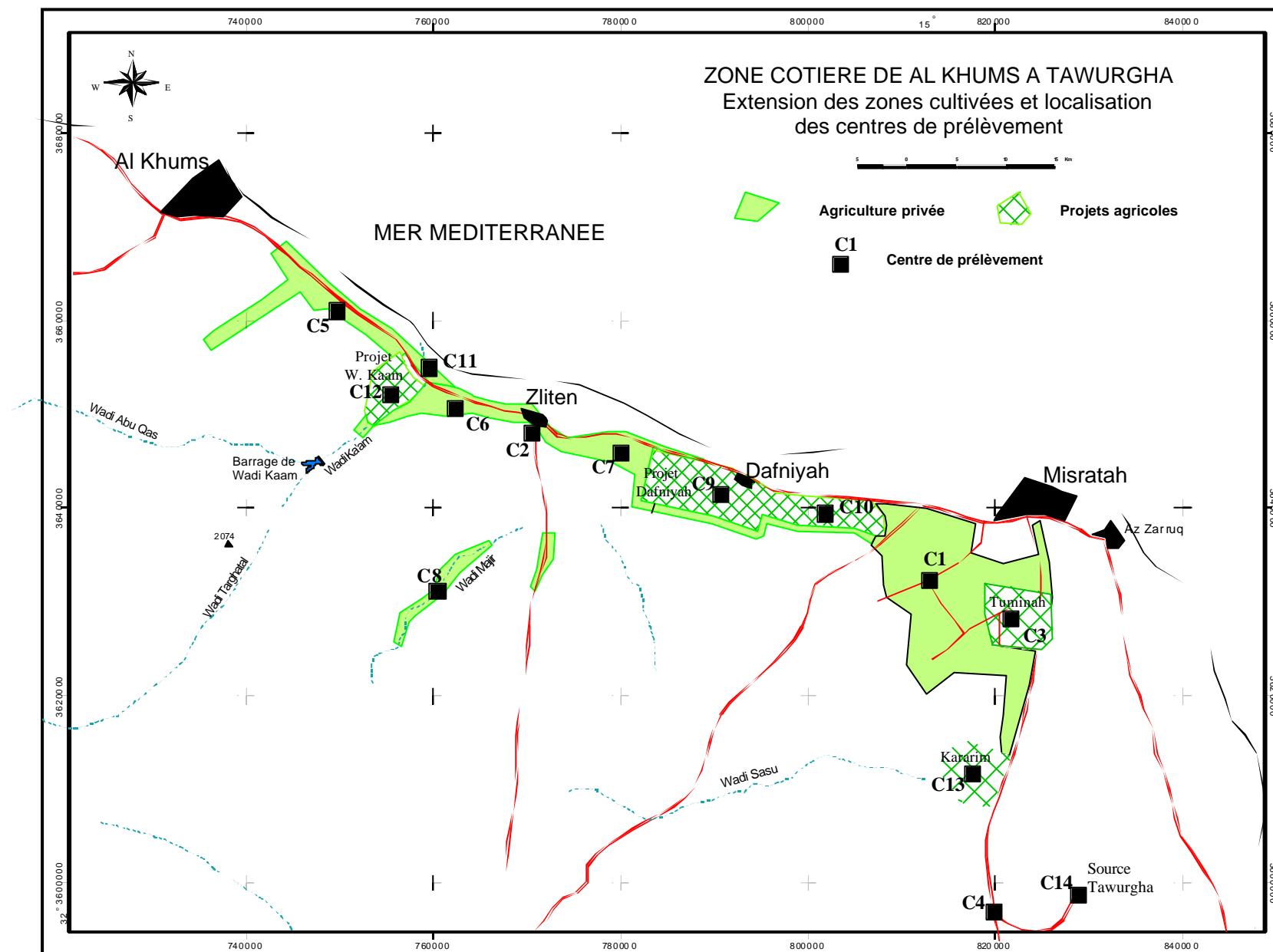
Aquifère et zone de prélèvement		Numéro du centre de prélèvement sur la carte	Prélèvement en millions de m3/an										
			1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Mio-Plio-Quaternaire													
AEP	Sikt Misratah	C1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.0	8.0	4.0	1.0	0.0
	Zliten	C2	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.8	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0
	Tuminah	C3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
<i>Sous-total MPQ AEP</i>			0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	5.8	9.5	9.5	7.0	4.0	2.0
Agriculture privée	Kaam	C5	0.5	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0
	Zliten	C6	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	5.0
	Zliten	C7	0.5	0.5	1.0	1.0	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0
	Wadi Majir	C8	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	2.0	3.0	5.0
	Dafniyah	C9	2.5	2.5	4.5	4.5	4.5	8.0	8.0	9.0	9.0	10.0	12.0
	Dafniyah	C10	2.6	2.6	4.6	4.6	4.6	7.0	7.0	8.0	8.0	10.0	11.0
	Sikt	C1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.5	2.0	3.0	3.0	4.0	10.0
	Tuminah	C3	1.1	1.1	2.4	2.4	2.4	3.2	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0
<i>Sous-total MPQ agriculture privée</i>			7.7	7.7	14.0	14.5	16.5	24.7	25.0	30.0	35.0	42.0	55.0
Total MioPlioQuaternaire			8.2	8.2	14.5	15.0	17.3	30.5	34.5	39.5	42.0	46.0	57.0
Crétacé supérieur													
Projets agricoles	Source wadi Kaam	C11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	8.2	8.2	8.2
	Wadi Kaam project	C12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
	Dafniyah	C9	1.3	0.9	0.5	0.3	0.0	0.0	5.0	5.0	4.0	2.0	0.5
	Dafniyah	C10	1.3	0.9	0.5	0.3	0.0	0.0	5.0	5.0	4.0	2.0	0.5
	Tummina	C3	17.0	10.0	9.9	8.2	2.7	4.4	12.6	13.0	13.0	12.0	11.5
	Kararim	C13	2.1	1.3	1.2	0.4	0.1	0.0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
<i>Sous-total Projets</i>			21.7	13.1	12.1	9.2	2.8	4.4	36.5	45.1	43.1	38.1	34.6
AEP	Tawurgha pour AEP Misratah	C4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.0	0.0
	Zliten	C2	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.0	2.0	2.0	3.0	3.0
	Tuminah	C3	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0
	Kararim	C13	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Sous-total AEP Ks</i>			1.5	1.5	1.7	1.7	2.4	4.9	5.0	6.0	5.0	6.0	6.0
Total Crétacé supérieur			23.2	14.6	13.8	10.9	5.2	9.3	41.5	51.1	48.1	44.1	40.6
Crétacé inférieur - Paléozoïque													
Forages Tawurgha pour AEP Misratah		C14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	20.0	12.0	6.0
Total Crétacé Inférieur-Paléozoïque			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	20.0	12.0	6.0
TOTAL zone			31.4	22.8	28.3	25.9	22.5	39.8	76.0	115.6	110.1	102.1	103.6

Source Kaam													
	Crétacé Supérieur		16	16	15	15	14	14	12	4	2	0	0
Total débit de la source			16	16	15	15	14	14	12	4	2	0	0

Note sur la source Kaam: Depuis quelques années 4 pompes de 300 m3/hr ont été installées dans l'urgence. La source fonctionne donc maintenant comme un forage et est comptée comme un prélèvement du Crétacé supérieur. Actuellement le débit naturel de la source est nul

Source Tawurgha													
	Crétacé Supérieur	C14	23	23	23	23	23	22	22	20	20	19	18
	Crétacé Inf. - Paléozoïque	C14	43	41	41	40	40	40	40	37	37	37	38
Total débit de la source			66	64	64	63	63	62	62	57	57	56	56

Note sur le débit de la source Tawurgha: Plusieurs mesures de débit ont été réalisées entre 1972 et 1977. La moyenne des débits mesurés était de 1,966 m3/s (62 Mm3/an). En février 2001, une mesure de débit a fourni une valeur moyenne sur plusieurs jours de 55.9 Mm3/an. Un rapport de 1977 par le GWA (auteurs: Pallas et Bufila) suggérait que des 62 Mm3/an mesurés à l'époque, 22 proviendraient de l'alimentation actuelle dans le bassin de l'oued Sufajjin, essentiellement dans les formations du Crétacé supérieur et 40 viendraient des nappes profondes Kiklah et Paléozoïque. Cette répartition des origines de l'eau a été conservée dans l'historique. Les valeurs antérieures à 1970 ont été extrapolées



2. Bassin du Wadi Sufajjin

Dans les vallées affluentes du wadi Sufajjin, 46 forages profonds captant la nappe de Kiklah ont été réalisés à la fin des années 70 et au début des années 80 et ont donné naissance à des périmètres irrigués représentant un total approximatif de 3500 ha. Cependant par suite de la baisse de l'artésianisme, de problèmes de corrosion au niveau des têtes de forage lorsqu'ils étaient jaillissants et de difficultés pour entretenir les pompes, les débits d'exploitation ont continuellement baissé depuis la mise en service des forages. Afin de remédier à l'insuffisance des débits des forages profonds, les fermiers ont progressivement réalisé des forages de 100 à 150m de profondeur, captant le Crétacé supérieur (Mizdah).

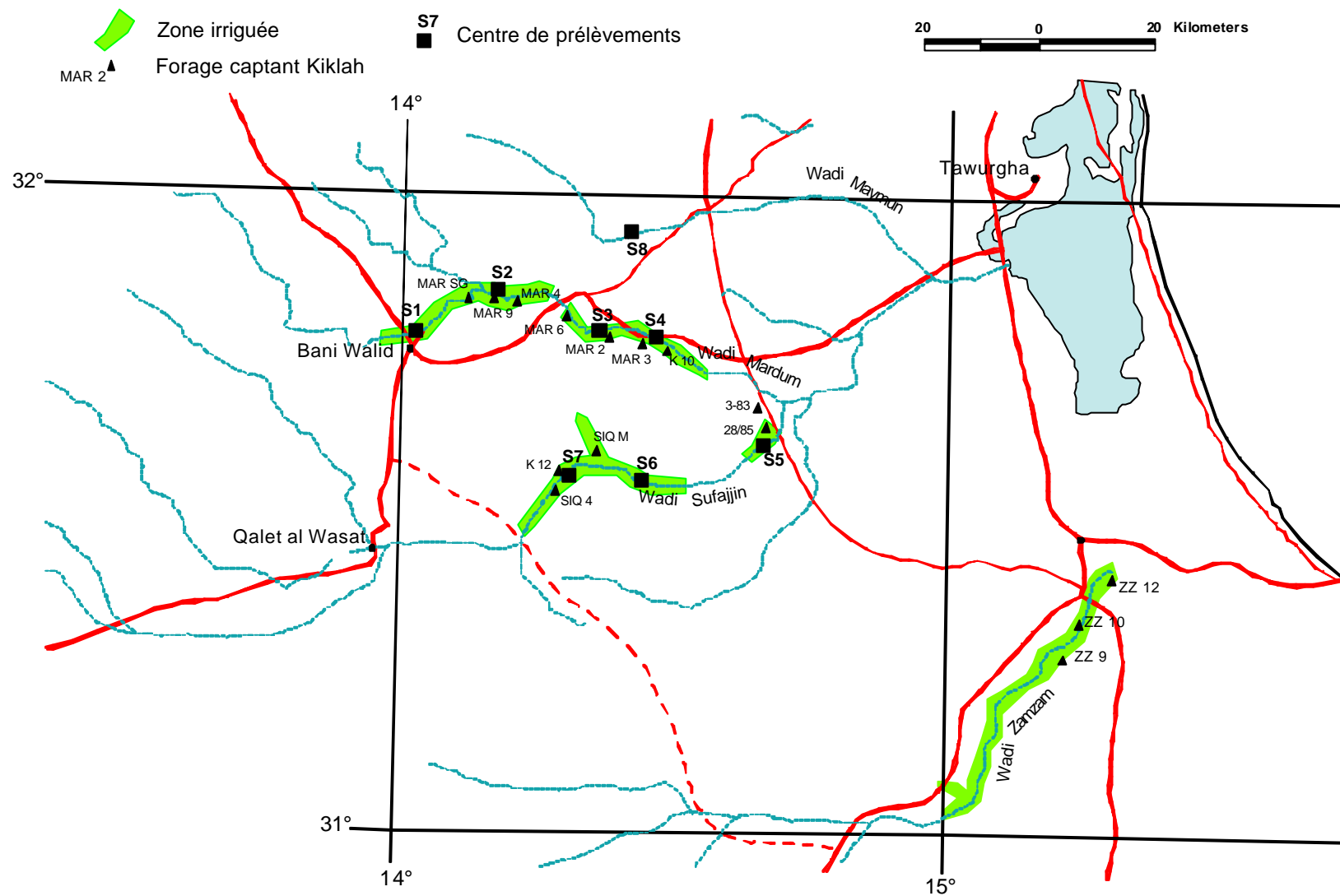
Parallèlement à l'utilisation agricole de l'eau, deux villes de la zone (Mizdah et Bani Walid) ont été équipées d'adductions alimentées par des forages au Kiklah.

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS DANS LE BASSIN DE L'OUED SUFAJJIN

Aquifère et zone de prélèvement		Numéro du centre de prélèvement sur la carte	Prélèvement en millions de m3/an										
			1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2,000
Crétacé supérieur													
Agriculture privée	Wadi Mardum	S3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
		S4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
	Wadi Mardum - Bani Walid	S1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3
		S2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3
	Wadi Sufajjin	S5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		S6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
		S7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Total prélèvements Crétacé supérieur			0	0	0	0	0	1	1	2	5	10	15
Crétacé inférieur (Kiklah)													
AEP Bani Walid		S1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3
AEP Mizda		S9	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3
Projets agricoles	Wadi Maymun	S8	0	0	0	0	0	0	0	10	9	5	0
	Wadi Mardum	S3	0	0	0	0	0	0	0	6	5	4	2
		S4	0	0	0	0	0	0	0	6	5	4	2
	Wadi Suffajjin	S5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2
		S6	0	0	0	0	0	0	0	11	8	5	2
		S7	0	0	0	0	0	0	0	12	9	5	3
	Wadi Mardum-Bani Walid	S1	0	0	0	0	0	0	0	8	7	6	5
		S2	0	0	0	0	0	0	0	8	7	6	4
Total prélèvements Crétacé inférieur			0	0	0	0	0	0	0	65	57	43	26
Total zone			0	0	0	0	0	1	1	67	62	53	41

WADI SUFAJJIN - WADI MARDUM

Zones irriguées



3. Flanc sud du Jabal Nefusa

Le flanc sud du Jabal Nafusa est peuplé de petites villes qui ont été progressivement équipées d'adductions alimentées par des forages captant généralement le Kiklah. Le tableau suivant montre le débits estimés des forages d'AEP alimentant les principales agglomérations de la zone.

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS SUR LE FLANC SUD DU JABAL NEFUSA

HISTORIQUE DES PRÉLÈVEMENTS SUR LE YARAK GUD DU GABAE NEF-GAR													
Aquifère et zone de prélèvement		Numéro du centre de prélèvement sur la carte	Prélèvement en millions de m3/an										
			1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Crétacé inférieur (Kiklah)													
	Nalut		0.0	0.0	0.0	0.0		0.9	6.4	8.3	9.2	9.2	10.0
	Gharyan		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	1.1	1.2	1.2
	Yafrin		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.5	0.5	0.5
	Zintan		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	2.5	2.5	2.5	2.5
	Jadu		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.9	1.5	1.5	1.5
Total prélèvements Kiklah			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	9.3	13.0	14.8	14.9	15.7

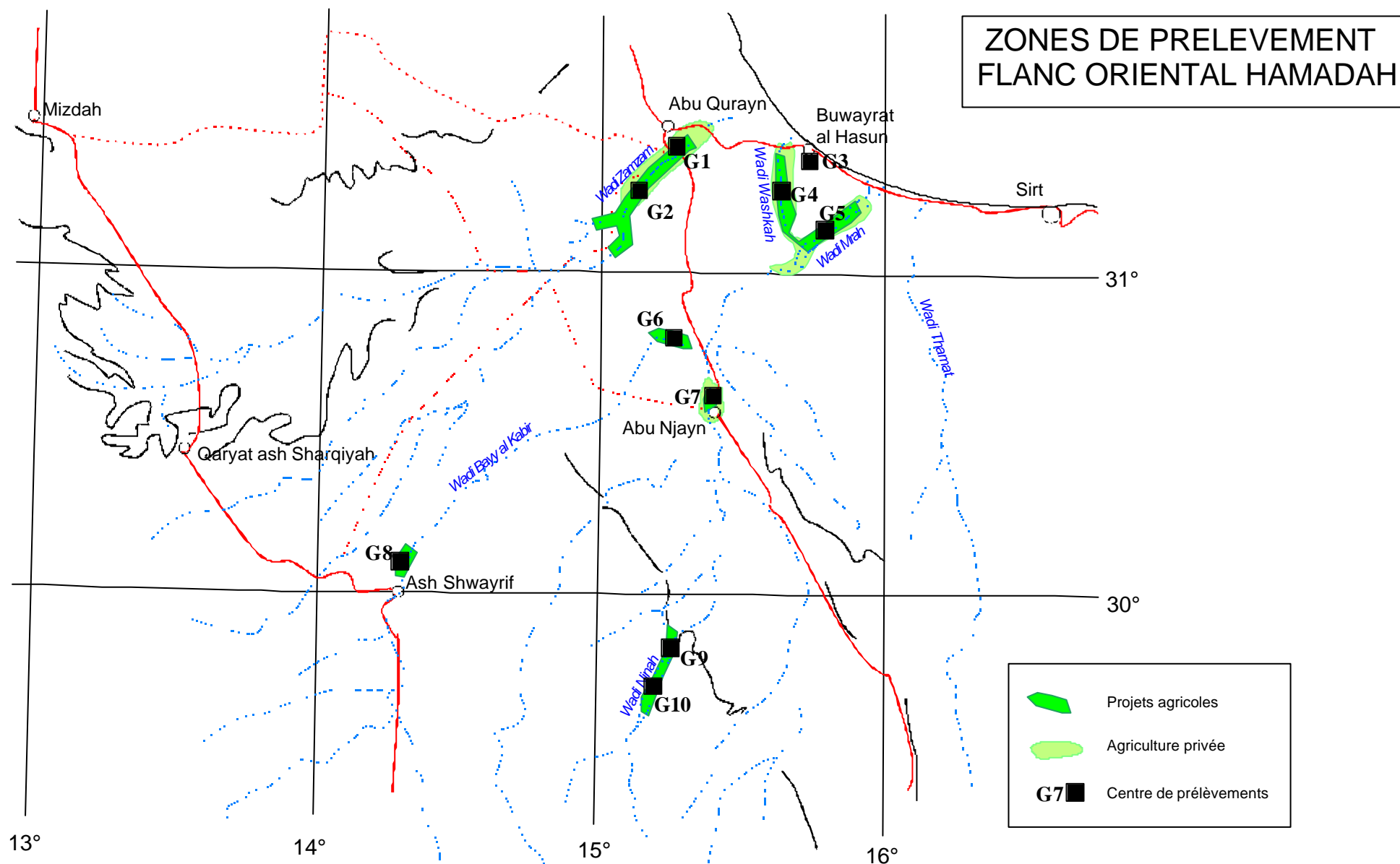
4. Flanc oriental de la Hamadah al Hamra

Le flanc oriental de la Hamadah est sillonné par un réseau hydrographique qui ne fonctionne plus que très exceptionnellement. Le fond de ces vallées rempli d'alluvions a été le siège d'un développement agricole reposant sur des forages profonds captant le Crétacé inférieur et parfois même le Paléozoïque, réalisés à la fin des années 70 et au début des années 80. Ces forages dont la profondeur dépasse parfois 2000m fournissent une eau chaude dont l'utilisation agricole n'est pas toujours aisée. Des problèmes de corrosion au niveau des têtes de forages ajoutés aux complications liées à la température de l'eau ont provoqué l'abandon de nombreux forages qui coulent maintenant sans contrôle.

Comme dans le bassin du Sufajjin, les fermiers ont progressivement entrepris de capter la nappe superficielle de l'Eocène supérieur à l'aide de forages de 100 à 120m de profondeur équipés de pompes. Les données concernant les forages privés sont très fragmentaires et les estimations de prélèvement reposent uniquement sur un nombre de fermes (environ 400 à Wadi Zamzam et une centaine à Wadi Wishkah-Wadi Mrah), et sur une estimation des superficies unitaires et des besoins en eau. La seule information incontestable concerne l'augmentation extrêmement rapide du nombre de fermes privées principalement à Wadi Zamzam et Wadi Wishkah.

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS SUR LE FLANC ORIENTAL DE LA HAMADAH AL HAMRA

Aquifère et zone de prélèvement		Numéro du centre de prélèvement sur la carte	Prélèvement en millions de m3/an										
			1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2,000
Eocène supérieur													
	Wadi Zamzam	G1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0	4.0
		G2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	2.0	4.0
	Wadi Mrah-Wadi Whishkah	G4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0
		G5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0
Total prélèvements Eocène sup.			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	6.0	12.0
Crétacé inférieur (Kiklah)													
	Abu Qurayn	G1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5
	Buwayrat al Hasun	G3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5
	Wadi Zamzam	G1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	6.0	12.5	12.5	10.0	7.5
		G2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	6.0	12.5	12.5	10.0	7.5
	Wadi Mrah - Washkah	G4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.5	9.0	7.5	5.0	3.0
		G5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		7.5	9.0	7.5	5.0	3.0
	Wadi Bayy el Kebir	G6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	6.0	5.0	5.0	5.0
	Ash Shwayrif	G8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	1.6	1.6	1.0	0.0
	Abu Njaym	G7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	3.0	2.0	2.0
Total prélèvements Crétacé inf.			0	0	0	0	0	15	36.6	54	50.2	39	29
Crétacé inférieur (Kiklah) - Paléozoïque													
	Wadi Ninah	G9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	7.5	6.0	5.5	4.5
		G10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	7.5	6.0	5.5	5.2
Total prélèvements Crétacé inf. Paléozoïque			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	15.0	12.0	11.0	9.7
Total prélèvements zone			0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	15.0	46.6	69.0	63.2	56.0	50.7



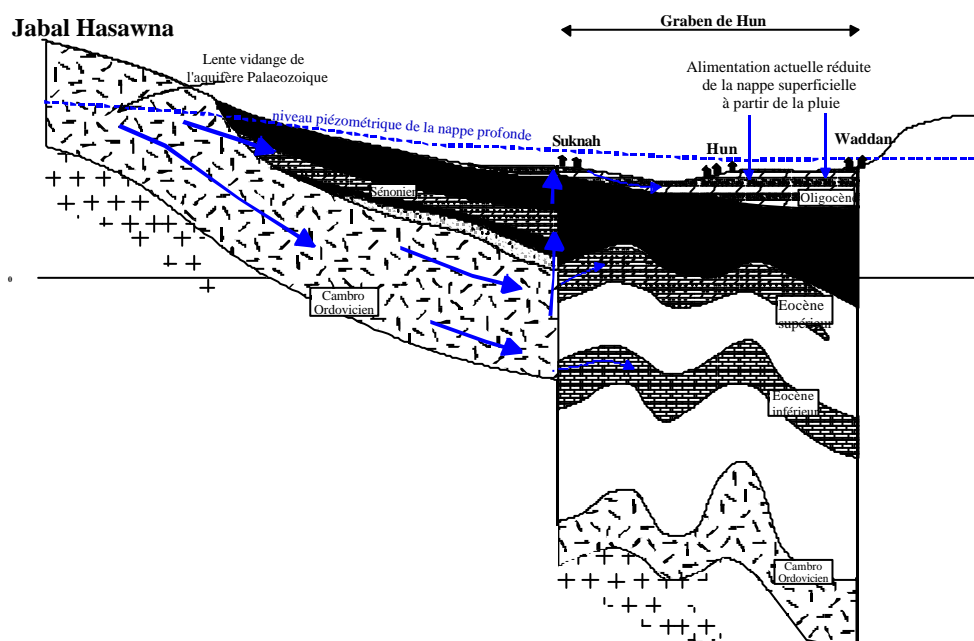
5. Flanc occidental de la Hamadah al Hamra

Trois oasis sont présentes tout à fait à l'ouest du territoire libyen, le long de la frontière tunisienne. Ghadamis est de loin la plus importante et la palmeraie était alimentée par une source qui a tari depuis de nombreuses années. L'exploitation des eaux souterraines par forages a commencé par des ouvrages captant la formation Nalut du Crétacé supérieur. Les eaux de qualité médiocre ont rapidement conduit à réaliser des forages captant le Crétacé inférieur (Kiklah) qui sont maintenant la principale source d'alimentation en eau potable et en eau d'irrigation pour la palmeraie.

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS SUR LE FLANC OCCIDENTAL DE LA HAMADAH AL HAMRA														
Aquifère et zone de prélèvement		Numéro du centre de prélèvement sur la carte	Prélèvement en millions de m3/an											
			1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	
Crétacé supérieur														
	Ghadamis													
Crétacé inférieur (Kiklah)														
	Ghadamis		0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	
	Sinawan		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.4	0.4	0.4	
	Derj		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
Total prélèvements Kiklah			0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	5.2	5.7	5.7	5.7	5.7	

6. Zone d'Al Jufrah

A l'ouest du graben de Hun, un horizon carbonaté appartenant probablement au Crétacé supérieur contient une nappe très productive qui a donné naissance à deux périmètres irrigués, Ferjan et Hammam et qui a ensuite été sollicitée pour répondre aux besoins de la zone située à l'intérieur du graben, beaucoup plus pauvre en eau de bonne qualité.



Le schéma ci-dessus montre le mécanisme d'alimentation des nappes de la zone d'Al Jufrah à partir du réservoir paléozoïque et à la faveur de la faille occidentale du graben de Hun.

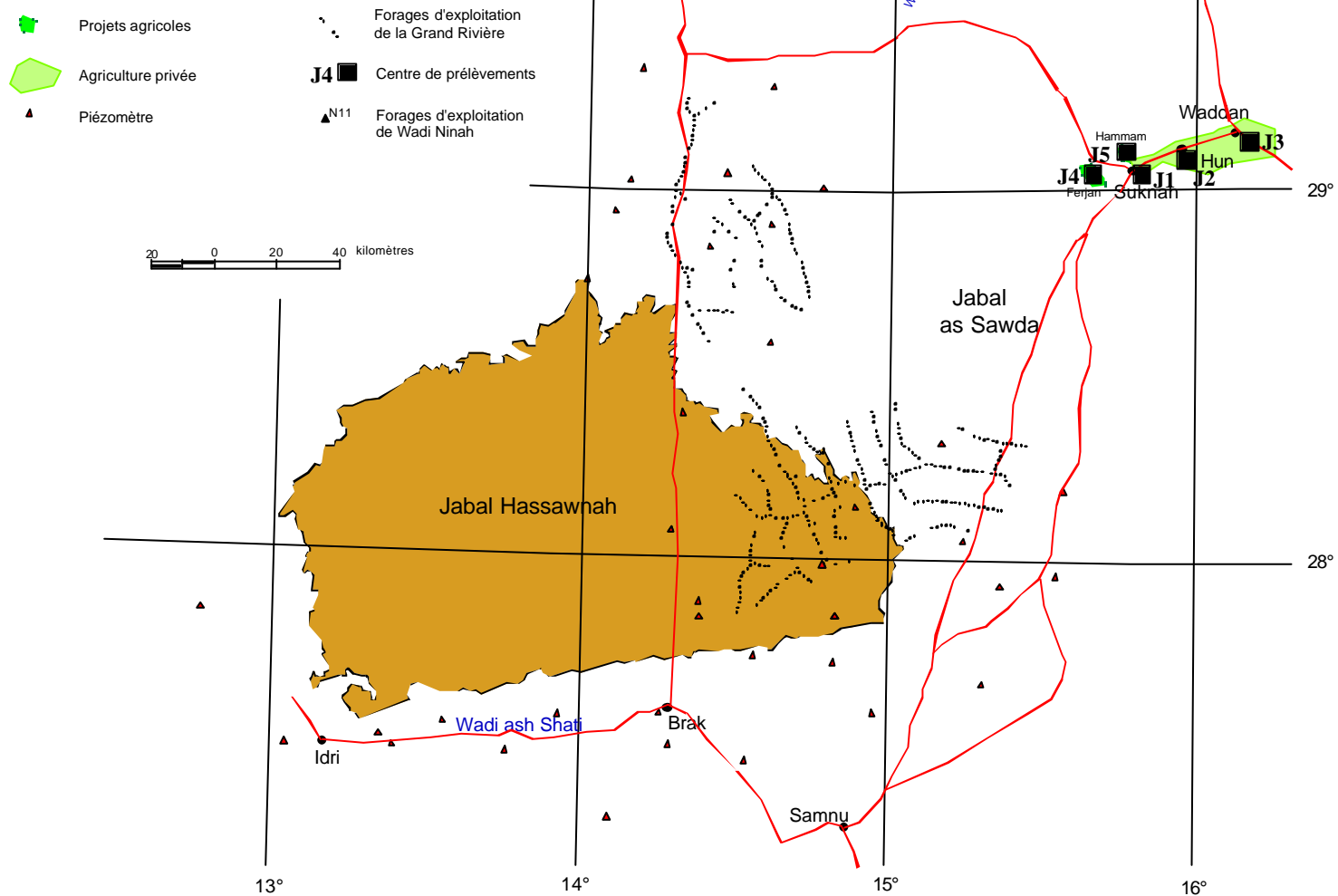
Les débits artésiens des deux projets ont fortement diminué depuis le démarrage des projets par suite de la baisse du niveau piézométrique. De plus un drainage insuffisant a entraîné des phénomènes de waterlogging, une salinisation des sols dans certaines zones et l'abandon de plusieurs fermes.

Quelques forages très profonds atteignant les horizons paléozoïques ont été réalisés dans la zone de Waddan pour compléter la fourniture d'eau à la palmeraie. Les fermes privées se sont fortement développées au cours de la dernière décennie autour des trois villes de Suknah, Hun et Waddan, mais surtout autour de Waddan. Ces fermes privées généralement consacrées à la phéniculture sont irriguées à partir de puits peu profonds captant la nappe oligocène ré alimentée par les rares précipitations et par les écoulements superficiels en provenance des massifs montagneux environnants.

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS DANS LA ZONE D'AL JUFRAH

Aquifère et zone de prélèvement		Numéro du centre de prélèvement sur la carte	Prélèvement en millions de m3/an										
			1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Oligocène													
	Fermes privées Suknah	J1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3
	Fermes privées Hun	J2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	5
	Fermes privées Waddan	J3	1	1	2	2	2	2	2	5	10	15	25
	<i>Total Oligocène</i>		2	2	3	4	4	4	4	8	15	21	32
Eocène													
	Soutien palmeraies (Minagri)-Hun	J2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
	Usine de dattes	J2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Total Eocène</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2
Crétacé supérieur (Sénonien)													
	Soutien palmeraies (Minagri)-Socna	J1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	4
	Projet Ferjan	J4	0	0	0	0	0	2	50	50	50	30	14
	Projet Hammam	J5	0	0	0	0	5	10	35	50	45	40	32
	Fermes privées Socna	J1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3
	AEP - Socna-Hun	J1	0	0	0	0	1	1	2	5	8	12	12
	AEP - Ferjan	J4	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	1
	Camp militaire	J1	0	0	0	0	0	0	1	2	4	6	6
	Institut	J1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Centrale électrique	J1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Société de construction	J1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ferme El Fatah	J1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
	Village touristique (projeté)	J1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Total Crétacé sup.</i>		0	0	0	0	6	13	90	111	114	97	73
Paléozoïque													
	Soutien palmeraies (Minagri)-Waddan	J3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	14
	<i>Total Paléozoïque</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	14
Total prélèvements zone			2	2	3	4	10	17	94	120	135	130	122

AL JUFRAH - JABAL HASSAWNAH



7. Récapitulatif

Le tableau suivant résume les historiques de prélèvement par zone et par nappe sur l'ensemble du bassin oriental saharien.

HISTORIQUE DES PRELEVEMENTS DANS LE BASSIN SAHARIEN LIBYEN

Aquifère et zone de prélèvement		Prélèvement en millions de m3/an										
		1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Aquifère supérieur (Mio-Pliocène, Oligocène, Eocène sup.)												
	Zone cotière (Al Khums-Tawurgha)	8	8	15	15	17	31	35	40	42	46	57
	Flanc oriental Hamadah al Hamra	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	12
	Al Jufrah	2	2	3	4	4	4	4	9	16	23	34
<i>Total aquifère supérieur</i>		10	10	18	19	21	35	39	49	59	75	103
Crétacé supérieur (Mizdah-Nalut)												
	Zone cotière (Al Khums-Tawurgha)	23.2	14.6	13.8	10.9	5.2	9.3	41.48	51.1	48.1	44.1	40.6
	Bassin Sufajjin	0	0	0	0	0	1	1	2	5	10	15
	Al Jufrah	0	0	0	0	6	13	90	111	114	97	73
	Ghadamis											
<i>Total Crétacé sup.</i>		23	15	14	11	11	23	132	164	167	151	129
Crétacé inférieur (Kiklah)												
	Bassin Sufajjin	0	0	0	0	0	0	0	65	57	43	26
	Flanc oriental Hamadah al Hamra	0	0	0	0	0	15	37	54	50	39	29
	Flanc sud du Jabal Nefusa	0	0	0	0	0	1	9	13	15	15	16
	Ghadamis	0	0	0	0	0	0	5	6	6	6	6
<i>Total Crétacé inf..</i>		0	0	0	0	0	16	51	138	128	103	76
Crétacé inférieur (Kiklah) - Paléozoïque												
	Zone cotière (Al Khums-Tawurgha)	0	0	0	0	0	0	0	25	20	12	6
	Al Jufrah	0	0	0	0	0	0	0	0	5	10	14
	Flanc oriental Hamadah al Hamra W. Ninah)	0	0	0	0	0	0	10	15	12	11	10
<i>Total Crétacé inférieur-Paléozoïque</i>		0	0	0	0	0	0	10	40	37	33	30
Prélèvements totaux dans le bassin saharien libyen		33	25	31	30	33	74	232	390	392	362	339
Source Kaam												
	Crétacé Supérieur	16	16	15	15	14	14	12	4	2	0	0
<i>Débit total de la source</i>		16	16	15	15	14	14	12	4	2	0	0
Source Tawurgha												
	Crétacé Supérieur	23	23	23	23	23	22	22	20	20	19	18
	Crétacé Inf. - Paléozoïque	43	41	41	40	40	40	40	37	37	37	38
<i>Débit total de la source</i>		66	64	64	63	63	62	62	57	57	56	56

Appendice
Coordonnées des centres de prélèvements

Localité	Centre	X	Y
As Sikt - Misratah	C1	14°59'	32°19'
Zliten	C2	14°34'	32°27'
Tuminah	C3	15°04'	32°17'
Tawurgha village	C4	15°03'	32°02'
Kaam - Al Khums	C5	14°21'	32°33'
Zliten	C6	14°28'	32°28'
Zliten	C7	14°40'	32°26'
Wadi Majir	C8	14°29'	32°18'
Dafniyah	C9	14°46'	32°23'
Dafniyah	C10	14°53'	32°22'
Ayn Kaam	C11	14°27'	32°30'
Projet Wadi Kaam	C12	14°24'	32°28'
Kararim	C13	15°03'	32°08'
Ayn Tawurgha	C14	15°06'	32°01'
Bani Walid	S1	14°01'	31°47'
Wadi Mardum	S2	14°10'	31°51'
Wadi Mardum	S3	14°21'	31°47'
Wadi Mardum	S4	14°27'	31°46'
Wadi Sufajjin	S5	14°40'	31°37'
Wadi Sufajjin	S6	14°26'	31°33'
Wadi Sufajjin	S7	14°19'	31°33'
Wadi Maymun	S8	14°25'	31°57'
Wadi Zamzam	G1	15°15'	31°23'
Wadi Zamzam	G2	15°07'	31°15'
Buwayrat al Hasun	G3	15°42'	31°22'
Wadi Mrah-Wadi Wishkah	G4	15°38'	31°15'
Wadi Mrah-Wadi Wishkah	G5	15°48'	31°09'
Wadi Bay al Kabir	G6	15°15'	30°50'
Abu Njaym	G7	15°23'	30°37'
Ash Shwayrif	G8	14°18'	30°07'
Wadi Ninah	G9	15°15'	29°50'
Wadi Ninah	G10	15°11'	29°42'
Suknah	J1	15°48'	29°03'
Hun	J2	15°58'	29°05'
Waddan	J3	16°10'	29°08'
Projet Ferjan	J4	15°40'	29°02'
Projet Hammam	J5	15°47'	29°06'

Annexe 6

RABATTEMENTS

1. Rabattements dans la nappe du Complexe terminal

Annexe 6 Tableau 1 - Rabattements dans la nappe du CT en Algérie

Wilaya	Zone	Dénomination du Forage	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
El Oued	Oued Rhir - Nord	Sidi Ahmed Tidjani	H01100356	1952-95	32.14
El Oued	Oued Rhir - Nord	Chemora	H01100412	1955-91	25.70
El Oued	Souf	Guemar 1	H01100413	1957-91	15.40
El Oued	Souf	Ain Cheraga	H01100479	1963-91	10.76
El Oued	Souf	Kouinine	H01100530	1961-95	26.50
El Oued	Souf	Masri	H01100840	1969-91	23.57
El Oued	Souf	Guemar	H01100909	1957-93	12.00
El Oued	Souf	Debila N1	H01200021	1960-77	8.17
El Oued	Oued Rhir - Nord	Sidi Mestour Bis	H01200059	1984-91	25.00
El Oued	Oued Rhir - Sud	Zemlet El Kha.2 K 1	J01300009	1961-70	0.20
Ouargla	Ouargla	Daira De Touggourt F	I01100549	1978-97	8.40
Ouargla	Ouargla	F Soviet Bouroubia	J01000518	1966-97	5.46
Ouargla	Ouargla	A.El Cadi Djedida D4	J01000526	1968-97	4.94
Ouargla	Ouargla	Nouvelle Wilaya D1 F	J01000531	1970-97	3.77
Ouargla	Ouargla	Garet Chemia D1	J01000533	1970-97	4.14
Ouargla	Ouargla	F113			
Ouargla	Ouargla	A Cherif D4 F80	J01000536	1970-97	9.06
Ouargla	Ouargla	Ngoussa Recon	J01000599	1983-97	6.30
Ouargla	Ouargla	D6F50			
Ouargla	Ouargla	Ain-El-Arch Djedida	J01000809	1986-97	5.83
Ouargla	Hassi Messaoud	Puits D'eau Ns I.H.I	K01100022	1960-90	0.40
Ouargla	Hassi Messaoud	Gt M1	L01100026	1969-90	5.50
Ouargla	Hassi Messaoud	Allenda Nord N 1	L01100028	1962-90	0.50

Annexe 6 Tableau 2 - Rabattements dans la nappe du CT en Tunisie

Zone	Dénomination des groupes et des forages	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
DJERID	Groupe Gouifla - Ségui	CT - T - 50		
	Gouifla 3	18754005	1980-81	0.58
	Groupe El Hamma	CT - T - 54		
	Hamma 15	18786005	1991-92	0.80
	El Hamma Pz	20374005	1997-99	2.30
	El Hamma 4	06922005	1959-71	17.80
	El Hamma 6	08564005	1966-70	2.40
	El Hamma 9	10193005	1970-98	4.10
	El Hamma 10	12330005	1970-81	1.90
	Hamma12	16749005	1994-98	0.60
	Groupe Neflaïet - Chamsa - El Louah	CT - T - 55		
	Neflayett 1	05436005	1948-65	1.40
	Groupe Helba - Castilia	CT - T - 56		
	Castilia 1	00080005	1933-99	14
	Helba 2	05262005	1933-58	1.54
	Helba 3bis	05262025	1947-62	2.30
	Groupe Oued Koucha - El Manachi	CT - T - 57		
	Oued Koucha 1	08729005	1966-70	1.50
	Oued Coucha 3	08729035	1967-80	7.20
	Groupe Dégache	CT - T - 58		
	Degache Nord 1	10453005	1968-74	1.10
	Degache Nord 2	10453025	1969-70	0.30
	Groupe Kriz	CT - T - 60		
	Kriz 1	09340005	1967-76	-0.60
	Groupe Sabaa Biar	CT - T - 61		
	Sebaa Biar 1	09456005	1968-73	-0.80
	Sebaa Biar 2	09456025	1968-95	13.54
	Groupe Seddada	CT - T - 62		
	Sedada 2	09342005	1967-72	-0.90
	Groupe Deghoumes - Tazrarit	CT - T - 63		
	Dgoumes 3	18726005	1991-92	0.55
	Groupe Tozeur	CT - T - 64		
	Tozeur 2	19034005	1995-99	7.50
	Tozeur Gare 2	08405005	1965-80	2.10
	Pz Tozeur Gare 2	08985005	1967-73	0.40
	Tozeur Ouest 1	12319005	1969-75	1.76
	Tozeur 6	15510005	1991-92	0.75
	Groupe Ghardgaïa	CT - T - 65		
	Ghardgaya2	05660005	1950-83	2.10
	Groupe Mrah Lahouar - Moncef	CT - T - 66		
	Groupe Ibn Chabbat	CT - T - 67		
	Ibn Chabbat 4	18847005	1979-80	1.41
	Ibn Chabbat 6 Bis	19018005	1991-92	
	Ibn Chabbat 7	19033005	1991-92	
	Ibn Chabbat Pz2	20364005	1997-99	2.40
	Groupe Nefta	CT - T - 68		
	Nefta	08262005	1965-80	3.70
	Nefta 2	08262025	1965-67	0.60
	Nefta 3	08262035	1966-67	0.60
	Nefta 5	13119005	1994-99	3.00
	Nefta Sonede	17622005	1976-81	2.09
	Nefta 2bis	18766005	1995-98	4.00

Zone	Dénomination des groupes et des forages	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
NEFZAOUA	Groupe Hazoua	CT - T - 69		
	Hazoua Bm 1	19203005	1995-99	9.50
	Groupe Dhafria	CT - T - 70		
	Groupe Ouled Rhérissi - El Mélah	CT - T - 71		
	Pz Oued El Melah	20550005	1998-2000	
	Groupe Debaébcha - Fatnassa - Bechri - Ain Taourgha	CT - T - 1		
	Taourgha 3	02051035	1955-81	1.90
	Groupe Oum Soumaa 6 Zaouiet El Aness	CT - T - 2		
	Om Somâa 1	09347005	1968-90	8.74
	Oum Soumaa 2	09616005	1968-89	6.76
	Oum Soumaa 3	09964005	1969-99	20.79
	Groupe Bou Abdellah - Menchia	CT - T - 3		
	Bou Abdallah 1	09632005	1968-95	23.22
	Bou Abdallah 2	09653005	1968-200	15.70
	El Gléa 1	13529005	1971-2000	15.70
	Bou Abdallah 3	13540005	1970-2000	22.75
	Ouled Touati - Oued Zira	CT - T - 4		
	Zt.Oul.Touati	14658005	1973-2000	18.63
	Oued Zira 2	16731005	1974-2000	-0.03
	Oued Zira 3	19812005	1974-2000	7.40
	Pz Ziret Louhichi	19879005	1994-99	4.47
	Groupe Negga	CT - T - 5		
	Negga 3	05570005	1950-82	11.10
	Negga 4	09617005	1969-78	4.40
	Negga 5	16703005	1975-81	8.00
	Negga 6	18774005	1978-80	
	Piez.Negga	18780005	1978-82	7.14
	Chouchet Negga 2	19181005	1983-2000	14.50
	Groupe Toumbar	CT - T - 6		
	Toumbar 4	14018005	1972-92	15.60
	Toumbar 1	00046005	1970-75	4
	Groupe Rabta	CT - T - 7		
	Rabta 2	09654005	1968-82	5.75
	Rabta 3	14020005	1972-94	20.34
	Rabta 2 Bis	19106005	1982-85	6.70
	Groupe Mansoura - Djedida	CT - T - 8		
	Djedida	12667005	1970-81	5.10
	Mansoura 2bis	19246005	1984-2000	16.50
	Groupe Tembib	CT - T - 9		
	Tembib 2	05650005	1950-81	14.57
	Tembib 3	10195005	1969-70	1.59
	Tembib 4	14019005	1973-89	13.12
	Groupe Telemine	CT - T - 10		
	Telmine 2	05585005	1948-88	19.50
	Telmine 3	14172005	1972-94	20.00
	Groupe Kébili Nord	CT - T - 11		

Zone	Dénomination des groupes et des forages	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
	Dar Kouskouss 1	05193005	1946-89	9.30
	Kebili Sonede	14379005	1972-97	22.81
	Groupe Guettaia - Ebnes	CT - T - 12		
	Guettaya 4	14627005	1973-92	27.75
	Guettaya 5	14659005	1973-80	2.20
	Guettaya 6	16733005	1975-86	6.51
	Guettaya 7	16734005	1975-81	3.40
	Guettaya 4 Bis	18826005	1978-95	21.38
	Guettaya 7 Bis	18851005	1979-89	18.74
	Guettaya 8	18747005	1977-93	29.56
	Groupe Kébili	CT - T - 13		
	Ksar Tabeul	05755005	1951-99	23.28
	Ras El Aïn 1	06756005	1958-2000	30.76
	Pz.Chott Kebili	17611005	1976-81	-2.20
	Kebili Militaire	19209005	1984-97	52.00
	Dar El Gaied	13993005	1974-77	2.10
	Groupe Rahmat	CT - T - 14		
	Rahmat 2	05692005	1951-2000	37.02
	Rahmat 4	16700005	1975-84	9.85
	Bazma 5	16702005	1975-2000	22.60
	Groupe Scast - Chott Salhia	CT - T - 17		
	30	05713005	1949-2000	35.41999912
	Groupe Messaïd - Kelwamen	CT - T - 18		
	Messaïd 2	05956005	1952-93	30.30
	Groupe Métouria	CT - T - 24		
	El Metouria 1	06470005	1955-98	20.50
	Metouria 2	16701005	1976-92	<u>15.03</u>
	Grad 1	05754005	1951-80	7.00
	Groupe El Golaa	CT - T - 27		
	El Golaa 1	00033005	1936-2000	32
	Groupe Douz	CT - T - 28		
	Douz 2 Bis	00030025	1952-2000	32
	Douz 2	05263005	1947-93	25.95
	Douze Sonede	06999005	1959-81	5.40
	Douz 1 Bis	00030005	1978-80	0.50
	Douz 2	05263005	1947-93	25.95
	Douz Sud	14023005	1972-93	18.20
	Groupe Ghelissia – El Hassay	CT – T – 32		
	El Hsay 1	05840005	1952-70	2.07
	El Hsay 2	06800005	1970-86	8.03
	El Hsay 3	06801005	1975-86	6.97
	El Hsay 4	06815005	1976-81	1.70
	El Hsay 5	06821005	1970-86	9.38
	Groupe Tarfaïet El Kroub – Smida	CT – T – 33		
	Tarfaïet El Kroub	06522005	1955-88	16.45
	Groupe Nouil	CT – T – 35		
	Nouaïel 1	06690005	1957-80	5.95
	Groupe Zarcine	CT – T – 37		
	Zarcine 2	06906005	1959-80	9.95

Zone	Dénomination des groupes et des forages	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
	Zarcine 3	13999005	1973-97	24.12
	Groupe Darjine – Bechni	CT – T – 39		
	Bechni	18681005	1978-2000	21.02
	Groupe Ghidma	CT – T – 40		
	Guidma 1	06689005	1957-97	20.40
	Groupe El Faouar	CT – T – 41		
	El Faouar 2	05484005	1949-99	
	Groupe Sabria	CT – T – 42		
	Sabria 3	19351005	1976-91	1.10
	Groupe Chott Tibini	CT – T – 43		
	Chott Tbini	07630005	1970-87	7.72
	Redjem Maatoug	CT – T – 44		
	Rejim Maatoug 1	18678005	1977-81	1.37
	Rejim Maatoug 2	18745005	1977-87	4.86
	Rejim Maatoug 3	19101005	1983-86	0.40
	Rejim Maatoug 4	19257005	1985-97	11.38
	Rejim Maatoug 6	19384005	1986-97	16.90
	Rejim Maatoug 7	19777005	1990-2000	11.50
	Matrouha	CT – T – 45		
	Matrouha 2	19781005	1991-2000	6.20
	Groupe Ferdaous	CT – T – 46		
	Ferdaous 1	19380005	1986-97	10.65
	Groupe Es Salem	CT – T – 48		
	Essalem 1	19379005	1985-89	0.78

Annexe 6 Tableau 3 – Rabattements dans la nappe du CT en Libye

Zone	Dénomination du forage	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
Al Khums-Zliten	T4 – Pz 2046		1974-2000	4.34
Kararim	Kararim VII – Pz 2143		1977-2000	6.26
Kararim	P 17 – Pz 2144		1974-2001	5.56
Al Jufrah (Ferjan)	J 6A		1975-2000	34.19
Al Jufrah (Ferjan)	J 6B		1975-2001	39.18
Al Jufrah (Ferjan)	J 7-10		1975-2001	37.87
Al Jufrah (Ferjan)	J 7-18		1975-2001	36.16
Al Jufrah (Hammam)	JH 11		1975-2001	38.51
Al Jufrah (Hammam)	JH 6		1975-2000	39.07

2. Rabattements dans la nappe du Continental intercalaire

Annexe 6 Tableau 4 – Rabattements dans la nappe du CI en Algérie

Wilaya	Zone	Denomination du forage	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
Adrar	Gourrara	Aougrouit	N00400290	1970-1993	1.1
Adrar	Gourrara	Badriane	M00400290	1984-1994	13.4
Adrar	Gourrara	Bouda	N00400314	1987-1996	3.5
Adrar	Gourrara	Deldoul	N00400301	1983-1991	19.9
Adrar	Gourrara	Guerrara	N00400253	1987-1996	5.2
Adrar	Gourrara	Hassi Moussa	M00500045	1970-1982	5.3
Adrar	Gourrara	Timimoun	M00400284	1960-1996	40.1
Adrar	Gourrara	Zaouiet Sidi Abdella	N00400279	1973-1994	14.1
Adrar	Tidikelt	Aoulef	P00500032	1987-1996	5.2
Adrar	Tidikelt	In Salah (Is 101)	O00700044	1956-1991	9.3
Adrar	Tidikelt	Tit	P00600025	1959-1988	1.7
Adrar	Touat	M'guiden	M00400303	1969-1996	17.8
Adrar	Touat	Reggane 1	P00400009	1958-1988	28.0
Adrar	Touat	Sbaa F21	N00400223	1990-1996	3.0
Adrar	Touat	Zaouiet Kounta	O00400139	1960-1982	4.2
Biskra	Ouled Djelal	Foughaha Ouest	G01000541	1981-2000	66.6
Biskra	Ouled Djelal	Hassi Smara (Ain Smara)	G00900139	1983-2001	131.7
Biskra	Ouled Djelal	Ouled Djelal 3	G01000582	1974-2001	62.7
Biskra	Sidi Khaled	Sidi Khaled 3	G00900137	1956-2000	94.2
El Oued	Oued Rhir – Nord	M'rara	H01000042	1956-2000	88.0
El Oued	Oued Rhir – Nord	Tamerna	H01100408	1956-2000	77.0
Ghardaia	El Goléa	Badriane	L00700062	1950-2000	10.4
Ghardaia	El Goléa	Kef 27	L00700068	1962-1998	9.0
Ghardaia	El Goléa	Taghit Nouv 23	L00700056	1968-1998	5.4
Ghardaia	Ghardaia	Guerrera	I00900005	1950-2000	80.0
Ghardaia	Ghardaia	Oued Mehaiguene + Erg El Am	I00700019	1955-2000	18.9

Wilaya	Zone	Denomination du forage	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement en m
Ghardaia	Ghardaia	Zelfana	J00900011	1954-2000	40.3
Ghardaia	Oued Rhir – Nord	Djermna	L00700075	1972-2000	6.4
Illizi	Ghardaia	Debdeb	L01400014	1959-1992	2.0
Ouargla	Ghardaia	El Borma S4	J01400009	1970-1991	54.2
Ouargla	Ghardaia	Gassi Touil	L01100011	1962-1987	15.0
Ouargla	Ghardaia	Nezla	K01100024	1988-2000	15.6
Ouargla	Ghardaia	Sinclair	K01200001	2966-1991	88.0
Ouargla	Hassi Messaoud	H. Messaoud	MDH 115	1957-2000	46.3
Ouargla	Ouargla	El Hadeb	J01000480	1956-2000	66.1
Ouargla	Oued Rhir – Sud	Sidi Mahdi 2	I01100507	1959-2000	85.8
Ouargla	Oued Rhir – Sud	Sidi Slimane	I01100437	1962-2000	133.9

Annexe 6 Tableau 5 – Rabattements dans la nappe du CI en Tunisie

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Denomination du forage	Période	Rabattement en m
Kebili	19348005	Zaoueïet Anes (Ci 5)	1986-1999	37.20
Kebili	19400005	Kébili (Ci 10)	1986-2000	19.00
Kebili	19893005	Mansoura (Ci 13)	1992-2000	22.25
Kebili	19916005	Debebcha Ci 14	1992-2000	27.45
Kebili	20018005	Douz (Ci 18)	1998-2000	10.30
Kebili	20019005	El Faouar (Ci 19)	1993-2000	31.70
Kebili	20109005	S.Lahad (Ci 17)	1994-2000	31.70
Kebili	19140005	Mansoura (Ci 3)	1986-2000	36.40
Kebili	19412005	Menchia Ci 6	1986-2000	37.00
Kebili	19450005	Douz (Ci 12)	1986-2000	20.50
Kebili	20051005	Kébili (Ci 16)	1994-2000	6.60
Kebili	19304	Zaouiet Echchourfa (Ci	1985-2000	37.05
Kebili	19348	Zaoui Ci 5	1985-2000	45.83
Kebili	19394	Limaguess (Ci 8)	1986-2000	52.75
Djerid	19162005	Tozeur Ci 1	1984-1998	108.50
Djerid	19224005	Tozeur Ci 2	1985-2000	40.90
Djerid	19225005	Tozeur Ci3	1986-2000	20.00
Djerid	19227005	Nefta Ci2	1983-2000	129.50
Djerid	19231005	Degache Ci 3	1985-2000	18.50
Djerid	19233005	El Hamma Ci 2	1985-2000	51.50
Djerid	19260005	El Hamma C.I.1bis	1985-2000	47.50
Djerid	19396005	El Hamma Ci3	1985-2000	26.80
Djerid	19039005	Degache Ci 1	1981-1992	76.00
Djerid	20363005	Hazoua Ci	1997-2000	0.00
Djerid	19084	Nefta Ci 1	1983-2000	132.50
Djerid	19792	El Hamma Ci 4	1993-2000	23.50
Djerid	19791	Ceddada Ci	1993-2000	2.50
Djerid	19793	Tazrarit Ci	1993-2000	14.00
Chott Fedjej	05664005	Cf1	1956-1984	29.34
Chott Fedjej	05950005	Cf2	1956-1986	46.34
Chott Fedjej	18695005	Cf F1	1984-2000	39.85
Chott Fedjej	19190005	Cf 1 Bis	1983-1994	34.80
Chott Fedjej	19482005	Cf 2 Bis	1987-1996	18.30
Chott Fedjej	19175005	Cf 3bis	1983-2000	37.10
Chott Fedjej	18696005	Cf F2	1983-1993	23.45
Chott Fedjej	18697005	Cf F3	1984-1994	18.20
Chott Fedjej	18698005	Cf F8	1982-1993	33.40
Chott Fedjej	18699005	Cf 9	1983-1993	30.65
Chott Fedjej	18700005	Cf F10	1983-1993	20.10
Chott Fedjej	19484005	Behaier (Ci 9)	1986-2000	32.30
Chott Fedjej	19452005	Steftimi (Ci 7)	1986-2000	52.65
Extreme Sud	6368005	Oued Abdallah 2	1964-1987	6.20
Extreme Sud	5654005	Borj Bourguiba 1	1950-2000	7.20
Extreme Sud	SP 4 N	Stat. P Trap Sp 4 (1)	1963-2000	9.55
Extreme Sud	6511005	Lorzot	1955-2000	10.30
Extreme Sud	16736005	El Benia 2	1975-2000	0.55
Extreme Sud	18991005	Ksar Ghilane 3	1982-1991	5.30
Extreme Sud	19009005	Ksar Ghilane 3bis	1991-2000	4.24
Extreme Sud	X00700223	El Borma A1	1963-2000	41.30
Extreme Sud	X00700221	El Borma A2	1965-2000	48.00
Extreme Sud	X00700216	El Borma A4	1964-1987	29.00
Extreme Sud	EB A-5	El Borma A5	1966-2000	54.60
Extreme Sud	X00700217	El Borma A6	1971-2000	75.20
Extreme Sud	X00700222	El Borma A7	1969-2000	51.50

Zone	Numéro de classement dans la base de données	Denomination du forage	Période	Rabattement en m
Extreme Sud	00202005	El Borma A8	1973-2000	43.00
Extreme Sud	EB A-9	El Borma A9	1975-2000	40.20
Extreme Sud	EB A-10	El Borma A10	1985-2000	27.00
Extreme Sud	16726005	El-Borma 202(*)	1975-2000	40.40
Extreme Sud	18684005	El-Borma 203(*)	1975-2000	39.60
Extreme Sud	19534005	El-Borma 205(*)	1975-2000	27.70
Extreme Sud	18643005	El-Borma 207(*)	1976-2000	38.30
Extreme Sud	00209005	El Borma 208	1976-2000	40.36
Extreme Sud	00211005	El Borma 209	1979-2000	33.20
Extreme Sud	00212005	El Borma 211	1978-2000	51.20
Extreme Sud	18841005	El-Borma 212(*)	1979-2000	34.90

Annexe 6 Tableau 6 - Rabattements dans la nappe du CI en Libye

Zone	Dénomination du forage	Numéro de classement dans la base de données	Période	Rabattement
Al Khums	T22/00/26/80 - Pz 2070		1988-2000	2.5
Tawurgha	40/84 TW6 (*)		1985-2000	24.28
Wadi Sufajjin	SOF5		1978-2000	60.95
Wadi Sufajjin (Wadi Mardum)	MAR6		1979-2001	33.56
Wadi Sufajjin (Wadi Mardum)	MAR8		1982-2000	33.8
Wadi Sufajjin (Wadi Mardum)	MAR9		1982-2001	35.87
Wadi Sufajjin (Wadi Mardum)	MARSG		1979-2001	44.94
Wadi Sufajjin (Wadi Mardum)	K-10		1977-2001	34.75
Wadi Sufajjin	28.85		1991-2001	29.9
Flanc Oriental	10. 87		1977-1984	16.11
Flanc Oriental Wadi Zamzam)	T/2B/005/0/87		1987-2000	21.19
Flanc Oriental Wadi Zamzam)	ZZ 9		1975-2000	40.79
Flanc Oriental	T/2B/0061/0/77		1976-1982	6.5
Flanc Oriental (Wadi Bayy Al Kabir)	K-7		1975-2000	45.59
Flanc Oriental (Al Jufrah)	J-18 (*)		1976-1980	4.45
Ghadames	T203-80		1981-1995	12.4
Ghadames	T276-77		1977-1995	30.1
Ghadames	T277-77		1977-1997	6.47
Ghadames	T11-81		1981-1989	0.5
Ghadames	WG 22		1978-1995	11.17
Ghadames	WG9		1975-1995	1.9
Ghadames	WG10		1976-1995	6.4
Ghadames	MW-1220		1975-1995	64.35
Ghadames	MW-1219		1975-1999	6.1
Jabal Nafusah	96/76		1978-1995	2.4

(*) En fait les forages TW6 et J18 captent les grès du Cambro-Ordovicien en continuité avec le Crétacé inférieur très réduit dans les deux zones

Annexe 7

SALINITE DES EAUX

SALINITE DES EAUX

Annexe 7 : Tableau 1 : Salinité des eaux du Complexe terminal

1- Algérie

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	BECHAR	Forage	J00300046	KHERABEH 101 (SONATR	1970		411				Sass
A	BECHAR	Forage	K00100103	HAMAGUIR 1	1960		927				Sass
A	BISKRA	Forage	G00900140	GHAIBA	1986		1204				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000163	BLED BELKHOKHE	1953		3440				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000206	EL MAHDER A FOUGHALA	1951		2082				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000342	LIOUA N°10	1970		3018				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000437	DOUCENE MS N 81	1970		3000				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000521	FERME DRISS OMAR	1981		2335				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000530	BRANIS	1983		1124				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000532	FELIACHE	1984		3459				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000591	FERME PILOTE	1980		2470				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000593	GPMV DEBIGHI HAF	1979		2054				Sass
A	BISKRA	Forage	G01000594	MAZOUCHIA	1981		2248				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100023	A.SIDI BOUNAB à EL H	1949		2939				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100056	EL FEIDH	1970		3723				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100060	ZIRIBET EL OUED	1905		2320				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100064	KHANGA SIDI NADJI KS	1905		3169				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100068	OASIS KHANGA SIDI NA	1905		4000				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100076	RECONNAISSANCE à LIA	1970		2257				Sass

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	BISKRA	Forage	G01100099	LIANA K 3	1978		1742				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100116	OUED MAHANE MH 1	1984		2480				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100117	BENIANE	1984		855				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100118	MANSOURIA	1983		2485				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100126	ZEMOURA	1985		1396				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100129	RECONNAISSANCE N°87	1972		1865				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100132	ZENNOURA N°2	1986		1406				Sass
A	BISKRA	Forage	G01100135	ZENNOURA N°5	1987		1236				Sass
A	Debdeb	Forage	L01400008		1970			2560			Eress
A	Debdeb	Forage	L01500001		1970		4000				Eress
A	Debdeb	Forage	L01400007		1970			2670			Eress
A	El Borma	Forage	KA 102		1970		1440				Eress
A	El Borma	Forage	J01400004	EL BORMA ELB 102	1970		5500				Eress
A	El Borma	Forage	J01300013	BIR RETMA BRT 101	1970		2670				Eress
A	El Borma	Forage	J01400001	EL GUELTA GE 101	1970		1480				Eress
A	El Goléa	Forage	L00900002	EL GOLEA 2	1970		2840				Eress
A	EL OUED	Forage	I01100525	MIH OUENNSA	1984	5400					Sass
A	EL OUED	Forage	I01100526	OUED EL ALLENDIA	1984	3400					Sass
A	EL OUED	Forage	J01300014	EL HAMMAMIT 101 HT 1	1970	7330					Sass
A	Gassi Touil	Forage	L01100008	AZEL NORD ALN 1	1970	1800					Eress
A	Gassi Touil	Forage	K01100006	HASSI LAROCQUE P-C	1970	2740					Eress
A	Gassi Touil	Forage	K01100013	DRAA SBEIT DSB 601	1970	3530					Eress
A	Gassi Touil	Forage	L01000002	H1 AR6	1970	640					Eress
A	Gassi Touil	Forage	K01000004	EL AGREB H AR6	1970	630					Eress
A	Gassi Touil	Forage	K01000003	POUR SNPA AR 1	1970	800					Eress
A	Gassi Touil	Forage	K01000002	HASSI EL GASSI N2	1970	1070					Eress
A	Guerrara	Forage	I00900009	GUERRARA GA 1 SNREPA	1970		4078				Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	K01100004	FORT LALLEMAND	1970	3210					Eress

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Hassi Messaoud	Forage	K01100005		1970	2719					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	K01200006	RHOURDE BAGUEL RB 10	1970	2040					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	K01200002	LOUDJE 1 CPA LD1	1970	1900					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01300009	ZEMLET EL KHA.2 K 1	1970	1790					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01200006	SINCLAIR MPC RBN 101	1970	1940					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100019	DORBANE SD 1	1970	5950					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100006	KADDOUR BEN SALEM N1	1970	4250					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100015	MDS AH REGION H M	1970	1690					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100023	HASSI MESSAOUD OCRS	1970	2780					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100060	HASSI MESSAOUD F5 AE	1970	1980					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100010	HASSI MESSAOUD CAMP	1970	1640					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100011	HAOUD TARFA N1 OMY57	1970	2100					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100055		1970	2615					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01000468	FORAGE H1 HM OMN 53	1970	1705					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100014	MDW1 A H1	1970	1700					Eress
A	Hassi Messaoud	Forage	J01100013	HAOUD EL HAMRA	1970	2600					Eress
A	Illizi	Forage	L01400001	MESSOUDA	1970			4610			Eress
A	Illizi	Forage	L01500002	F.DE FORT SAINT 2	1970			2600			Eress
A	Illizi	Forage	K01100009	FES 1-H1	1970	2870					Eress
A	Illizi	Forage	L01200011	AZEL CPA 1	1960	761					Sass
A	Illizi	Forage	N01400002	OHANET OH 101 CREPS	1955	1286					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Illizi	Forage	N01500003	TERMINAL TL 103	1959	1577					Sass
A	Mzab	Forage	I00800023	N'KEN EL BOUISSIR	1970		1500				Eress
A	Ouargla	Forage	K00900008	ERG DJOUAD EDJ 101	1970		2600				Eress
A	Ouargla	Forage	K00900002		1970		2850				Eress
A	Ouargla	Forage	J01000903		1970	5990					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000402	S.N.REPAL	1970		4460				Eress
A	Ouargla	Forage	J01000411	SAR MEKHADMA OUARGLA	1970		2250				Eress
A	Ouargla	Forage	J01000518	F SOVIET BOUROUBIA	1970	1490					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000519	F SOVIET A.LOUISE D4	1970		1600				Eress

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Ouargla	Forage	J01000475	OL1	1970	9335					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000904		1970	3950					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000469	CARRIERE P80	1970	10450					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000169		1970	8450					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000902		1970	6230					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000901		1970	5860					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000517	OUARGLA MIS SOVIET D	1970	1700					Eress
A	Ouargla	Forage	J01000182		1970	2140					Eress
A	Ouargla	Forage	H01100898	HASSI BESSAOUD 101 B	1993	3860					Sass
A	Ouargla	Forage	I01000061	PK 100 RECONNAISSANC	1984		5400				Sass
A	Ouargla	Forage	I01000067	EL HADJIRA EL KHERAR	1986		2750				Sass
A	Ouargla	Forage	I01000089	EL KHEFIF EL HILI AH	1990		3692				Sass
A	Ouargla	Forage	I01100502	RECONNAISSANCE FR 3	1971	3492					Sass
A	Ouargla	Forage	J01100003	HASSI MESSAOUD MD 1	1956	2526					Sass
A	Ouargla	Forage	J01100056	HI ON 1	1961	4095					Sass
A	Ouargla	Forage	J01100095	BOU SETTACH BASE 101	1968	2110					Sass
A	Ouargla	Forage	J01200008	RHOURDE EI LIA REL 1	1969	1938					Sass
A	Ouargla	Forage	K01100004	FORT LALLEMAND	1958	3210					Sass
A	Ouargla	Forage	K01100008	HASSI TOUAREG TG 4 H	1961	2184					Sass
A	Ouargla	Forage	K01100021	F.L.D.I-HI SN REPAL	1966	3650					Sass
A	Ouargla	Forage	K01100022	PUITS D'EAU NS I.H.I	1960	1800					Sass
A	Ouargla	Forage	K01100046	MESDAR 101	1990	2985					Sass
A	Ouargla	Forage	K01200013	EL KTIR 601 SOPEFAL	1970	2240					Sass
A	Ouargla	Forage	K01300004	PK 92	1970	2377					Sass
A	Ouargla	Forage	L01100039	GASSI-TOUIL F5	1988	2222					Sass
A	Ouargla	Forage	L01300005	EL MERK 103 EMK 103	1993	1890					Sass
A	Ouargla	Forage	M01000003	BAGUEL 1 RL1 CPA	1959	550					Sass
A	Ouargla	Forage	M01100001	HAMRA HRI CPA	1959	3001					Sass
A	Ouargla	Forage	N01100010	PUITS DU GAID N°6	1954	1589					Sass

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Oued Rhir Nord	Forage	H01100405		1905	4300					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	H01100401	EL HAMRIA	1905					4600	Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100001	AIN MESSIF SIDI MED	1905	3300					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100015	MGUEBRA 1	1905				5180		Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100026	SIDI MOHAMED MOUSSA	1905	2700					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100070	AIN KADRA EL HAOUCH	1905	2510					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100040		1970				6200		Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100066	AIN CHATEAU HER HAOU	1970	3940					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100044	SIDI AMAR 2 (EL HAOU	1970				4200		Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100067	AIN NAGA 4	1970	2020					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100036	AIN NAGA	1970	3000					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000418	RECONNAISSANCE FR 2	1970	5250					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000459	RECONNAISSANCE FR 14	1970					4560	Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000345	F SOVIETIQUE N 34	1970	3460					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000337	STILLE 1 COMAFOR	1970	4230					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000273	CHEGGA	1970	3400					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000346	OASIS CHEGGA N 35	1970	6350	4600				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01100043	P. BERLAND GHEGGA	1970	5670					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000133	P.DUFOURG N°2 SAADA	1970		4400				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000156	AIN KRICHA OUMACHE	1970	15000					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000163	BLED BELKHOKHE	1970	10000					Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000295	SIDI HADDOUD A KERMA	1970		2100				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000354	A.KADRA MEGLOUB à ME	1970		2900				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000227	AIN BEN CHLILI N°4	1970		2500				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000207	AIN GOUSKOV CHETMA	1970		2300				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G01000101	PTS BIR BOU SOUDANE	1970		2000				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	Tolga		1970		2100				Eress
A	Oued Rhir Nord	Forage	G00900113	OULED RAHMA N°67 M S	1970		2500				Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000901		1970				8750		Eress

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000901		1970	3040					Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01100447	GUEDDICH GD1 PTS EAU	1970	2960					Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01100920		1970	7720					Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01100921		1970	6080					Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01100502	RECONNAISSANCE FR 3	1970				3450	3350	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	FR 6	Mouïer Rebah	1970				4400	4200	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01100448	TAIBET	1970					4040	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01100522	RECON S.E.S FR 13	1970					3580	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01100104	SIF EL MENADI	1970					3240	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01100367	SIF EL MENADI	1970				5150		Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	J01000007	Square Bresson	1970				7400		Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000005	SQUARE BRESSON	1970					6250	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000012		1970		3700				Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000009	EL HADJIRA 2	1970	3390	32700				Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000901		1970				8750		Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000901		1970	3040					Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	FR 1	Melah Ben Taïeb	1970				18770	6100	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000062	RECONNAISSANCE FR 5	1970					4060	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01000063	F RECONNAISSANCE FR7	1970		3900		7500	6000	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01000041	EL HAMRIA PH CFPA	1970		5200				Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	FR 8	Ahanet Tamerna	1970		4690				Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01000056	Recon S.E.S FR 9	1970		5660		7200	6500	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01000058	Recon FR 12	1970					8130	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01000057	RECONNAISSANCE FR 11	1970				4340	7400	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	H01000045	DJOUF MSELLEM	1970		5540				Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000046	ETUDE SES FR 4	1970				16000	15000	Eress
A	Oued Rhir Sud	Forage	I01000008		1970		3980				Eress
A	Souf	Forage	H01100413	GUEMAR 1	1970	3700					Eress
A	Souf	Forage	H01100022		1970	3600					Eress

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Souf	Forage	H01200032	TIKSEBT EL OUED AEP	1970	2810					Eress
A	Souf	Forage	H01200016	EL OUED	1970		2700				Eress
A	Souf	Forage	H01200021	DEBILA N1	1970	2940					Eress
A	Souf	Forage	H01200034	Z'GOUM BEHIMA SOUF	1970	3140					Eress
A	Souf	Forage	H01200015	EL KHOBNA	1970	3060	7060				Eress
A	Souf	Forage	H01100465	Ghamra	1970	3470					Eress
A	Souf	Forage	H01100410	HOBBA GUEMAR	1970	3180					Eress
A	Souf	Forage	H01200035	MAGRANE SOUF	1970	3515					Eress
A	Souf - Negrine	Forage	G01200053		1970	2700					Eress
A	Souf - Negrine	Forage	G01200052		1970	1860					Eress
A	Zelfana	Forage	J00900017	BORDJ HOBLAI SP2	1970		1280				Eress
A	Zelfana	Forage	J00800019	OUED SEB-SEB	1970		1630				Eress
A	Ouargla	Grp de forages	6		1970	2600					Eress
A	Ouargla	Grp de forages	6		1970	2800					Eress
A	Ouargla	Grp de forages	6		1970	3800					Eress
A	Ouargla	Grp de forages	7		1970	1700					Eress
A	Oued Rhir Nord	Grp de forages	29		1970		4000	4000	3300		Eress
A	Oued Rhir Nord	Grp de forages	30		1970			9220			Eress
A	Oued Rhir Nord	Grp de forages	31		1970			6000	3600		Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	8		1970				3640		Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	10		1970	4000					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	10		1970	3600	5200				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	11		1970		4500				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	12		1970		4500				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	13		1970	4800	5000				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	14		1970	5200					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	15		1970	5000					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	16		1970	5000	5400				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	17		1970	5500					Eress

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	18		1970	4200	5400				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	18		1970	5400					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	20		1970	5000					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	21		1970	9000	6600				Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	21		1970	5000					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	22		1970	7500					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	24		1970	7200					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	25		1970	4100					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	25		1970	7400					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	26		1970	4000					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	26		1970	5000					Eress
A	Oued Rhir Sud	Grp de forages	27		1970			3300	4300		Eress

2- Tunisie

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
T	Extême Sud	Forage	06897005	Daklat El Bibane	1970			2120			Eress
T	Extême Sud	Forage	06521005		1970			2480			Eress
T	Extême Sud	Forage	06722025		1970			1920			Eress
T	Extême Sud	Forage	02946005		1970			2580			Eress
T	Extême Sud	Forage	02946025		1970			2580			Eress
T	Extême Sud	Forage	13009005	Borj El-Khadra	1970			2580			Eress
T	GAFSA	Forage	19491005	Segdoud CT 3	1987		2860				Sass
T	KEBILI	Forage	P2	Djemna Est	1970		1260				Eress
T	KEBILI	Forage	18745005	Rejim Maatoug 2	1977		2000				Sass
T	KEBILI	Forage	17675005	El Faouar west	1977		1580				Sass
T	KEBILI	Forage	19379005	Essalem 1	1986		2700				Sass
T	KEBILI	Forage	20299005	Bir Hadj Brahim	1983		3400				Sass
T	KEBILI	Forage	20375005	Djebil	1996		820				Sass
T	KEBILI	Forage	13528005	Ziret Louhichi	1971		2480				Sass
T	KEBILI	Forage	18681005	Bechni	1978		2040				Sass
T	KEBILI	Forage	18755005	Dergine El Aneur	1977		1700				Sass
T	KEBILI	Forage	13996005	Zaafane 3	1972		1440				Sass
T	KEBILI	Forage	19089005	Tamezret	1983		2840				Sass
T	KEBILI	Forage	19418005	Oued Sandoug	1984		1800				Sass
T	KEBILI	Forage	19823005	Bel Habel	1989		2600				Sass
T	KEBILI	Forage	20426005	O. Zmertene	1985		1800				Sass
T	KEBILI	Forage	18845005	Oum Chiah 2	1988		2840				Sass
T	KEBILI	Forage	El Mahdeth	El Mahdeth	1982		800				Sass
T	DJERID	Forage	06090005	Hezoua	1983		2680				Sass
T	Tozeur	Forage	013351005		1970	2740					Eress
T	TOZEUR	Forage	16695005	Chouchet Zerga	1974		3000				Sass
T	TOZEUR	Forage	20418005	Bir Roumi	1999		3060				Sass

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
T	TOZEUR	Forage	18802005	El Melah	1978		2900				Sass
T	TOZEUR	Forage	14394005	El Moncef 4	1972		2280				Sass
T	TOZEUR	Forage	13116005	PK 13	1971		2200				Sass
T	TOZEUR	Forage	08729005	Oued Koucha 1	1973		2120				Sass
T	TOZEUR	Forage	14626005	Cedada 6	1974		1960				Sass
T	TOZEUR	Forage	19330005	Dhafria C.T 3	1986		3640				Sass
T	TOZEUR	Forage	20125005	El Oudia	1992		3160				Sass
T	TOZEUR	Forage	06103005	O.Shili	1953		4220				Sass
T	Kébili	Grp de forages	1		1970		1400				Eress
T	Kébili	Grp de forages	2		1970		1400				Eress
T	Kébili	Grp de forages	3		1970		1700				Eress
T	Kébili	Grp de forages	4		1970		1200				Eress
T	Kébili	Grp de forages	5		1970		2070				Eress
T	Kébili	Grp de forages	6		1970		1260				Eress
T	Kébili	Grp de forages	6		1970		900				Eress
T	Kébili	Grp de forages	7		1970		1800				Eress
T	Kébili	Grp de forages	8		1970		1800				Eress
T	Kébili	Grp de forages	9		1970		1800				Eress
T	Kébili	Grp de forages	11		1970		1300				Eress
T	Kébili	Grp de forages	12		1970		1400				Eress
T	Kébili	Grp de forages	14		1970		1760				Eress
T	Kébili	Grp de forages	15		1970		2040				Eress
T	Kébili	Grp de forages	16		1970		1900				Eress
T	Kébili	Grp de forages	17		1970		1700				Eress
T	Kébili	Grp de forages	18		1970		2100				Eress
T	Kébili	Grp de forages	18		1970		1600				Eress
T	Kébili	Grp de forages	19		1970		2200				Eress
T	Kébili	Grp de forages	19		1970		1900				Eress
T	Kébili	Grp de forages	22		1970		3300				Eress

Pays	Zone	Type d'ouvrage	Identifiant	nom	Date	MIN_Sable	MIN_Calc	MIN_TOT	NAPPE1 d'Oued Rhir	NAPPE2 d'Oued Rhir	Origine
T	Kébili	Grp de forages	23		1970		2900				Eress
T	Kébili	Grp de forages	23		1970		2500				Eress
T	Tozeur	Grp de forages	13		1970	2360	6435				Eress
T	Tozeur	Grp de forages	20		1970	3200					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	20		1970	2800					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	21		1970	2300					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	21		1970	2200					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	24		1970	2000					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	25		1970	2960					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	26		1970	3600					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	27		1970	2000					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	28		1970	2200					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	29		1970	1900					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	30		1970	4500					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	31		1970	1800					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	32		1970	1900					Eress
T	Tozeur	Grp de forages	33		1970	6380					Eress

3- Libye

PAYS	ZONE	IDENTIFIANT	NOM	DATE	RS (mg/l)	ORIGINE
L	Abu Njaim	K-7	B. Kabir	1978	1386	GEFLI 1978
L	Abu Njaim	K-8	Wadi Bay Kabir	1978	2028	GEFLI 1978
L	Majir	P21		1978	1999	GEFLI 1978
L	Ninah	K-9	Nina	1978	4024	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	K5	Bayy Al Kabir	1978	1882	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	K6	Bayy Al Kabir	1978	2024	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	K-10	Mardum	1978	2128	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	K 12		1978	1996	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	WS9		1978	2486	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	SOF2		1978	3650	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	P9		1978	1820	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	TW1		1978	1676	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	MG - I		1978	4692	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	MG2		1978	9950	GEFLI 1978
L	Tawurgha	P22		1978	1478	GEFLI 1978
L	Tawurgha	MG3		1978	2464	GEFLI 1978
L	Zamzam	ZZ 2		1978	1304	GEFLI 1978
L	Buwayrat	K4		1978	2600	GEFLI 1978
L	Abu Njaim	K-1		1978	3100	GEFLI 1978
L	Zamzam	S1		1978	2000	GEFLI 1978
L	Abu Njaim	K-2		1978	2100	GEFLI 1978
L	Zamzam	K3		1978	3600	GEFLI 1978
L	Sufajin - Mardum	P12		1978	1900	GEFLI 1978
L	Majir	W2		1978	1900	GEFLI 1978
L	Majir	P15		1978	4100	GEFLI 1978
L	Majir	P11		1978	1900	GEFLI 1978
L	Majir	P16		1978	2200	GEFLI 1978
L	Majir	T-2A		1978	4300	GEFLI 1978
L	Majir	P20		1978	3800	GEFLI 1978
L	Zamzam	A1-39		1978	1800	GEFLI 1978
L	Derj	WG8		1994	2972	Sass
L	Derj - Ghadames	WG 12		1994	2542	Sass
L	Flanc sud Dj. Nefusa	47/77		1977	1266	Sass
L	Flanc sud Dj. Nefusa	48/77		1977	1010	Sass
L	Gharian	50/77		1977	1246	Sass
L	Gharian	51/77		1977	1310	Sass
L	Gharian	52/77		1977	932	Sass
L	Jufrah	JF8	Ferjan	1975	1310	Sass
L	Jufrah	JFA	Ferjan	1975	1245	Sass
L	Jufrah	JH4	El Hammam	1972	1312	Sass
L	Majir	I		1974	3340	Sass
L	Majir	MW-2022		2000	3650	Sass
L	Majir	MW-2023		2000	2460	Sass
L	Majir	VIII		1975	4386	Sass
L	Majir	X0500019	Dafina	1974	3556	Sass

PAYS	ZONE	IDENTIFIANT	NOM	DATE	RS (mg/l)	ORIGINE
L	Majir	X0500020	Dafina	1974	4400	Sass
L	Majir	X0500023	Dafina	1974	3602	Sass
L	Majir	XI		1976	2724	Sass
L	Majir	XIV		1976	3197	Sass
L	Majir	XVIII		1975	4450	Sass
L	Sufajin - Mardum	22/87		1987	1741	Sass
L	Sufajin - Mardum	7/79		1979	1580	Sass

Annexe 7 – Tableau 2 : Salinité des eaux du Continental intercalaire

1- Algérie

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
A	Souf	H01200037	BOU AROUA BAR 1	1970	3400	ERESS
A	In Salah	DJ 103		1970	2300	ERESS
A	In Salah	O00700044	In Salah 1	1970	2600	ERESS
A	Reggane	P00400089		1970	4100	ERESS
A	Aoulef	H 69		1970	6030	ERESS
A	Adrar	O00400430	TITTAOUINE CHEURFA	1970	1600	ERESS
A	Adrar	O00400139	Zaouiet Kounta	1970	1600	ERESS
A	Adrar	X03000021	Hassi Borj Sidi Youssef	1970	1200	ERESS
A	Adrar	X03000020	Hassi Tamentit	1970	2430	ERESS
A	In Salah	O00600018		1970	1200	ERESS
A	In Salah	O00700064		1970	2370	ERESS
A	In Salah	O00700058		1970	2230	ERESS
A	In Salah	O00700056		1970	2000	ERESS
A	In Salah	X00100341	Foggaret el Arab	1970	1640	ERESS
A	In Salah	O00700055	FOGGARET EZZOUA 6	1970	1600	ERESS
A	Aoulef	O00800013		1970	1800	ERESS
A	Tademait	O00900003		1970	1700	ERESS
A	Illizi	N01400004		1970	1900	ERESS
A	Illizi	N01500003	TERMINAL TL 103	1970	1580	ERESS
A	Illizi	OT 2		1970	940	ERESS
A	Illizi	N01300004		1970	1500	ERESS
A	Illizi	N01200004	DAIET OUAN TIBOKATI	1970	760	ERESS
A	Illizi	Tfy 1		1970	540	ERESS
A	Illizi	N01200001	HASSI TABANKORT	1970	1480	ERESS
A	Illizi	M01200001	Tamendjelt	1970	1340	ERESS
A	Illizi	N01100020	Oued AMESKIKI	1970	4480	ERESS
A	Illizi	N01100021	FORT FLATTERS DHER 3	1970	1000	ERESS
A	Tademait	N00900006	BEGUIRA 1	1970	2700	ERESS
A	Timimoun	N00400007		1970	3200	ERESS
A	Timimoun	M00400005		1970	2400	ERESS
A	Timimoun	M00400112	TIMIMOUN 2	1970	2200	ERESS
A	Timimoun	P. N°1		1970	2220	ERESS
A	Timimoun	P. N°2		1970	970	ERESS
A	Timimoun	P. N°3		1970	1600	ERESS
A	Timimoun	P. N°4		1970	3800	ERESS
A	Timimoun	M00500039		1970	800	ERESS
A	Timimoun	P. N°5		1970	2140	ERESS
A	Timimoun	M00600004	KERBOUB 1 KE 1 CPA	1970	1400	ERESS
A	Timimoun	P. N°6		1970	1060	ERESS
A	Timimoun	L00600013		1970	1000	ERESS
A	Timimoun	L00600004		1970	400	ERESS
A	Timimoun	P. N°8		1970	600	ERESS
A	El Goléa	L00600011		1970	470	ERESS

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
A	El Goléa	L00700073	GARET LOUAZOUAZA 1	1970	244	ERESS
A	Illizi	M01100003	HAMRA HR 1 CPA	1970	3700	ERESS
A	Illizi	ZM 1		1970	800	ERESS
A	Illizi	M01300002	Odoumé 1b	1970	1600	ERESS
A	Illizi	M01400003	STATION DE POMPAGE 2	1970	660	ERESS
A	Illizi	M01400002	STATION 2 CEP	1970	680	ERESS
A	Illizi	L01400001	MESSOUDA	1970	5600	ERESS
A	Gassi Touil	L01100011	GT 101 GASSI TOUIL	1970	3800	ERESS
A	El Goléa	K00800016	HASSI LEGHNEM	1970	340	ERESS
A	El Goléa	Bedjiaf		1970	250	ERESS
A	El Goléa	Hi Laabib		1970	294	ERESS
A	El Goléa	L00700066	HASSI MARROKET 1	1970	325	ERESS
A	El Goléa	L00700012		1970	390	ERESS
A	El Goléa	X00100128	Hi Sebti	1970	420	ERESS
A	El Goléa	Hi Yekhan		1970	470	ERESS
A	Oued Namous	Hi Bel Kacem		1970	920	ERESS
A	Oued Namous	K00400005	Oued Namous	1970	720	ERESS
A	Oued Namous	K00400008	DJORF EL ATFAL AMGH	1970	500	ERESS
A	Oued Namous	GK 101		1970	1750	ERESS
A	Oued Namous	K00500010		1970	1640	ERESS
A	Oued Namous	K00500004		1970	640	ERESS
A	El Goléa	K00700031		1970	275	ERESS
A	Hassi Fahl	J00700013		1970	589	ERESS
A	Hassi Fahl	J00800064		1970	491	ERESS
A	Hassi Fahl	J00800001	ALBIEN HASSI FAHL 1	1970	990	ERESS
A	Hassi Fahl	J00800020	DE HASSI TOUIL	1970	1080	ERESS
A	Hassi Fahl	K00800015	HASSI GOUIRET MOUSSA	1970	545	ERESS
A	Ouargla	K00900004	DR 101	1970	2000	ERESS
A	Ouargla	K00900003		1970	2100	ERESS
A	Ouargla	J01000511	TROIS PITONS OUARGLA	1970	1761	ERESS
A	Ouargla	J01000480	EL HADEB	1970	2150	ERESS
A	Ouargla	J01000447	Ouargla 1	1970	2420	ERESS
A	Hassi Messaoud	K01200007	SINCLAIR RB 7	1970	3080	ERESS
T	El Borma	BZA 1	Bir Zobbas (BZ A1)	1970	5940	ERESS
A	El Borma	J01400003	EL BORMA WEST EBW101	1970	4600	ERESS
A	El Borma	J01400010	EL BORMA 104	1970	4200	ERESS
A	Oued Rhir Sud	I01000011	EL HADJIRA ALBIEN	1970	1300	ERESS
A	Zelfana	j00800021	NOUMERATE AERODROME	1970	1150	ERESS
A	Berriane	i00800124	HASSI R'MEL HR 102	1970	1300	ERESS
A	Oued Seggueur	j00600020		1970	359	ERESS
A	Oued Seggueur	i00600005		1970	1300	ERESS
A	Laghouat	H00700130		1970	500	ERESS
A	Laghouat	H00700193		1970	1640	ERESS
A	Laghouat	L00800111		1970	1650	ERESS
A	Laghouat	H00800049		1970	2148	ERESS
A	Guerrara	I00900007	Guettara	1970	1370	ERESS
A	Oued Rhir Sud	H01000042	M'RARA	1970	1800	ERESS
A	Oued Rhir Sud	H01100408	TAMERNA 1	1970	1910	ERESS

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
A	Oued Rhir Sud	I01100437	SIDI SLIMANE	1970	2130	ERESS
A	Oued Rhir Sud	I01100228	Tamelhat	1970	1780	ERESS
A	Oued Rhir Sud	I01100236		1970	2050	ERESS
A	Souf	H01200036	HASSI BOURAS HBS 1	1970	2300	ERESS
A	Biskra	G01000252		1970	3300	ERESS
A	Biskra	G00900109	SIDI KHALED 1	1970	2780	ERESS
A	Guerrara	I00900005	Guerrara	1970	1719	ERESS
A	Ghardaia	I00800019	Ghardaia	1970	1550	ERESS
A	Zelfana	J00900011	ZELFANA N°3	1970	1900	ERESS
A	Zelfana	J00800015	METLILI 1	1970	1580	ERESS
A	Hassi Messaoud	J01100094	Hi Messaoud	1970	1800	ERESS
A	El Goléa	L00700001	EL GOLEA N 9 GENIE	1970	290	ERESS
A	In Salah	O00700046		1970	2340	ERESS
A	In Salah	O00600022	In rhar	1970	1600	ERESS
A	Aoulef	O00500053	AOULEF LARBI	1970	2460	ERESS
A	In Salah	L00700056	TAGHIT NOUVEAU 23	1970	180	ERESS
A	El Goléa	L00700041	HASSI EL GARA	1970	250	ERESS
A	In Salah	O00700039		1970	2590	ERESS
A	In Salah	O00700045		1970	2770	ERESS
A	Zelfana	X00100504	Zelfana II	1970	1380	ERESS
A	Zelfana	J00900027	Zelfana I	1970	1660	ERESS
A	Aoulef	P00600012	TIT TADOURA N°2	1970	1100	ERESS
A	El Borma	J01400009	ELB S 4	1970	1592	ERESS
A	El Borma	J01400002	EL GUELTA GE 102	1970	5766	ERESS
A	El Borma	J01400012	EL BORMA	1970	4691	ERESS
A	El Borma	J01400013	HASSI KESKESSA 102	1970	8830	ERESS
A	Illizi	L01400009	DEBDEB I	1970	900	ERESS
A	Illizi	L01400011	DEBDEB	1970	913	ERESS

2- Tunisie

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
T	Extrême sud	08928005	El Benia (EBN A1)	1970	5600	ERESS
T	Extrême sud	X00700220	Zemlet En Nouss (ZN A1)	1970	4680	ERESS
T	Extrême sud	EBA 4	El Borma A4	1970	4520	ERESS
T	Extrême sud	X00700217	El Borma A6	1970	4320	ERESS
T	Extrême sud	ZTA 1	ZEMLET EL TAYARA A1	1970	4600	ERESS
T	Extrême sud	EZA 1	Em ZAB	1970	6200	ERESS
T	Extrême sud	ECH A 1	Ech Chouich	1970	4680	ERESS
T	Extrême sud	Sba 1	Sabria (Sba 1)	1970	3080	ERESS
T	Extrême sud	Sna		1970	2200	ERESS
T	Extrême sud	Mra		1970	1920	ERESS
T	Extrême sud	06511005	Lorzot	1970	2480	ERESS
T	Extrême sud	07000005	SP3(Trapsa)(*)	1970	1080	ERESS
T	KEBILI	05717005	KSAR GHILANE 1	1970	4940	ERESS
T	Extrême sud	DKA 1	Dekhanis	1970	3280	ERESS
T	KEBILI	05950005	CF2	1970	2680	ERESS
T	KEBILI	18684005	El-Borma 203(*)	1970	2780	ERESS
T	KEBILI	08429005	CF3	1970	2740	ERESS
T	KEBILI	08928005	El Benia	1970	2200	ERESS
T	Extrême sud	SP 4 N	SP 4 (1)	1970	5500	ERESS

3- Libye

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
L	Suffajin - Mardum	01-85	Seddada	1985	1490	SASS
L	Jufrah	18/79	wadi Tishana	1981	2200	SASS
L	Jufrah	19/79	Waddan	1982	1942	SASS
L	Jufrah	20/79	Waddan	1982	1934	SASS
L	Suffajin - Mardum	22/81	Tininay	1986	1540	SASS
L	Suffajin - Mardum	23.82	Mardum	1982	1846	SASS
L	Zlitan - Majir	27/80	Taouargha	1986	1500	SASS
L	Suffajin - Mardum	3.83	Mardum	1983	1450	SASS
L	Zlitan - Majir	36/84	Taouargha	1986	1790	SASS
L	Suffajin - Mardum	4.83	Mardum	1983	1600	SASS
L	Zlitan - Majir	41/84	Taouargha	1987	1740	SASS
L	Zlitan - Majir	42/84	Taouargha	1987	1630	SASS
L	Zlitan - Majir	43/84	Taouargha	1987	1344	SASS
L	Mizda	Azumi	Wadi Sof	1980	1527	SASS
L	Suffajin - Mardum	B-10 (35/82)	Bani walid	1983	1440	SASS
L	Suffajin - Mardum	B-5 (1/81)	Bani walid	1982	1676	SASS
L	Suffajin - Mardum	B-7 (21/81)	Bani walid	1982	1450	SASS
L	Bou Njaim	BAK-1	B. Kabir	1978	1376	SASS
L	Bou Njaim	BAK-3	B. Kabir	1977	1376	SASS
L	Suffajin - Mardum	BAK-6	B. Kabir	1977	1274	SASS
L	Jufrah	J-18	Socna	1976	1100	SASS
L	Suffajin - Mardum	K-10	Mardum	1976	1983	SASS
L	Bou Njaim	K-2	Bayy Al Kabir	1977	1582	SASS
L	Bou Njaim	K-8	Wadi Bay Kabir	1977	1612	SASS
L	Suffajin - Mardum	Mar S05	Liss Moasker	1978	1410	SASS
L	Suffajin - Mardum	Mar S07	Dafaa Zaouia	1979	1372	SASS
L	Suffajin - Mardum	MAR SG	Chabet Nasar	1979	1528	SASS
L	Suffajin - Mardum	S1Q1	Fawar al Khadem	1978	1374	SASS
L	Suffajin - Mardum	S1Q4	Fawar Asharika	1978	1467	SASS
L	Suffajin - Mardum	S1Q5E	Fawar Machtal	1978	1463	SASS
L	Ash Shwayrif	SH-1	Ash Shwayrif	1976	1209	SASS
L	Ash Shwayrif	SH-10A	Ash Shwayrif	1980	1210	SASS
L	Ash Shwayrif	SH-7A	Ash Shwayrif	1980	1244	SASS
L	Ash Shwayrif	SH-9A	Ash Shwayrif	1981	1252	SASS
L	Derj	T/1/0036/0/70	Derj WG - 9	1975	967	SASS
L	Derj	T/1/0037/0/70	Derj WG - 10	1975	1637	SASS
L	Bou Njaim	T/2A/0012/87	Bu Njim	1988	1749	SASS
L	Suffajin - Mardum	T/2B/0002/085	Seddada	1985	1270	SASS
L	Suffajin - Mardum	T/2B/0008/0/78	Wadi Mayimun	1979	4972	SASS
L	Zlitan - Majir	T/2B/0009/0/78	Wadi Mayimun	1979	2150	SASS
L	Suffajin - Mardum	T/2B/0014/0/82	Wadi Mayimun	1984	2000	SASS
L	Suffajin - Mardum	T/2B/0016/0/82	Wadi Mayimun	1984	1926	SASS
L	Suffajin - Mardum	T/2B/0031/084	Seddada	1985	1190	SASS
L	Derj	T11-81		1983	1056	SASS
L	Ghadames	T203-80		1981	894	SASS
L	Ghadames	T276-77		1995	828	SASS

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
L	Ghadames	T277-77		1994	935	SASS
L	Sinawen	T64-78		1978	1132	SASS
L	Derj	T96-76		1978	1140	SASS
L	Zlitan - Majir	VII	(VII)	1975	2370	SASS
L	Ghadames	WG 22		1994	942	SASS
L	Derj	WG 9		1995	3674	SASS
L	Derj	WG8	WG8 (1226)	1994	2972	SASS
L	Buwayrat	WH-1		1976	1646	SASS
L	Buwayrat	WH5	Washkna n° 5	1977	1728	SASS
L	Buwayrat	WH8	Washkna n° 8	1978	2480	SASS
L	Buwayrat	WH9	Washkna n° 9	1978	2360	SASS
L	Zam Zam	WS 20	Jabal Mahidid	1976	1464	SASS
L	Zam Zam	WS-2	Wadi Guarza	1976	1600	SASS
L	Ash Shwayrif	WS-6	Ash Shwayrif	1975	1250	SASS
L	Ash Shwayrif	WS-8	Shayrif	1979	908	SASS
L	Zam Zam	ZZ 10	Fawar chaabya 10	1975	1366	SASS
L	Zam Zam	ZZ 12	Guadahya	1975	1555	SASS
L	Zam Zam	ZZ 15	Fawar Ryadh stat	1976	1414	SASS
L	Zam Zam	ZZ 7	Fawar Um Al Hama	1975	1510	SASS
L	Zam Zam	ZZ 7 A	Fawar Hawach	1976	1474	SASS
L	Zam Zam	ZZ 8	Fawar Dafa Um Al	1975	1544	SASS
L	Jebel Nefusa	T126-81		1981	1114	SASS
L	Jebel Nefusa	50/77		1977	1246	SASS
L	Jebel Nefusa	51/77		1977	1310	SASS
L	Jebel Nefusa	52/77		1977	932	SASS
L	Mizda	130/77		1977	1380	SASS
L	Jebel Nefusa	T22-76		1976	1588	SASS
L	Jebel Nefusa	T39-78		1978	1480	SASS
L	Jebel Nefusa	T5-78		1978	1734	SASS
L	Suffajin - Mardum	22/87		1987	1741	SASS
L	Suffajin - Mardum	7/79		1979	1580	SASS
L	Mizda	18/88		1988	684	GWA
L	Jebel Nefusa	17/76		1976	1698	GWA
L	Jebel Nefusa	19/76		1976	1680	GWA
L	Jebel Nefusa	18/70		1970	1030	GWA
L	Jebel Nefusa	35/78		1978	1525	GWA
L	Jebel Nefusa	35/78		1978	1525	GWA
L	Jebel Nefusa	23/79		1979	1230	GWA
L	Jebel Nefusa	202/79		1979	1320	GWA
L	Mizda	25/87		1987	1257	GWA
L	Mizda	132/77		1977	2097	GWA
L	Mizda	156/80		1980	2000	GWA
L	Mizda	4/88		1988	2172	GWA
L	Mizda	69/75		1975	1270	GWA
L	Mizda	107/75		1975	1568	GWA
L	Jebel Nefusa	108/76		1976	1260	GWA
L	Mizda	190/80		1980	1404	GWA
L	Mizda	107/78		1978	816	GWA

Pays	Zone	Identifiant	Nom	Date	RS	Origine
L	Mizda	47/77		1977	1266	GWA
L	Mizda	187/80		1980	700	GWA
L	Mizda	314/76		1976	781	GWA
L	Mizda	316/76		1976	600	GWA
L	Mizda	48/77		1977	1010	GWA
L	Jebel Nefusa	27/83		1983	1050	GWA
L	Hamada Al Hamra	10/81		1981	752	GWA
L	Ash Shwayrif	26/70		1970	1947	GWA
L	Ash Shwayrif	2085/4/10		1985	1868	GWA
L	Hamada Al Hamra	208/79		1979	1209	GWA
L	Hamada Al Hamra	66/82		1982	1350	GWA
L	Mizda	30/83		1983	1300	GWA

Annexes 8

COMPOSITION ISOTOPIQUE DES EAUX

Composition isotopique des eaux

Annexe 8 Tableau 1 - Caractéristiques isotopiques des eaux du Continental intercalaire en Algérie

Code	Nom du point d'eau	Date	Profondeur	Aquifère	¹⁸ O	² H	¹⁴ C ‰	¹³ C ‰	Age brut	Age corrigé	Excès ⁴ H	Origine
ALG6	Ouled Jellel 463G10		1880-2135	B (Sga)	-7.4	-52.9					6.54	GUANDOUZ A, 1985
ALG15	Djemaa 516H11		1440-1797	AB (ga)	-8.2	-54.8	0,5±0,5	-10.4			10.72	GUANDOUZ A, 1986
ALG19	Aiin Sahara		1545-1796	AB (Sa)	-8.3	-59.1	-	-9.4			8.44	GUANDOUZ A, 1987
ALG23	Sidi Slimane 437I11		1566-1766	AB (Sa)	-8.3	-58.2	0 ± 0,6	-10.1			7.68	GUANDOUZ A, 1988
ALG30	Hadjira 55I10		-	AB (Sa)	-8.3	-58.8	0,8±0,4	-10.4			5.5	GUANDOUZ A, 1989
ALG37	Hassi Bou Abdellah 11J10		1130-1430	AB (ga)	-8.4	-61.7	3,7±1,2	-9.1			8.34	GUANDOUZ A, 1990
ALG42	Zelfana 4 5219		843-938	AB (Sga)	-8.0	-55.5					8.34	GUANDOUZ A, 1991
ALG45	Metlifi 70J8		390-519	AB (Sga)	-71.0	-55.5					6.8	GUANDOUZ A, 1992
ALG53	Bl Ameid-Ghardaia S019		750-938	AB (Sa)	-8.4	-60.4					2.12	GUANDOUZ A, 1993
ALG53	Berraine 35I8		443-510	B (ga)	-7.9	-61	0,5±0,4	-8.6			7.3	GUANDOUZ A, 1994
ALG60	Hassi Messaoud MDH 103		1163-1361	-	-8.6	-61.5	0,6±0,3	-11.4			0	GUANDOUZ A, 1995
ALG61	Irrara OMN17		1438-1880	Ni- B	-5.3	-42	3,9±0,3	-6.4			2.62	GUANDOUZ A, 1996
ALG64	Gassi Touil GM01		849-933	AL (ga)	-8.3	-64.1	6±1,4	-10.7			-1.1	GUANDOUZ A, 1997
ALG69	Centre AR6 1R19		1297-1580	J (ag)	-5.8	-47.5	0,8±0,3	-5.6			8.8	GUANDOUZ A, 1998
ALG74	Raguel RB2		800-995	AL (gsa)	-8.6	-59.6						GUANDOUZ A, 1999
Bassin du Grand Erg oriental												
33.0.3	Laghouat 130 H 7	05/03/71		Al (Sg)	-8.0	-56	54.7±1.3	-7.4	moderne	moderne		ERESS, 1972
41.0.10	Tamerna 408 H 11	02/04/71	1482-1730	Al (Sg)	-8.3	-59	1.1 ±0.8	-8.8	32000±3000	29000.0		ERESS, 1972
35.0.5	Berraine 119 I 8	03/03/71		Al (Sg)	-8.2	-62	1.3 ±0.4	-8.3	31000±3000	28000.0		ERESS, 1972
39.0.9	Guerrara 17 I 9	04/03/71		Al (Sg)	-8.6	-62	1.7 ±0.4	-9.4				ERESS, 1972
42.0.11	Sidi Mehdi 436 I 11	01/04/71	1535-1735	Al (Sg)	-8.1	-56	2.1 ±0.6	-9.9	29000±2000	27000.0		ERESS, 1972
36.0.6	Melika 112 I 8	03/03/71	340 - 430	Al (Sg)	-8.5	-61	2.5 ±0.5	-8.0	25000±2000	25000.0		ERESS, 1972
40.0.2	Zelfana 11 J 9	27/11/69		Al (Sg)			0.0 ±0.8	-9.5	> 35 000	> 33 000		ERESS, 1972
40.0.3	Zelfana 11 J 10	02/03/71		Al (Sg)	8.5	-61						ERESS, 1972
1.1.1	Ouargla 447 J 10	15/02/69	1119 - 1315	Al (Sg)	-8.8	-62						ERESS, 1972
1.1.1	Ouargla1 447 J 11	28/11/69		Al (Sg)			1.4 ±1.8	-11.5	30000±1000	30000.0		ERESS, 1972
4.0.0	Ouargla 2 480 J 10	28/11/69	1149 - 1335	Al (Sg)	-8.8	-63						ERESS, 1972
43.0.12	Daiet Remt 4 K 9	12/03/71	536 - 605	Al (Sg)	-8.4	-63	5.2 ±0.4	-10.6	19000±1000	18000.0		ERESS, 1972
48.0. 33	Hassi Messaoud	28/04/71		Al (Sg)	-8.6	-61	.1 ±0.6	-10.3	21000±2000	20000.0		ERESS, 1972
49.0.34	Rh ^{de} El Baguel AB7, 7 K 12	30/04/71	822- 970	Al (Sg)	-8.5	-60	2.4 ±0.6	-11.1	26000.0			ERESS, 1972
Bassin du Grand Erg Occidental												
44.0.13	Hassi Fahl 1 J 8	12/02/71	265 - 306	Al (Sg)	-6.7	-56	0.9 ±0.5	-7.6				ERESS, 1972
CF	El Golea	01/12/70		ind (Sa)	-4.7		32 ±0.3	-7.0				ERESS, 1972
15.0.15	Hassi Maroket 66 L 7	27/03/69	150 - 195	ind (Sa)	-5.0	-50						ERESS, 1972
15.0.16	Hassi Maroket 66 L 8	27/11/69		ind (Sa)			1.0 ±0.7	-5.6				ERESS, 1972

Code	Nom du point d'eau	Date	Profondeur	Aquifère	¹⁸ O	² H	¹⁴ C %	¹³ C‰	Age brut	Age corrigé	Excès ² H	Origine
15.0.17	Hassi Maroket 66 L 9	01/12/70		ind (Sa)	-5.7		1.0±0.1					ERESS, 1972
14.14.16	Hassi Enfil P n°5	27/03/69		ind (Sa)	-6.0	-58	59.6 ±4.4	-5.1				ERESS, 1972
13.0.0	Fogg. Amghaier (Timimoun)	26/03/69		ind (Sa)	-7.9	-64						ERESS, 1972
CF	Terr. Aviation (Timimoun)	01/12/70		ind (Sa)	-8.3		30.9 ±0.5	-6.5				ERESS, 1972
8.0.0	Foggara Adrar	24/03/69		ind (Sa)	-7.0	6 60						ERESS, 1972
9.0.0	Ferme exp ^{ale} Adrar	25/03/69		ind (Sa)	-6.1	-52						ERESS, 1972
CF	Shell - Sonatrach-Adrar	27/04/69		ind (Sa)	-7.1	-54						ERESS, 1972
CF	Adrar	01/12/70		ind (Sa)	-6.5		24.4 ± 0.5	-8.7				ERESS, 1972
CF	Adrar	04/04/68		ind (Sa)	-6.8							ERESS, 1972
CF	Adrar	28/04/68		ind (Sa)	-6.7							ERESS, 1972
CF	Adrar	23/04/68		ind (Sa)	-7.1	-61						ERESS, 1972
CF	Bou Ali	01/12/70		ind (Sa)	-8.7		22.3 ± 0.4	-8.8				ERESS, 1972
CF	Bou Ali	28/04/68		ind (Sa)	-7.7							ERESS, 1972
CF	Bou Ali	28/04/68		ind (Sa)	-7.9							ERESS, 1972
CF	C.A.S (Reggane)	01/12/70		ind (Sa)			33.2 ±2.5					ERESS, 1972
CF	Reggane	14/04/68		ind (Sa)	-7.9							ERESS, 1972
CF	Reggane	01/11/71		ind (Sa)			33.5 ±2.5					ERESS, 1972
CF	OCI, Reggane	14/04/68		ind (Sa)	-7.4							ERESS, 1972
CF	Fogg. Beb Drao, Aoulef El Arab	14/04/68		ind (Sa)	-7.4	-58						ERESS, 1972
CF	Fogg. Beb Drao, Aoulef El Arab	01/12/70		ind (Sa)	-7.4							ERESS, 1972
51.0.0	Tit 101	01/14/71		ind (Sa)	-8.0	-60						ERESS, 1972
51.0.1	Tit 102	01/11/71		ind (Sa)			36.0 ±0.6					ERESS, 1972
CF	Hydraulique In Salah	01/12/70		ind (Sa)	-8.4		21.2 ±1.0	-10.2				ERESS, 1972
CF	In Salah	14/04/68		ind (Sa)	-8.3	-64						ERESS, 1972
CF	Foggara Ez Zoua	13/04/68		ind (Sa)	-9.6							ERESS, 1972
CF	Foggara Gentour (Timimoun)	26/03/69		ind (Sa)+ CT (SC)	-6.6	-57						ERESS, 1972

Al : Albien Ni : Nécomien Sa: Sable argileux

Annexe 8 Tableau 2 - Caractéristiques isotopiques des eaux du Continental intercalaire en Tunisie

Localité	Date	¹⁸ O	² H	¹⁴ C (‰)	¹³ C (3‰)	³ H	Age brut	Age corrigé	Excès ³ H
(1) O. Nekhla 6664/5	1970	-8.6	-62	0,2±0,6	-8.5	-	46000±12000	44000	6.8
(104) O, Nekhla 6664/5	1970	-	-	±	-	0	21510±500	1949±670	
(31) O, Nekhla 6664/5	1974	-8.5	-	-	-8.6	-	34000±1000	33000	
(2) Chott Fedjej 1 5664/5	1969	-7.9	-62	-	-	-	-	-	1.2
(106) Chott Fedjej 1 5664/5	1969	-	-	-	-	-	27990±790	27530±490	
(3) Chott Fedjej n°3 429/5	1969	-8.2	-60	-	-	-	-	-	5.6
(4) Source Seftini 1948/5	1969	-8.3	-62	-	-	-	-	-	4.4
(50) Seftini n°1 7283/5	1969	-	-	-	-	-	17210±460	16260±920	
(5) Seftini n°2 7305/5	1969	-8.4	-60	6,6±1,5	-10.7	-	1700±2000	17000	7.2
(100) Seftini n°3 7305/5	1969	-	-	-	-	-	27040±610	25490±420	
(28) Seftini n°3 7305/5	1974	-8.7	-	-	-	-	-	-	5.4
(6) Seftini n°3 7305/5	1969	-8.3	-61	-	-	-	-	-	
(6) Seftini n°3 7305/5	1984	-8.4	-	-	-	-	-	-	4.4
(7) Station de pompage 4 SP4	1970	-8.8	-66	-	-	-	-	-	4.4
(8) Borj Bourguiba 5664/5	1970	-8.8	-66	-	-	-	-	-	
(4) Borj Bourguiba 5664/5	1982	-9.4	-	2,7±0,5	-2.63	-	25000±4000	-	10.4
(9) Bir Zobbas BZA-1	1970	-9.3	-64	0,4±0,6	-6.4	-	41000±8000	36000	6.8
(10) El borma A4 KBA4	1970	-9.1	-66	-	-	-	-	-	5.6
(11) Zenlet et Tayara ZTE-1	1970	-8.7	-64	-	-	-	-	-	8.4
(12) Ouu Zab EZA-1	1970	-8.8	-62	2,9±9,2	-9.9	-	24000±12	23000	5.4
(13) Ech Chouech EC-A1	1970	-8.3	-61	6±3,5	-10.5	-	18000±4000	18000	4.6
(14) Station de pompage 3 SP3	1970	-8.2	-61	-	-	-	-	-	
(57) Station de pompage 4 SP4	1970	-	-	-	-	-	16140±200	14840±430	5.4
(15) O. Lorzot 6511/5	1970	-8.3	-61	0±3	-8.7	-	24000	23000	
(58) O. Lorzot 6511/5	1970	-	-	-	-	-	10950±60	9950±330	4.2
(16) O. Ouni 6855/5	1970	-7.9	-59	53,3±4,5	-8.4	-	Moderne	Moderne	
(101) Aiin el Gnettar 1944/5	1970	-	-	-	-	16±4	14340±250	12740±530	5.08
(51) Aiin el Gnettar 1944/5	1970	-7.9	-	-	-	-	-	-	
(76) Aiin el Gnettar 1944/5	1982	-7.7	-56.6	-	-	0.1	-	-	
(105) Aiin Tenra	1970	-	-	-	-	-	22850±440	20810±650	
(102) Oun el Ferh 5918/5	1970	-	-	-	-	-	24940±710	23440±500	
(29) Oun el Ferh 5918/5	1974	-8.1	-	-	-	-	-	-	
(29) Oun el Ferh 5918/5	1984	-8.4	-	-	-	-	-	-	
(30) Nazraa Naji 5821T/5	1970	-	-	-	-	-	22620±460	21170±480	
(48) Aiin Linaguess 5321/5	1974	-8.2	-	-	-	-	-	-	
(49) Ain Radhouane 1946/5	1974	-8.1							
(50) Aïn Saïdane 2163/5	1974	-9.0							

Localité	Date	¹⁸ O	² H	¹⁴ C (‰)	¹³ C (3‰)	³ H	Age brut	Age corrigé	Excès ³ H
(27) Menchia 9346/5	1974	-8.7							
(94) Menchia 9346/5	1985						24820±700	23050±590	
(58) Puits S. Hamed (Chott)	1974	5.5							
(130) Ksar Ghilane 7810/5	1970					4±3	21020±370	18490±810	
(130) Ksar Ghilane 7810/5	1984	-7.2		3.9±1.3	-8.57				
(110) Bir Chareb 8592/5	1970						29839±760	27970±620	
(111) Brigua Kébira 8581/5	1970						22490±350	20860±540	
(2) Bir Recifa 3bis	1982	-6.4	-34.3	44.9±1.6	-6.12				
(3) El Benia 2 16736/5	1982	-6.4	-38.3		-6.92				
(6) Chenini 1 18815/5	1982	-5.7	-41.3		-6.74				
(8) Gareat Tebourt TE-1	1982	-7.9	-61.1	2.8±0.4	-11.3		26000 ± 3500		
(12) Ksar O. ¹⁶⁰ Debbab 13784/5	1982	-5.9	-39.4		-1.25				
(101) Nefta CI 1 19084/5	1995	-7.1	-58	5.8±1.00					
(102) Nefta CI2 19227/5	1995	-7.7	-50						
(103) Tozeur CI 1 19162/5	1995	-7.0	-57	8.8±0.60	-7.85				
(104) Tozeur CI 2 19224/5	1995	-7.7	-62	2.5±0.60	9.05				
(105) Tozeur CI 3 19225/5	1995	-7.6	-61						
(106) El Hamma CI1 19233/5	1995	-6.8	-67	7.3±0.80	-11				
(107) El Hamma CI 19792/5	1995	-6.8	-57						
(108) Tazrarit 19793/5	1995	-7.5	-62		-10.3				
(109) Seddada 19791/5	1995	-8.0	-53						
(110) Ech Cheurfa 19304/5	1995	-8.8	-60						
(111) Ez Zouia CI1 19348/5	1995	-8.2	-81						
(112) Mansoura CI 3 19140/5	1995	-8.3	-64	3.7±0.80	-11.43				
(113) Mansoura CI 13 19893/5	1995	-8.4	-77	2.2±9.00	-10.77				
(114) Kébili CI 10 19400/5	1995	-8.4	-64	1.5±9.90	-10.44				
(115) Kébili CI 16 20051/5	1995	-8.3	-77						
(116) Taourgha CI 2 19199/5	1995	-8.6	-59	5.3±0.80	-11.49				
(117) El Bahaïer CI 9 19484/5	1995	-8.1	-59						
(118) Limaguess CI8 19394/5	1995	-8.5	-61						
(119) Debabcha CI 4 19916/5	1995	-8.1	-58						
(120) Souk Lahad CI 17 20109/5	1995	-8.4	-60						
(121) Menchia CI 6 19452/5	1995	-8.4	-59						
(122) Seftimi CI 7 19452/5	1995	-8.4	-59	6.6±1.50	-9.5				
(725) Douz CI12 19450/5	1995	-8.7	-80						
(728) Djemna CI 11 19468/5	1995	-8.6	-54						
(716) Saïdane 19272/5	1995	-8.4	-61	8.9 ± 0.60	-11.45		19470 ± 560		
Mahbes 19432/5	1995	-7.7	-57	5.0 ± 0.44	-9.9		24240 ± 720		

Localité	Date	^{18}O	^2H	^{14}C (%)	^{13}C (3‰)	^3H	Age brut	Age corrigé	Excès ^2H
(738) Ksar Ghilane	19009/5	1995	-6.8	-47					
Oued Nekhla	19529/5	1995	-8.4	-60	15.4 ± 0.9	-10.5		15030 ± 1110	
Chott Fedjej 2bis	19482/5	1995	-8.4	-59	9.3 ± 0.60	-11.2		19130 ± 540	
Station de Pompage SP4	19682/5	1995	-8.2	-65					

Annexe 8 Tableau 3 - Caractéristiques isotopiques des eaux en Libye

Zone	Nom	Profondeur	Aquifère		d ¹⁸ O‰	dD‰	14C %	d ¹³ C	Ages	3H en T.U.
Al Jufrah - Zmam	Socna	400	Crétacé sup.	Ks	-10.20	-79.6	0.8 ± 0.3	-5.6	>23700	
Al Jufrah - Zmam	Socna well S-1	300	Crétacé sup.	Ks	-10.51	-76.6	0.0 ± 0.5	-5.39	>24900	
Al Jufrah - Zmam	Al Jufrah		Mizdah	Miz	-10.53	-77.6	0.6 ± 0.4	-4.96	>20500	
Al Jufrah - Zmam	Al Jufrah J18 A	193	Mizdah	Miz	-10.34	-75.5	0.0 ± 0.3	-4.66	>27500	
Al Jufrah - Zmam	Well WS-8	460	Paléozoïque	P	-9.58	-69.0		-3.4		
Al Jufrah - Zmam	Wadi Zimam N° 1	519	Paléozoïque	P	-9.88	-72.7		-3.35		
Al Jufrah - Zmam	Al Jufrah J18	380-700	Paléozoïque	P	-10.67	-79.4	0.3 ± 0.4	-5.55	>16500	
Bassin wadi Sufajjin	Beni Walid, well Nora1	975	Kiklah	Ki	-6,94	-45,7	-	-7,25		
Bassin wadi Sufajjin	P8 bis	86-108	Mizdah	Miz	-5	-28.5				2 ± 1
Bassin wadi Sufajjin	P39 W. Mardum	223	Mizdah	Miz	-5.9	-39.6				
Bassin wadi Sufajjin	P12	120-180	Mizdah	Miz	-7.1	-54.7				
Bassin wadi Sufajjin (w. Maymun)	P10	63-110	Miocene	Mio	-6.8	-45.5				<1
Bassin wadi Sufajjin (w. Maymun)	P9	226-296	Nalut	Na	-6.9	-44.6				<1
Flanc oriental Hamadah	Wadi Qirzah, well WS-2	1000	Kiklah	Ki	-9,5	-69,5	0,0 ± 0,4	-4,8	25400	
Flanc oriental Hamadah	Well B1-39	1000-1400	Kiklah	Ki	-9,21	-68,1	0,2 ± 0,4	-6,85	10700	
Flanc oriental Hamadah	Wadi Zamzam ZZ13	920-1002	Kiklah	Ki	-9,42	-68,9	0,2 ± 0,4	-6,23	9900	
Flanc oriental Hamadah	Wadi Zamzam ZZ8	861-935	Kiklah	Ki	-9,37	-67,8	-	-	-	
Flanc oriental Hamadah	Zamzam 2 ZZ2	887-950	Kiklah	Ki	-9.2	-68.2				
Hamadah al Hamra	Ash Shuwayref W-6	650	Kiklah	Ki	-9,68	-70,7	0,2 ± 0,4	-5,96	9600	
Jabal Nafusa	Wadi Marmuta	341-460	Kiklah	Ki	-7,13	-45,9	2,4 ± 1,4	-8,55	15000	
Jabal Nafusa	Wadi Faysal well n° 3	422-482	Kiklah	Ki	-6,82	-43,8	3,2 ± 0,5	-8,31	22700+3800	
Jabal Nafusa	Wadi Faysal well n° 1-A		Crétacé sup.	Ks	-6.20	-41.0				
Khums-Misratah	P13	205-238	Mizdah	Miz	-7.4	-56.6				<1
Khums-Misratah	P13	496-587	Nalut	Na	-7.9	-58.4				3 ± 1
Khums-Misratah	T4	235-265	Nalut	Na	-7.8	-58.0				6 ± 1
Khums-Misratah	P20	250-437	Nalut	Na	-7.9	-60.3				
Khums-Misratah (w. Sasu)	P11	75-139	Mizdah	Miz	-7.7	-57.1				<1
Ouest Hamadah	T/64/78 (Sinawan)		Kiklah	Kiw	-8.57	-64.4	6.55 ± 1.2		16800 ± 2300	
Ouest Hamadah	T96/76 (Derj)		Kiklah	Kiw	-908	-64.5	6.28 ± 1.3		17000 ± 2500	

Zone	Nom	Profon- deur	Aquifère		d ¹⁸ O‰	dD‰	14C %	d ¹³ C	Ages	3H en T.U.
Ouest Hamadah	T/159/89 (SE Derj)		Kiklah	Kiw	-8.69	-61.4				
Ouest Hamadah	T203/80 old (Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-8.74	-67.9				
Ouest Hamadah	T203/80 new (Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-9.05	-66.3	5.68 ± 0.74		18000 ± 1900	
Ouest Hamadah	T276/77 (Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-8.82	-66.9	1.09 ± 1.15		31500 ± 9500	
Ouest Hamadah	T277/77 (Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-9.12	-69.4	16.88 ± 3		8600 ± 2300	
Ouest Hamadah	1285/3/1 (c.s.)(Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-9.29	-68.0	5.92 ± 0.72		18400 ± 1800	
Ouest Hamadah	WG8 (SE Derj)		Kiklah	Kiw	-8.2	-55.9				
Ouest Hamadah	WG10 (SO Sinawan)		Kiklah	Kiw	-7.65	-55.2				
Ouest Hamadah	WG12 (S Derj)		Kiklah	Kiw	-8.99	-61.5				
Ouest Hamadah	WG22 (Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-9.19	-69.9	3.5 ± 0.83		21900 ± 2800	
Ouest Hamadah	Agrn Proj (Ghadamis)		Kiklah	Kiw	-8.8	-66.0	3.05 ± 0.41		22500 ± 1900	
Ouest Hamadah	Sebkha Mezezen			S	-2.59	-42.3	36.32 ± 4.36		2200 ± 1800	
Ouest Jabal Nafusa	T25/87 (SE Nalut)		Kiklah	Kiw	-8.69	-66.5	3.15 ± 2.37		22200 ± 7000	
Ouest Jabal Nafusa	Kartom (E Nalut)		Kiklah	Kiw	-6.86	-42.7				
Ouest Jabal Nafusa	Zintan (E Nalut)		Kiklah	Kiw	-7.27	-47.0	4.82 ± 1		19100 ± 2500	
Ouest Jabal Nafusa	T358/89 (Nalut)		Kiklah	Kiw	-6.33	-39.5				
Ouest Jabal Nafusa	T359/89(Wazzen)		Kiklah	Kiw	-8.37	-59.3	1.35 ± 2.63		29800 ± 16900	
Tawurgha-Misratah	Tawurgha		Miocene	Moi	-7.92	-58.2	18.6 ± 1.9	-4.3		
Tawurgha-Misratah	P18	77-357	Miocene	Mio	-7.6	-56.1				
Tawurgha-Misratah	P16	180-197	Miocene	Mio	-7.6	-57.0				
Tawurgha-Misratah	P22	54-300	Miocene	Mio	-7.8	-57.0				
Tawurgha-Misratah	Tawurgha well P-18		Mizdah	Miz	-9.39	-67.8	0.8 ± 0.5	-3.08		
Tawurgha-Misratah	Tumminah Projet		Mizdah	Miz	-9.55	-68.3	1.0 ± 0.5	-5.29		
Tawurgha-Misratah	P16	325-486	Mizdah	Miz	-8.1	-60.0				
Tawurgha-Misratah	P15	210-415	Mizdah	Miz	-8.2	-65.1				
Tawurgha-Misratah	P17	357-460	Mizdah	Miz	-8.8	-64.0				
Tawurgha-Misratah	P22	300-585	Mizdah	Miz	-8.7	-67.0				

Zone	Nom	Profondeur	Aquifère		d ¹⁸ O‰	dD‰	14C %	d ¹³ C	Ages	³ H en T.U.
Tawurgha-Misratah	TD6/700 Kararim	366-458	Mizdah	Miz	-9	-67.4				3 ± 1
Tawurgha-Misratah	P18	477-503	Mizdah	Miz	-9.4	-67.8				
Tawurgha-Misratah	P22	300-585	Mizdah	Miz	-9.5	-68.3				
Tawurgha-Misratah	Tawurgha well P-22		Nalut	Na	-9.49	-68.4		-6.72		
Tawurgha-Misratah	P22	645-715	Nalut	Na	-7.8	-59.1				
Tawurgha-Misratah	TW1		Nalut	Na	-8.7	-65.7				
Tawurgha-Misratah	Source Tawurgha		Source	S	-7.6	-58.0				
Tawurgha-Misratah	Tawurgha source				-8.21	-60.4	2.8 ± 0.8	-3.38		
Khums-Misratah (w. Sasu)	P11	483-492	Nalut	Na	-7.5	-61.4				

Annexe 8 Tableau 4 - Caractéristiques isotopiques des eaux du Complexe Terminal en Algérie

Code	Nom du point d'eau	Date	Profondeur	Aquifère	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C ‰	¹³ C‰	Age brut	Age corrigé	Excès ² H
109	Taïebet (Souf) 32 H 12	15.2.69		MP(sc)	-4	-46	1.9±0.4					
110	Oumih Ouenssa	15.2.69		Eor(sc)	-3	-34	11.4±0.9					
111	Blidet Amor D46 F 64	3.4.71		E	-6.8	-52		1.7±0.6	4.8			
112	Aïn Louise 519 J 10	15.2.69	140-180	MP (szc)	-9	-64	1.6±0.5					
		17.3.71						1.7±0.9	6.8			
113	Djedida D 4 F 15	15.2.69	30-60	MP (sc)	-9.1	-64	1.0±0.3					
		18.3.71						8.7±8.7	6.8			
114	Fogg. Ouled Aïssa	26.3.69		MP+Eoc(sc)	-5.6	-52	1.1±0.6					
89	Fogg. Ouled Saïd	26.3.69		Cl+CT (sc)	-4.4	-49						
	(Timimoun)											
116	Grande source	1965-68		Eoc (sc)	-4.9	-50						
	(Beni Abbes)	12.70			-5.9	-47		32.8±0.2	5.5			
117	Fogg. Laboratoire CNRS	12.70		Eoc (sc)	-4.6			104±0.9	9.5			
	(Beni Abbes)											
118	Igli	12.70		Eoc (sc)	-5.2			38.8±0.6	7.2			
119	CevtreElect. Kerzaz	12.70		Eoc (sc)	-5.2			38.3±0.8	4.9			
120	Ksabi	12.70		Eoc (sc)	-4.6				4.8			
11	El-Alia	1996	160	CT	-9.2	-72						
13	DASE	1996	100	CT	-7.1	-60						
15	Blidet Omar 1964	1996	168	CT	-7.3	-59						
19	Sidi Slimane	1996	180	CT	-5.1	-50		2.4				
21	Touggourt	1996	170	CT	-6.7	-58		4	-5.05			
23	Djemaa (Ain Zarrouk)	1996	180	CT	-7.1	-55		2.1	-1.68			
24	Sidi Khelil	1996	230	CT	-7.6	-50						
25	El Meghaier (El-Ali)	1987	271	CT	-4.9	-47						

Code	Nom du point d'eau	Date	Profondeur	Aquifère	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C %	¹³ C‰	Age brut	Age corrigé	Excès ² H
26	El Meghaier	1996	278	CT	-5.6	-48		0	-6.44			
41	Kechem Er Rih	1996	120	CT	-7.7	-60						
43	Sidi Belkhir	1996	125	CT	-7.2	-66						
44	El Bekrat	1996	115	CT	-7.3	-65						
46	Istikama	1996	110	CT	-7.5	-70		8.4	-7.58			
48	Ain Djud	1996	112	CT	-7.4	-64						
51	Gassi Touil GT3	1996	160	CT	-6.9	-61						
52	Gassi Touil TH4	1996	150	CT	-6.8	-56		24.7	-7			
53	Gassi Touil GT2	1996	170	CT	-6.7	-58		31.4	-9.4			
60	Gassi Touil M3 (FP,OAIC)	1996	165	CT	-6.4	-57						
61	Gassi Touil M3 (FP,OAIC)	1996	165	CT	-6.12	-49.5						
62	Rhourd El Baguel MP	1996	100	CT	-5.3	-53		28				
63	Rhourd El Baguel MP	1996	95	CT	-5.3	-53						
70	Rhourd El Baguel P	1996	95	CT	-5.1	-48						
71	Rhourd El Baguel MP	1996	100	CT	-5.3	-52						
74	Hassi Messaoud SAGRA S2	1996	90	CT	-7.4	-59						
75	Hassi Messaoud H2	1996	95	CT	-7.6	-62		38.9	-9.01			
77	Djamaa Sidi Yahia MP5	1996	170	CT	-7.3	-53						
80	MP Hamraia HAM6	1996	584	CT	-4.9	-49						
81	MP Hamraia HAM4	1996	517	CT	-5.9	-47						
82	MP M'Guebra BUEB	1996	600	CT	-6.9	-56						
4	El Djaad	1996	50	CT	-5.1	-54						
27	Tejdid 3 (Sidi Okba)	1996	250	CT	-7.7	-52						
28	Tejdid 2 (Sidi Okba)	1996	250	CT	-7.3	-56						
29	sidi Okba (Ferme pilote)	1996	600	CT	-8.1	-54						
30	Faidh Essella (Ain Naga)	1996	800	CT	-8.1	-55						
31	Ain Naga	1996	1200	CT	-7.9	-52						
32	Zribet El Oued	1996	900	CT	-7.3	-53						
33	Zribet El Oued	1996	200	CT	-5.9	-39						

Code	Nom du point d'eau	Date	Profondeur	Aquifère	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C %	¹³ C‰	Age brut	Age corrigé	Excès ³ H
34	El Faidh Chott Melghigh	1996	900	CT	-6.8	-50						
35	Rouldjel	1996	200	CT	-7.8	-54						
36	Oumache	1996	800	CT	-7.8	-51						

Annexe 8 Tableau 5 - Caractéristiques isotopiques des eaux du Complexe Terminal en Tunisie

Nefzaoua

N°	Localité	Date	Captage	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C (‰)	¹³ C (‰)	Age brut	Origine
53	Ain Taourgha 2051T/5	7.1.70	53-178				0.4± 0.6	-2.60		ERESS, 1972
		16.11.70		-6.70	-53					ERESS, 1973
54	Ras El Aïn 6756/5	18.2.69	32 - 98	-6.10	-50	1.0± 0.5				ERESS, 1974
		7.1.70					0.0± 0.6	-3.9		ERESS, 1975
55	Source bechelli 55/5	18.2.69		-5.70	-48	1.4± 0.4				ERESS, 1976
56	Bechelli 8/5	18.2.69	89-115	-6.10	-48	0.4± 0.3				ERESS, 1977
57	Djemna 29/5	18.2.69		-6.00	-49	0.1± 0.5				ERESS, 1978
58	Sce de Djemna 2042/5	18.2.69		-5.40	-46	3.1± 0.6				ERESS, 1979
59	Douz 2b 30b/5	18.2.69	53-75	-5.70	-47					ERESS, 1980
		7.1.70					9.9± 4.1	-3.5		ERESS, 1981
60	Rhélissia 5840/5	18.2.69	58-150	-5.90	-47					ERESS, 1982
61	Zarcine 6906/5	7.1.70	96-149				0.5± 3.5	-4.5		ERESS, 1983
Tun 20	F. Oum Chiah2 18145/5	1984	120-201	-6.76			0.5±3.5	-3.8	14 000±5500	A. Mamou, 1985
Tun 66	F. Bechni 18681/5			-6.20	-46.5		8.9±0.9	-4.0	8 000±5 000	A. Mamou, 1986
Tun 28	F. El Gounna EG.1a						16.5±1.8	-4.7		A. Mamou, 1987
Tun 79	El Mehdeth	1984	671	-6.69						A. Mamou, 1988
Tun 29	El Fehidia	1984	60.5	-5.75	-45.7			-3.48		A. Mamou, 1989
Tun 31	Dar Kouskoussi 5193/5	1984	50 - 81	-6.1	-44.6			-4.46		A. Mamou, 1990
Tun 33	Fatnassa 18827/5	1984	120-230	-5.50	-45.2					A. Mamou, 1991
Tun 67	Redjem maatoug 18745/5	1984	130-200	-4.67	-42.5		5.6±0.8			A. Mamou, 1992
Tun 15	Matmata 6552/5	1984	150-398	-5.75			24.3±2.8	-7.83	5 500±3700	A. Mamou, 1993
943741	Redjem Maatoug 2 18745		164-220	-4.3	-46					A. Mamou, 1994
943742	Matrouha		190-288	-4.6	-44					A. Mamou, 1995
943743	Firdaous 19380		225-303	-5.3	-43					A. Mamou, 1996

Djérid

N°	Localité	Date	Captage	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C (‰)	¹³ C (3‰)	Age brut	Origine
62	Hazoua 6090/5	14.11.70	462-585	-4.6	-47		0.0±0.6	-6.3		ERESS, 1972
63	Sce Nefta	16.2.69		-4.8	-46	1.1±0.3				ERESS, 1973
64	El Louah	14.11.70	587-625	-4.8	-44					ERESS, 1974
65	Zaafra 9959/5	14.11.70	540-632	-4.2	-44					ERESS, 1975
66	Tozeur 3	15.11.60	491-602	-3.9	-45					ERESS, 1976
67	Sce El Hamma	16.2.69		-4.1	-42					ERESS, 1977
68	Oued Koucha 1 8729/5	15.11.70	454-534	-5.2	-49					ERESS, 1978
69	El Hamma 10139/5	15.11.69	90-223	-5	-45		0.0±0.6	-5.6		ERESS, 1979
70	Gouifla 6139/5	15.11.70		-7.9	-56					ERESS, 1980
71	Kriz 3 10452/5	15.11.70	81-160	-6	-52					ERESS, 1981
72	El Moncef	16.11.70		-4.2	-44					ERESS, 1982
Tun 26	F. Nefta 2b 8262b/5	1984					0.0±0.9	-5.5	24 000±7 000	A. Mamou, 1985
Tun 27	Menachi 8982/5	1984					2.3±0.4	-5.4	22 000±5 000	A. Mamou, 1986
Tun 36	Hazoua 3 17625	1984	390-441	-4.56			1.9±1.0	-5.1	22 500±8 000	A. Mamou, 1987
Tun 37	Chakmou3 18648/5	1984	423 - 510	-6.86	-46.4		1.4±0.8	-5.6	25 000±9 000	A. Mamou, 1988
Tun 69	Gouifla 3 18754/5	1984	623-700	-6.69	-46.5		0.6±0.5	-3.8	000±15000	A. Mamou, 1989
Tun 68	Deghoumess 13981/5	1984	-510	-5.53	-46.2		12±0.9	-4.4	6 600±4 600	A. Mamou, 1990
Tun 30	Draa Nord 18801/5	1984	530-603	-4.71				-4.2		A. Mamou, 1991
Tun 32	El Hamma 15 18786/5	1984	20-72	-4.36				-5.37		A. Mamou, 1992
Tun 75	El Moncef 14394/5	1984	530 - 636	-4.12	-40.7					A. Mamou, 1993
Tun 81	Chamsa 14395/5	1984	532- 601	-4.81						A. Mamou, 1994
943737	Marbah sandoug 19418	1996	112-298	-6.7	-40		18.10±0.5	-6.9	13710+210	BGS, 1997
943740	Tamezret	1996	375-548	-7	-48		12.6±0.8	-5.2	16630+480	BGS, 1998
943736	Bir Hadj Brahim	1996		-6.8	-48			-5		BGS, 1999

Djérid

N°	Localité	Date	Captage	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C (‰)	¹³ C (3‰)	Age brut	Origine
943724	Oued Sehili3	1996	505-585	-7.5	-50		25.9±0.87	-7.9	10850±870	BGS, 2000
943720	Segdoud	1996		-7.3	-48					BGS, 2001
943745	Oum Chiah 18845/5	1996		-6.9	-45					BGS, 2002
951685	Oued Sehili3 19083	1996		-7.2	-49		25.9±0.87	-7.9	10850±870	BGS, 2003
951686	Gouifla 7-8 19716	1996		-6.6	-47					BGS, 2004
951687	Sce Taslja	1996		-6.2	-39					BGS, 2005
951688	Gouifla8 19717	1996		-6.6	-49		7.3±0.60		21070±620	BGS, 2006
951689	Oued Sehili'	1996		-7.7	-51					BGS, 2007
951690	Sce Soundes	1996		-6.8	-47					BGS, 2008
951691	Hadja Bidha	1996		-6.6	-47		34.5±0.50	-5	8555±120	BGS, 2009
951692	Ain Goussiba	1996		-6.2	-46					BGS, 2010
951693	Ain Tahar	1996		-6.9	-48					BGS, 2011
951694	Foum Khangua	1996		-6.6	-50					BGS, 2012
951695	Ain Laachech	1996		-6.3	-45					BGS, 2013
951696	Ain Chebika	1996		-7.1	-49					BGS, 2014
943702	Dhafria 1	1996	1174-1306	-7.9	-68					BGS, 2015
943703	Dhafria 2	1996	1064-1130	-7.1	-60	±	6.30±0.50	-8.7	22200±630	BGS, 2016
943704	Dhafria 3	1996	1052-1203	-7.5	-56					BGS, 2017
951697	Dhafria 3 19330	1996		-7.1	-59					BGS, 2018
951698	Dhafria 2 19270	1996		-12.2	-60					BGS, 2019
951699	Dhafria 1 19242	1996		-8.1	-60					BGS, 2020
951700	Bir Lahnek	1996		-4.5	-30					BGS, 2021
951701	Ain Hamda	1996		-3.5	-34					BGS, 2022
951702	Ain Merchen	1996		-5.9	-46					BGS, 2023
951703	Segdoud 1 19269	1996		-6.5	-52					BGS, 2024
951704	Segdoud 2 19426	1996		-7	-53		8.70±0.60	-11.2	19660-580	BGS, 2025
951705	Segdoud 3 19491	1996		-7.9	-58					BGS, 2026
	Krichet Naam	1996					40.50±0.70		7270-140	BGS, 2027

Djérid

N°	Localité	Date	Captage	¹⁸ O	² H	³ H	¹⁴ C (‰)	¹³ C (‰)	Age brut	Origine
951073	Tozeur Aeroport	1996		-7.7	-59		9.30±0.10	-6.75	10100-890	BGS, 2028
943733	Garaat Jaballah 19091	1996	325-395	-5.2	-48					BGS, 2029
943734	Es Salem 19734	1996	195-261	-5.3	-46					BGS, 2030
943735	En Nasr 19379	1996		-5.6	-48					BGS, 2031
943735	Hazoua4 HZ4 19116	1996	477-532	-4.7	-38					BGS, 2032