



MICROFICHE N°

08546

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية  
وزارة الزراعة

المركز القومي  
للتوثيق الفلاحي  
تونس

F

1

8146

DIRECTION GENERALE  
DES RESSOURCES EN EAU

IMPACT DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE  
PAR LES EAUX DU CANAL MEDJERDAH-CAP BOU  
SUR LE SYSTEME AQUIFERE DE MORNAG

MAY 1994

H. MAMOU

WD 3146

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTION GENERALE  
DES RESSOURCES EN EAU

IMPACT DE LA RECHARGE ARTIFICIELLE  
PAR LES EAUX DU CANAL MEDJERDAH-CAP BOU  
SUR LE SYSTEME AQUIFERE DE MORNAS

MAI 1994

M. BAKOU

## SOMMAIRE

### I- INTRODUCTION

1-1 Situation

### II- GEOLOGIE DE LA PLAINE DE NORNAG

2-1 Stratigraphie

2-2 Tectonique

### III- HYDROLOGIE

3-1 Réseau hydrographique

3-2 Contexte climatique

3-2-1 Pluviométrie

3-2-2 Estimation de la pluie inter-annuelle de la zone de recharge

### IV- CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

4-1 Système aquifère

4-2 Comportement hydraulique

### V- RESSOURCES ET EXPLOITATION DU SYSTEME AQUIFERE

5-1 Caractéristique du système aquifère de Nornag

5-2 Exploitation actuelle du système aquifère

5-3 Causes de la surexploitation de la nappe

5-4 Moyens de préservation de la nappe

### VI- TECHNIQUE ADOPTEE POUR LA RECHARGE

6-1 Dispositif de recharge

6-2 Dispositif de suivi

6-3 Mode opératoire

6-3-1 Recharge durant la période du 3-12-1991 à 1-10-1992

6-3-2 Recharge durant la période du 15-1-1993 à 30-12-1993

### VII- ECHANGES DU SYSTEME DURANT LA PERIODE DE RECHARGE

7-1 Fluctuation du niveau piézométrique

7-1 1er cycle de recharge

7-2 2ème cycle de recharge

7-3 3ème cycle de recharge

7-2 Impact de la recharge sur la salinité de l'eau de la nappe

### VIII- CONCLUSION

### REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

### ANNEXES

## TABLE DES FIGURES

- Fig. n° 1 : Carte de situation (échelle 1/50.000)
- Fig. n° 2 : Carte géologique du synclinal de Khiedia (échelle 1/50.000)
- Fig. n° 3 : Coupe géologique du synclinal de Khiedia (échelle 1/50.000)
- Fig. n° 4 : Distribution annuelle de la pluviométrie dans les stations de Crête-ville et Domaine d'Echaume
- Fig. n° 5 : Corrélation entre les relevés pluviométriques des stations de Crête-ville et Domaine d'Echaume
- Fig. n° 6 : Dispositif de recharge et de usivi
- Fig. n° 7 : Evolution de l'exploitation, de la recharge, de la piézométrie et de la piézométrie au cours du temps,
- Fig. n° 8 : Courbe d'iso-remontée (du 2/12/1991 au 1/10/1992)
- Fig. n° 9 : Courbe d'iso-remontée (du 1/10/1992 au 15/3/1993)
- Fig. n° 10 : Courbe d'iso-remontée (du 15/3/1993 au 2/1/1994)
- Fig. n° 11 : Courbe d'iso-remontée (du 2/12/1991 au 2/1/1994)
- Fig. n° 12 : Réponse piézométrique de la nappe
- Fig. n° 13 : Evolution de la piézométrie et de la salinité dans le temps et dans l'espace
- Fig. n° 14 : Etat de la salinité de la nappe le (4/2/1993).

## I- INTRODUCTION :

### 1-1 Situation :

La plaine de Hornag est située à 20 Km au Sud-Est de la ville de Tunis. Cette plaine constitue la zone aval du bassin hydrologique de l'Oued Méliane et forme son exutoire ouvert sur la mer.

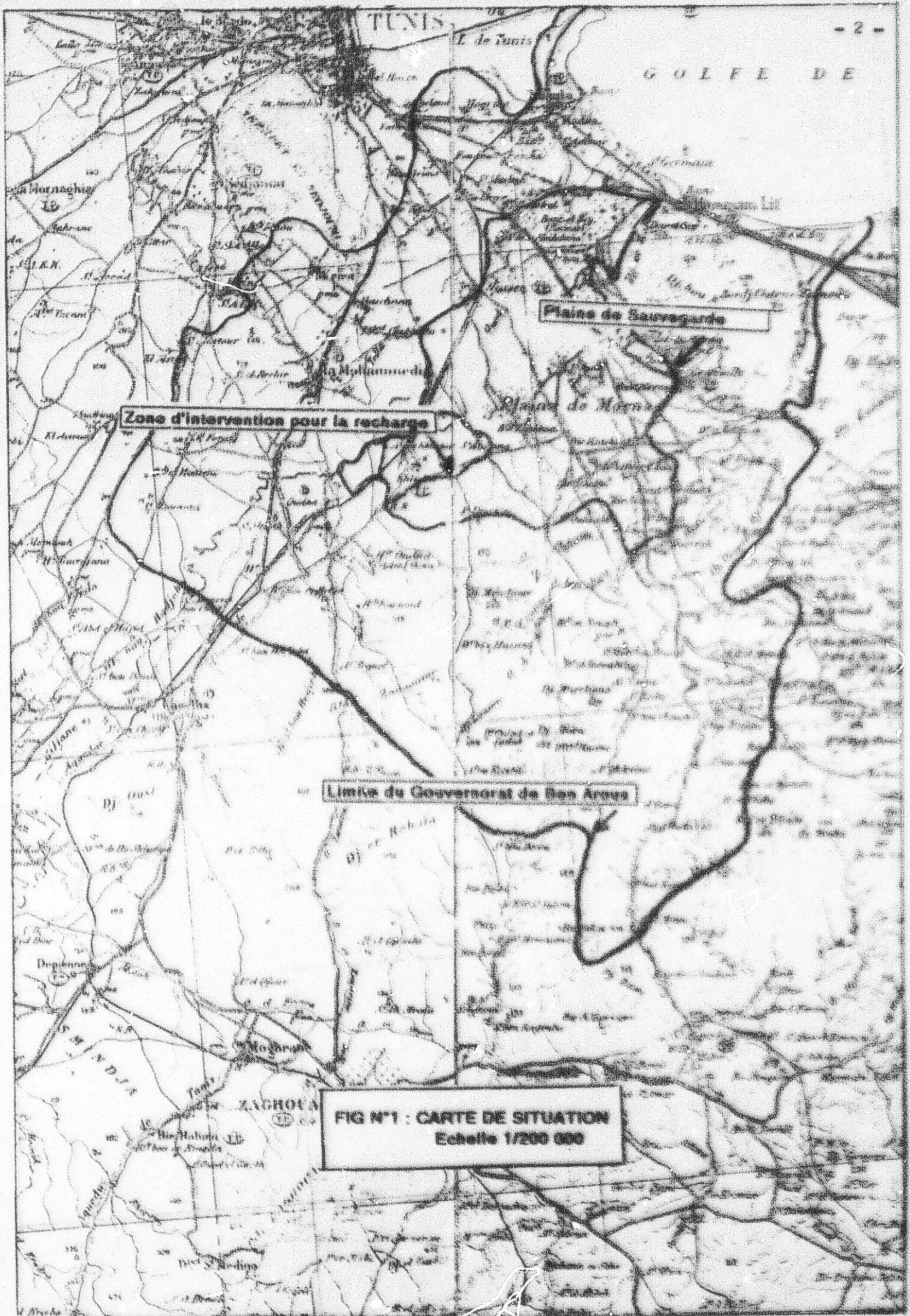
Cette plaine qui couvre une superficie de 200 Km<sup>2</sup>, est recouverte par les feuilles topographiques au 1/50.000 suivantes :

- Tunis (n°20)
- La Goulette (n°21)
- Bir Mecharqua (n°22)
- Grombalia (n°23)

Le système aquifère connu sous la plaine de Hornag est constitué par des niveaux sédimentaires allant des grès Oligocènes aux alluvions quaternaires. Ces formations souvent lenticulaires et rarement stratiformes (à l'exception de l'oligocène), sont souvent détritiques et argileuses. Les niveaux aquifères y sont connus dans des sables et graviers du Quaternaire ainsi que dans les grès de Miocène et de l'Oligocène.

Cette nappe, de plus en plus sollicitée, est actuellement à un stade de surexploitation très avancé. Un premier périmètre de sauvegarde de la nappe de Hornag est délimité avec les limites suivantes (Fig. n° II) :

- Au Nord, l'autoroute Tunis-Rennes Lit-Borj Gorbaj à Bou Garnibe,
- à l'Est, la ligne partant de la localité de Bou Garnibe (573 m), passant par le centre de val aux vallées de Djebel Rennes (120 m) et par l'autoroute Tunis-Grombalia,
- au Sud, la ligne partant du centre de val aux vallées de Djebel Rennes passant par l'Oued Méliane (au Sud-Ouest de Khledia) par sidi Messoud, Rachedet el Khafi et Ain el Karna,
- à l'Ouest, la ligne partant de l'Oued Méliane et passant par le pont Chebbada, Kakech et Borj-Sent el Bey.



**Zone d'intervention pour la recharge**

**Plaine de Sauvage**

**Limite du Gouvernement de Bas Arrou**

**FIG N°1 : CARTE DE SITUATION**  
**Echelle 1/200 000**

## II- GEOLOGIE DE LA PLAINE DE MORNAQ :

### 2-1 STRATIGRAPHIE :

La stratigraphie des formations géologiques de cette région est résumée comme suit : (Fig. n° 2)

2-1-1 Eocène inférieur : Calcaires gris à patine blanche dont l'épaisseur est de 150 m environ.

2-1-2 Eocène supérieur : Argiles grises dont l'épaisseur est de 300 m.

2-1-3 Oligocène inférieur : Argiles alternant avec des grès à la base. Les grès sont en bancs peu épais et très distants les uns des autres. Au sommet, les bancs de grès et d'argiles sont d'environ de même épaisseur (15m). A Et Tella et à Qudna la partie terminale est argileuse, elle est de 130 m d'épaisseur et présente des lits de grès et de calcaires.

2-1-4 Oligocène : Grès avec quelques bancs d'argiles dont l'épaisseur totale est d'environ 300 à 500 m.

2-1-5 Burdigalien : Calcaires gréseux.

2-1-6 Miocène : Argiles et grès présentant une épaisseur de 500 m environ.

2-1-7 Quaternaire : Aux alentours de la basse vallée de l'Oued Meliane plusieurs terrasses quaternaires se présentent à proximité des Oueds sous forme de cailloutis fluviaux.

La basse vallée de l'Oued Meliane est une plaine uniforme qui correspond à la basse terrasse du Quaternaire récent. Elle se présente sous le faciès d'argiles sableuses, des sables avec des graviers, des galets et des limons.

### 2-2 Tectonique :

La plaine de Mornag est une zone synclinale (SCHOELLER W., 1937), qui est limitée au NW et au SE, par une zone anticlinale qui englobe au SE, les Djebels Sidi Salek, Rezzas et Bou-Quarnine. Au NW, cette zone anticlinale est formée par le Djebel Ouest, l'anticlinal de Mohammédia et le synclinal de Khlédia où est pratiqué la recharge de la nappe. La caractéristique principale de ce synclinal est l'abaissement de son axe vers le SE en direction de la mer.



### 1-2-1 Flanc Oriental du synclinal (Djebel Horouf) :

Entre les collines de Khaledia et Djebel Horouf et sur une longueur de 8 km, le flanc du synclinal est recouvert de Quaternaire. Le pendage des couches varie de 30° à 60° (Fig. n°1).

### 1-2-2 Flanc Occidental du synclinal : (succès l'El Tella et les collines calcaires de Tunisie).

Les couches géologiques du flanc Occidental, comme celles du flanc oriental, sont marquées par de larges affleurements des couches Quaternaire qui sont très redressées, ainsi que les couches argileuses et gréseuses de l'Eocène. Le pendage varie de 30° à 60° et prend, dans l'Oligo-miocène, des valeurs comprises entre 30° et 60°.

## III- HYDROLOGIE

### 1-1 Bassin hydrographique :

L'Oued Meliane, traverse le gouvernement de Ben Arous suivant une direction N-NW, sur une longueur de 31 km environ et passe par Djebel Bou Haja, avant de se déverser dans la mer à proximité de Moulia-Melba. En passant par la plaine de Mornag, l'Oued Meliane reçoit une multitude d'affluents dont les principaux sont :

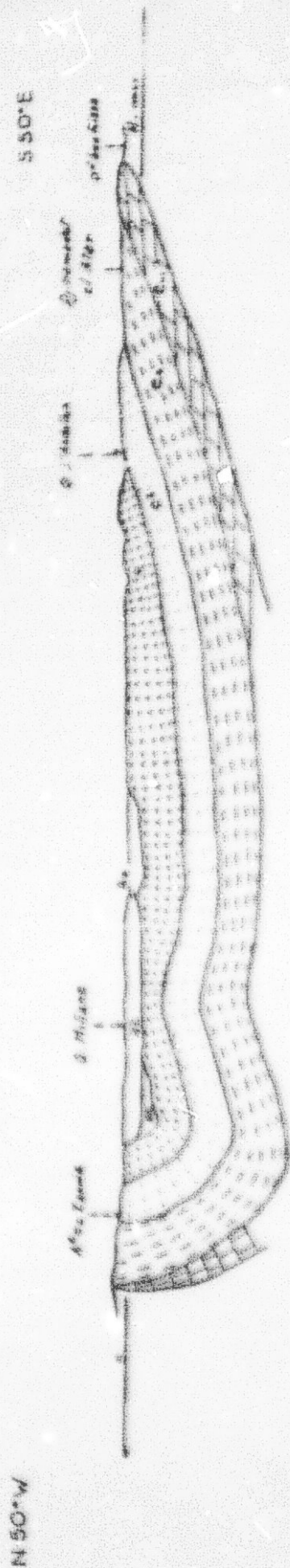
- \* Oued Melian (le seul affluent de la rive gauche),
- \* Oued Saguey el Ain et Oued Fougere qui collectent les eaux des Djebels Ain et Soussouine (partie Sud du gouvernement),
- \* Oued Bouei, Ben Aissa, Ain el Bayra et Kaar qui se rejoignent à 2 km du centre de vol aux voiles de Jebel Rassa (796 m), pour former Oued el Nouna (second oued principal de la région),
- \* Oued el Bouj qui rassemble une multitude de petits affluents collectant les eaux du versant E-W du Jebel Bou Gharbia (696 m),

### 1-2 Contexte climatique :

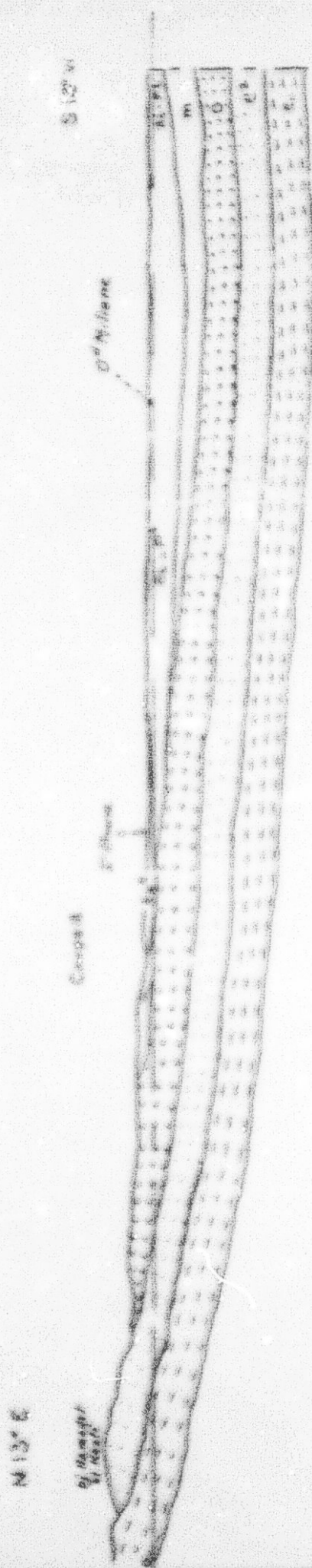
Le climat de la région de Mornag se caractérise par :

- une pluviosité moyenne annuelle de 490 mm,
- un été chaud et sec,
- un hiver relativement doux,
- une évaporation moyenne annuelle de l'ordre de 1500 mm.

FIG. 3 : COURSE GÉOLOGIQUE DU SYNCLINAL DE KIBERIA  
(SCHUBERT U., 1932)



III



V

### 1-1-1 Pluviométrie :

Les pluies moyennes inter-annuelles sont calculées à partir des séries d'observations qui ont été étendues à 70 ans et correspondant à la période 1914-1984. La moyenne arithmétique des valeurs pluviométriques des stations principales se présente comme suit :

- Bassin de versant Barbara : Barbara, Créteville et Ain Touhournek :  $P_{\text{moy}} = 315 \text{ mm}$ ,
- Bassin des versants Boudard et Baghla : El Hama amont et Ain Touhournek :  $P_{\text{moy}} = 340 \text{ mm}$
- Bassin des versants : El Hama et Sou Bahia :  $P_{\text{moy}} = 485 \text{ mm}$

La répartition mensuelle de la pluviométrie met en évidence :

- un maximum en octobre (Créteville et Sou Bahia),
- un deuxième maximum en février moins important que le premier pour Sou Bahia.

Le régime pluviométrique de cette zone est un régime à double pointe, une en automne et l'autre au printemps, la pluviométrie est variable et irrégulièrement répartie sur les 12 mois de l'année. Le maximum annuel des pluies journalières pour les stations de Créteville et Sou Bahia est de 137,5 mm. Le minimum annuel est de 24,0 mm. Sur les totaux annuels, 44% de la pluie tombée, sont constituées par des pluies journalières supérieures à 15 mm qui est une valeur, susceptible de produire du ruissellement.

### 1-1-2 Variations de la pluie inter-annuelle de la zone de recharge

La majorité des stations pluviométriques localisées dans la zone de recharge à El Khlidia sont récemment installées, c'est le cas des stations de Khlidia CTV et Khlidia Moréna sur lesquelles les observations n'ont commencé qu'à partir de l'année 1990/1991.

Afin de pouvoir déterminer une pluviométrie inter-annuelle représentative de la zone, quelques corrections ont été apportées aux valeurs relevées au niveau des deux stations les plus proches : (stations : Créteville et Deumaine Dechaume ou Chama). (Tableau n°1)

Tableau N°1 : caractéristiques des stations pluviométriques installées dans la zone de recharge

STATION	COORDONNÉES	ALTITUDE(m)	ANNÉES DE CONTRÔLE
Crêteville	X = 40°73'70" Y = 08°79'00"	80	65/66 à 87/88 90/91 à 92/93
CHAMINE	X = 40°71'20" Y = 08°84'40"	50	64/65 à 87/88 90/91 à 92/93
KHLEDIA CTV	X = 40°70'80" Y = 08°73'00"	38	90/91 à 92/93
KHLEDIA Morénaa	X = 40°70'38" Y = 08°71'98"	50	90/91 à 92/93

Une synchronisation est constatée dans les relevés pluviométriques des stations de Crêteville et de Chamine. (Fig.n°4), ce qui a permis d'en déduire l'existence d'une corrélation entre les séries ( période commune de 27 ans) de la forme :

$$Y = A + B.X$$

avec un coefficient de corrélation  $r = 0,95$  (Fig.n°3)

$$A = 54$$

$$B = 0,85$$

Ce modèle a permis de faire l'extension de l'échantillon pluviométrique annuel de la station de Khlédia CTV, pour les années non contrôlées.

La moyenne pluviométrique annuelle au niveau de la station de Khlédia CTV est de 472 mm.

La série d'observation a abouti à une moyenne annuelle au niveau de la station de crêteville (25 ans) à 476 mm et au niveau de la station de chamine (23 ans) à 464 mm avec un coefficient de variation ( $C_v$ ) de 0,12 à 0,29. A partir de ces résultats obtenus on adopte pour la zone d'étude une moyenne annuelle de 470 mm.

FIG. N° 4 : DISTRIBUTION ANNUELLE DE LA PLUVIOSITÉ DANS LES STATIONS DE CRETE VILLE ET CALUMAINNE D'ECHEVALLEE

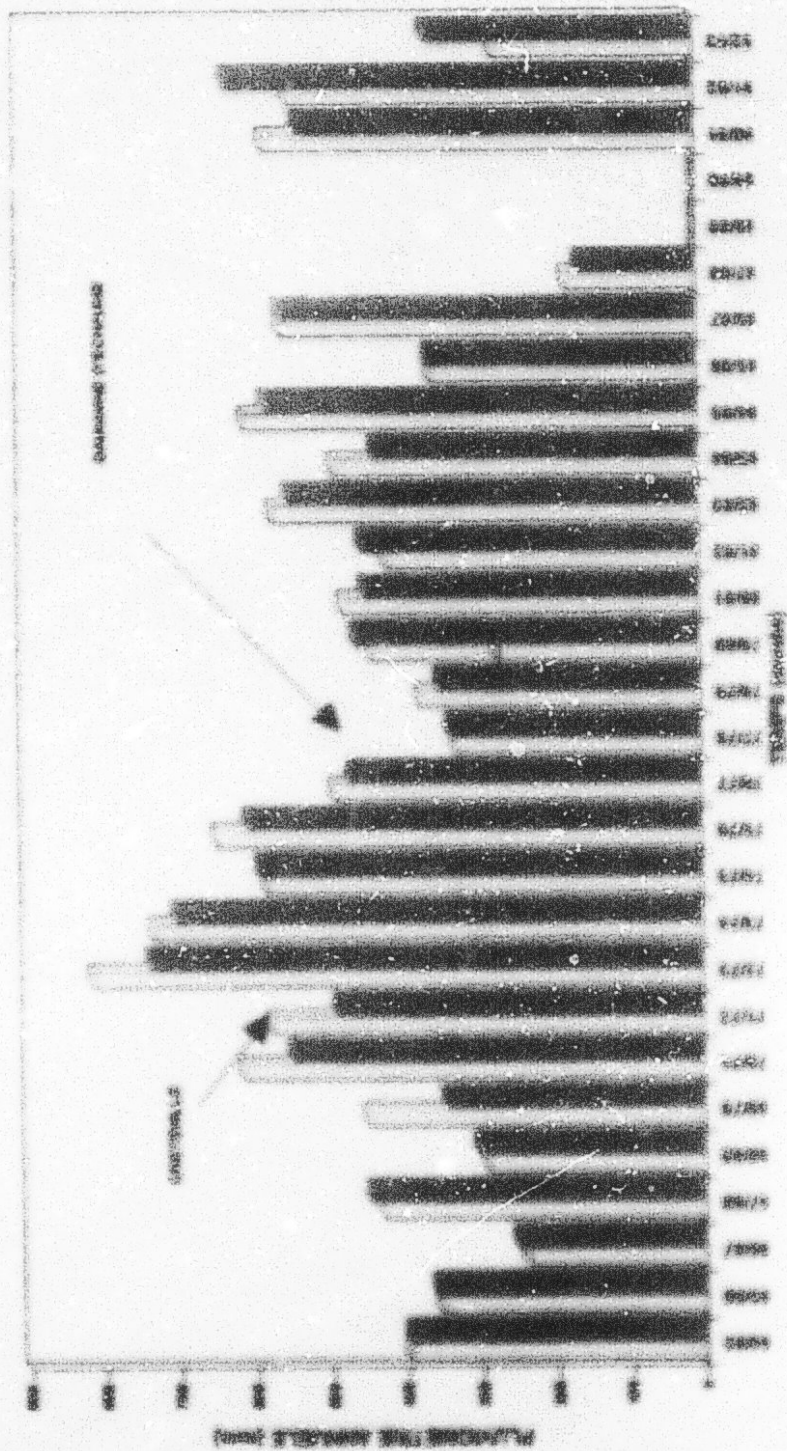


FIG. N° 1. CORRELATION ENTRE LES RELIEFS PLUVIOMÉTRIQUES DES STATIONS DE CHEVILLAR ET  
 SALMANS (D'APRÈS)



FIG. N° 1. CORRELATION ENTRE LES RELIEFS PLUVIOMÉTRIQUES DES STATIONS DE CHEVILLAR ET  
 SALMANS (D'APRÈS)



#### IV- CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

##### 4-1 Système aquifère

De part son contexte structural, et la nature lithologique des formations géologiques, la plaine de Mornag regroupe un système aquifère complexe au sein duquel, on distingue (KHEBLI M., 1980).

1- Une nappe phréatique cantonnée dans le Quaternaire récent.

2- Une nappe profonde, représentée par un aquifère complexe profond, regroupant :

- les séries du Quaternaire ancien occupant le centre de la cuvette de la plaine de Mornag (200 m d'épaisseur),
- les séries gréseuses du Miocène, recoupées au Nord de la plaine,
- les séries gréseuses de l'Oligocène donnant de petites nappes dans les grès qui surmontent les argiles de l'Éocène supérieur,
- les calcaires de l'Éocène sont susceptibles de fournir plusieurs niveaux aquifères avec des captages au pied des collines de Khlédia.

##### IV-2 Comportement hydraulique :

Deux entités aquifères constituant le système de Mornag sont :

- le synclinal Oligo-Miocène de Khlédia,
- la plaine alluvionnaire de Mornag.

Dans le synclinal de Khlédia l'alimentation de la nappe se fait par infiltration à partir des affleurements : (collines de Khlédia, Et Yella, Rouf, Badès). L'écoulement souterrain est lent au fond du synclinal alors que certaines zones basses du Quaternaire jouent le rôle d'exutoires naturels de cette structure.

Dans la plaine alluvionnaire de Mornag, les deux niveaux aquifères distingués sont :

- \* le niveau profond qui est en charge,
- \* l'aquifère superficiel phréatique qui est le plus important.

L'alimentation de cette entité se fait par :

- \* l'infiltration à partir de la pluviométrie,
- \* l'infiltration des eaux du ruissellement au pied des reliefs de bordure,
- \* infiltration des eaux des crues des oueds El Hama et Millane.

#### V- RESSOURCES ET EXPLOITATION DU SYSTEME AQUIFERE :

##### 5-1 Caractéristique du système aquifère de Mornag :

Les réserves aquifères de la plaine de Mornag sont estimées d'après les valeurs adoptées par (ENNAALI M., 1980) du volume du réservoir  $16 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  et du coefficient d'emmagasinement de  $6 \cdot 10^{-4}$ .

Ces réserves se répartissent en :

réserves géologiques	: 1250	$\text{Mm}^3$
réserves régulières annuelles	: 20,65	$\text{Mm}^3/\text{an}$
réserves exploitables	: 50,5	$\text{Mm}^3/\text{an}$

Ces réserves se caractérisent par :

Un taux de renouvellement de	: 0,02
Une durée de renouvellement de	: 50 ans

##### 5-2 Exploitation actuelle du système aquifère :

Suite à l'accroissement du nombre des forages d'une année à l'autre, l'exploitation de l'ensemble du système de Mornag est passée de  $6,09 \text{ Mm}^3/\text{an}$  en 1989 à  $7,49 \text{ Mm}^3/\text{an}$  en 1990. Cette exploitation est passée de  $8,5 \text{ Mm}^3/\text{an}$  en 1991 (DGRE., 1992), à  $9,5 \text{ Mm}^3/\text{an}$  en 1992.

Cette exploitation se fait essentiellement par les puits de surface captant la nappe pédatique et d'un nombre de forages passant de 75 en 1989 à 91 en 1990. Ce nombre a été de 93 en 1991, de 104 en 1992 et a passé à 104 en 1993. A ceci s'ajoute l'augmentation du nombre des heures de pompage d'une année à l'autre.

La réponse piézométrique de ce système aquifère s'est traduite par une tendance générale vers la baisse qui est de 1 à 2m/an en périodes sèches (DGRE., 1991). Une certaine remontée, très atténuée en périodes pluvieuses caractérise certaines zones de la nappe dont l'exploitation est réduite en ces périodes.

### 5-3 Causes de la sur-exploitation de la nappe :

L'exploitation de la nappe de Mornag a été orientée au départ vers les puits de surface dont la baisse piézométrique a été à l'origine de la création des puits et de leur équipement par la suite.

L'exploitation des niveaux aquifères profonds a permis par la suite, d'intensifier les prélèvements dans cette région qui reçoit un appoint pour l'irrigation à partir du canal de la Mejerdha-Cap-Bon. Mais les agriculteurs n'ont recours aux eaux du canal que dans la mesure où leurs puits et forages s'avèrent insuffisants pour répondre à leurs besoins.

### 5-4 Moyens de préservation de la nappe :

Afin d'éviter la sur-exploitation de la nappe de Mornag certaines mesures ont été adoptées dont principalement :

- l'instauration en juillet 1961, d'un périmètre de sauvegarde des eaux souterraines,
- la réalisation des travaux de Conservation des Eaux et du Sol dans la partie des affleurements afin de favoriser la recharge de la nappe dans les zones de surexploitation.

Afin de pallier à la baisse piézométrique et à la dégradation de la qualité chimique de l'eau de la nappe, sa recharge au niveau des grès Oligo-miocènes de Khlédis à partir des eaux du canal a été choisie comme solution technique pour plusieurs raisons dont :

- la présence d'un site favorable à la recharge directement dans la formation aquifère,
- le réseau d'adduction de l'eau de la Mejerdha Cap-Bon jusqu'au périmètre public de Mornag est conçu pour une exploitation de 15  $\text{Mm}^3/\text{an}$  alors qu'il n'en est exploité actuellement qu'un volume de 3  $\text{Mm}^3/\text{an}$  ; d'où une disponibilité des ressources permettant l'utilisation de l'eau pour la recharge de la nappe,
- la qualité de l'eau du canal qui est moyennement bonne (0,5 à 1g/l),

## VI- TECHNIQUE ADOPTÉE POUR LA RECHARGE :

### 6-1 Dispositif de recharge :

Le site de recharge de la nappe de Mornag à Khlédia consiste en une carrière abandonnée qui est située dans l'enceinte du Centre de Formation de la Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz (carte n° 28, Bir Mechergua). Cette carrière présente la forme d'une cuvette triangulaire dont la superficie est d'environ 1750 m<sup>2</sup> et sa profondeur varie de 3,6 à 11 m.

Le niveau piézométrique de la nappe au niveau de ce site de recharge est de 26,2m/TN. L'eau injectée dans la carrière est prise sur le canal Mejerdha-Cap Bon. Elle est aduquée par l'intermédiaire de deux conduites BOWER (Ø=133, Ø=106) provisoires sur une distance de 1100 m.

Ces conduites provisoires accusent avec le temps une diminution du débit résultante des pertes au niveau des joints, ce qui a nécessité son remplacement par une conduite en AMIANTÉ CIMENT (Ø = 400) qui est actuellement en cours d'installation.

### 6-2 Dispositif de suivi :

Le dispositif de suivi de la recharge de la nappe de Khlédia consiste à contrôler la piézométrie de la nappe et la saisie de son eau. Un réseau constitué de 36 puits et d'un piézomètre (n° 11094/2) permet d'avoir des relevés piézométriques qui sont effectués une fois par mois. Ce réseau est en phase de renforcement par des piézomètres équipés par des centrales d'acquisition automatique des données (Fig.n°6).

### 6-3 Mode opératoire :

L'opération de recharge a démarrée le 3-12-1991 et elle a subi un arrêt du 1-10-1992 au 18-2-1993. Elle se poursuit depuis jusqu'à ce jour, avec une durée quotidienne d'injection d'eau qui varie entre les saisons estivale et hivernale. Il est de l'ordre de 20 h/j en été et de 5 h/j en d'hiver. Les volumes injectés (Tableau n°2) sont variables selon le temps à cause de :

- la diminution du niveau du plan d'eau dans le canal, ce qui réduit ainsi l'écoulement gravitaire vers le bassin de pompage,
- le débordement du niveau d'eau dans la carrière du côté des faibles profondeurs (3,6 m).

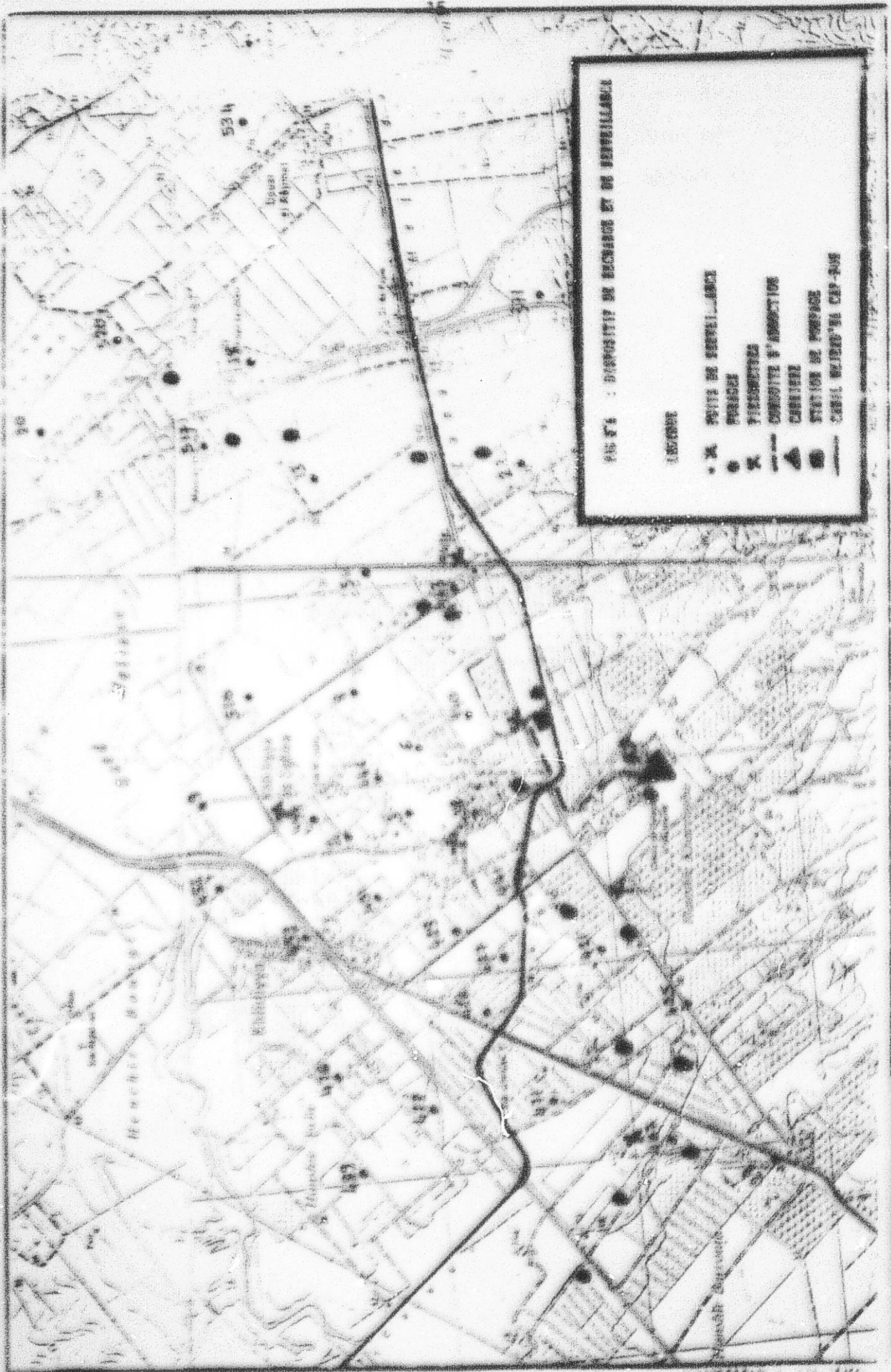


Fig. 4 : DROUWTE DE BUCHER DE DE BUCHER

LEGEND

- DE WITTE DE BUCHER
- PRAECIE
- ✕ PRAECIE
- CORROITE V' ASSOCIATION
- ▲ CANTIERE
- STATION DE PRAECIE
- CANTIERE DE CAP-308

6-3-1 Recharge durant la période (3-12-1991 à 1-10-92) :

Moyens matériels : 2 groupes moto-pompes et camionnette,  
 Moyens humains : 2 pompistes, un gardien et un chauffeur,  
 Débit d'injection : Q = 60l/s  
 Volume total injecté : V = 1 320 696 m<sup>3</sup>

6-3-2 Recharge durant la période (15-3-1993 à 30-12-93) :

Moyens humains : 1 pompiste  
 Moyens matériels : 2 conduites et une pompe  
 Débit d'injection : Q = 60l/s  
 Volume total injecté : V = 686 514 m<sup>3</sup>

Tableau N°2 : volume injecté dans la nappe au cours des 2 années de la recharge

MOIS	VOLUME 10 <sup>5</sup> M <sup>3</sup>	MOIS	VOLUME 10 <sup>5</sup> M <sup>3</sup>
DEC/91	127,728	JAN/93	0,000
JAN/92	96,456	FEV/93	0,000
FEV/92	131,904	MAR/93	52,056
MAR/92	138,672	AVR/93	125,000
AVR/92	122,832	MAI/93	184,284
MAI/92	142,848	JUN/93	94,356
JUN/92	130,464	JUL/93	102,288
JUL/92	142,632	AOU/93	133,920
AOU/92	143,136	SEP/93	78,220
SEP/92	141,984	OCT/93	65,696
OCT/92	0,000	NOV/93	66,633
NOV/92	0,000	DEC/93	14,992
DEC/92	0,000	JAN/94	18,680

VII- ECHANGES DU SYSTEME DURANT LA PERIODE DE RECHARGE :

7-1 Fluctuations du niveau piézométrique :

La variation du niveau piézométrique d'une nappe au niveau d'un point de surveillance traduit deux principales fonctions du système aquifère qui sont ses entrées à savoir la recharge ou/et la pluviométrie et ses sorties souvent représentées par son exploitation et l'évaporation qui s'exerce à son niveau.

Afin de mettre en évidence l'impact de la recharge sur les variations du niveau piézométrique de la nappe de Mornag, le piézomètre 94/1 ainsi qu'un réseau de surveillance de 36 puits sont contrôlés périodiquement une fois par mois.

Le report sur graphique des relevés piézométriques mensuels réalisés sur les points de surveillance a permis de constater une certaine périodicité des phases de remontées et d'abaissment du niveau piézométrique en fonction des trois cycles de recharge et d'arrêt d'injection d'eau (Fig.n° 7).

7-1-1 1er Cycle de recharge (3-12-1991 à 1-10-1992) :

a) Méthode de bilan piézométrique :

Durant la période de 10 mois de recharge allant du 3-12-1991 au 1-10-1992, le volume total injecté (V<sub>inj</sub>) a été de 1 130 694 m<sup>3</sup>.

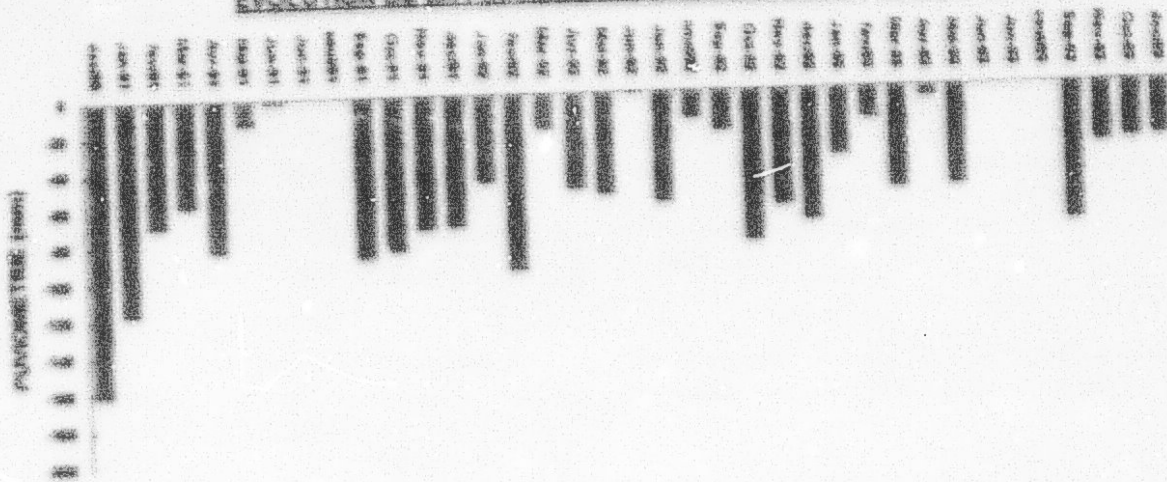
Ce cycle s'est traduit par une baisse accentuée du niveau de la nappe ce qui est dû à un pompage intensif (Fig.n°7), malgré que la pluviométrie est excédentaire. Les relevés pluviométriques au niveau de la station Khledia CTV montrent un apport pluviométrique moyen mensuel de 42,6 mm. (Tableau n° 3).

Tableau n° 3: Distribution de la pluie au cours du temps station Khledia CTV

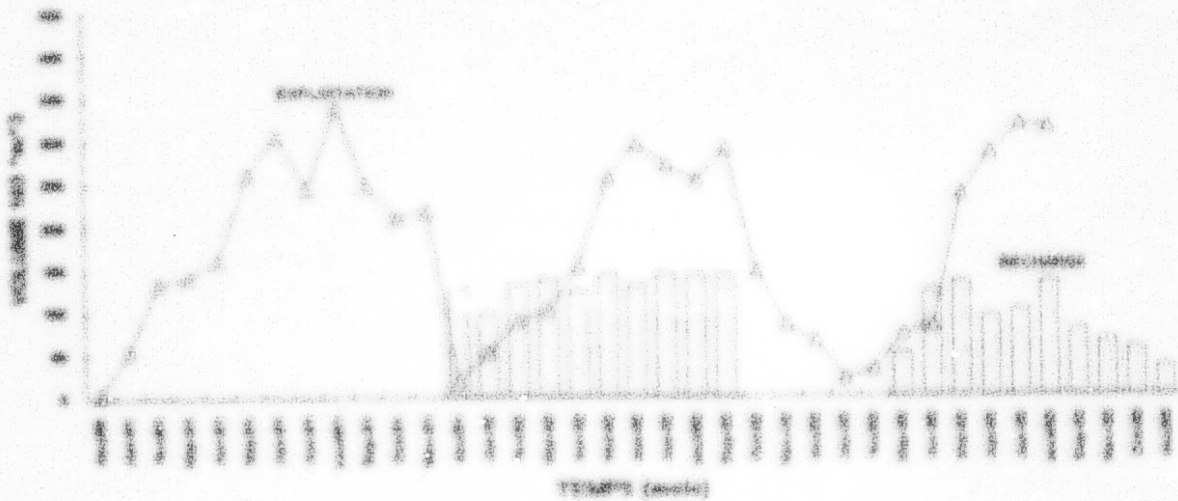
MOIS	P(mm)	MOIS	P(mm)	MOIS	P(mm)
DIC/90	101,5	DEC/91	72,0	DEC/92	72,0
JAN/91	117,5	JAN/92	48,5	JAN/93	38,0
FEV/91	62,5	FEV/92	96,5	FEV/93	17,5
MAR/91	58,5	MAR/92	26,0	MAR/93	56,5
AVR/91	62,5	AVR/92	53,0	AVR/93	6,0
MAI/91	14,0	MAI/92	56,0	MAI/93	64,5
JUN/91	3,0	JUN/92	1,5	JUN/93	0,0
JUL/91	0,0	JUL/92	61,0	JUL/93	0,0
AOU/91	0,0	AOU/92	15,0	AOU/93	0,0
SEP/91	88,0	SEP/92	22,0	SEP/93	75,5
OCT/91	64,5	OCT/92	82,5	OCT/93	31,5
NOV/91	73,0	NOV/92	63,5	NOV/93	33,0

FIG N°7

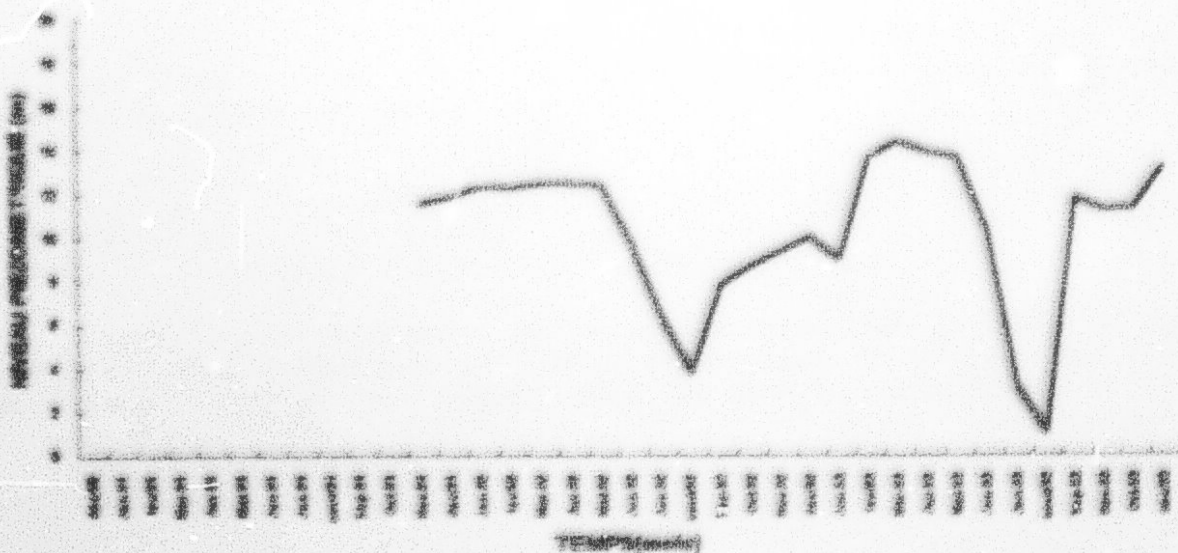
### EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE DANS LA ZONE DE RECHARGE



### EVOLUTION DE L'EXPLOITATION ET DE LA RECHARGE EN FONCTION DU TEMPS



### EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE EN FONCTION DU TEMPS AU PZ. N°1309M2



Les apports par infiltration dans la nappe ont été estimés sur la base d'une pluviométrie moyenne annuelle de 470 mm. (Cf: III-2-2).

La superficie, d'alimentation de la nappe des grès oligocènes, est estimée à 35 km<sup>2</sup> (SHOELLER H., 1932). Les zones d'alimentation du même système aquifère au niveau des grès Oligo-miocènes sur les collines de Khlédia, ont une superficie de 28 km<sup>2</sup>, ceux du Quaternaire sableux au pieds des collines de Khlédia ont une superficie de 7 km<sup>2</sup>.

D'où la partie d'eau de pluie susceptible de s'infiltrer directement (V<sub>id</sub>) au sein de ce système aquifère est évaluée à partir de la formule :

$$V_{id} = P \cdot S \cdot K_1 \quad (F1)$$

$$V_{id} = 470 \cdot 35 \cdot 0,02 = 0,33 \text{ Mm}^3/\text{an}$$

V<sub>id</sub> = volume d'eau infiltré directement jusqu'à la nappe (m<sup>3</sup>)  
P = pluviométrie moyenne annuelle (mm)  
S = superficie de la zone d'alimentation (m<sup>2</sup>)  
K<sub>1</sub> = coefficient d'infiltration (%)

Une autre partie de l'eau de la pluie rejoint la nappe après ruissellement. Ce volume est souvent pris comme étant de l'ordre de 15 à 25 % (K<sub>2</sub>) de la pluie ayant ruisselée. En considérant que 60 % (K<sub>2</sub>) de la pluie moyenne annuelle ruisselle, le volume susceptible de s'infiltrer après ruissellement est de l'ordre de :

$$V_{ir} = K_2 \cdot P \cdot S \cdot K_1 \quad (F2)$$

$$V_{ir} = 0,60 \cdot 470 \cdot 35 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ Mm}^3/\text{an}$$

V<sub>ir</sub> = volume infiltré après ruissellement de l'eau de la pluie

Ainsi le volume total infiltré (I) à partir de la pluie jusqu'à la nappe est donné par :

$$I = V_{id} + V_{ir} \quad (F3)$$

$$I = 0,33 + 1,5 = 1,83 \text{ Mm}^3/\text{an}$$

A cet apport s'ajoute le volume de recharge injecté et on considère que uniquement les 70 % atteignant la nappe, les 30% du volume injecté sont perdus dans la partie superficielle du sol.

Les entrées à la nappe pendant ce cycle sont constituées par :

$$W = R + I = R + V_{id} + V_{ir} \quad (F4)$$

$$W = 0,92 + 1,50 = 2,42 \text{ Mm}^3$$

R = recharge induite

I = volume atteignant la nappe par infiltration

Afin de déterminer l'exploitation une simplification de ce facteur a été fait. On a déduit que :

La période de pompage pendant la saison sèche représente 51 % de la durée du pompage effectué au cours d'une année dans la zone de recharge, ce qui a permis d'estimer l'exploitation durant un mois de saison sèche à 9 % de toute la période et de 7 % à un mois d'une période pluvieuse. Ces taux interressent l'exploitation à partir des forages (Tableau n°4).

Le volume, exploité à partir des puits de surface, a été évalué à partir des 50 puits se trouvant dans la zone de recharge. Le volume pompé à partir d'un puits est évalué de  $30 \text{ m}^3/\text{j}$ . Ainsi, la nappe a été sollicitée durant ce cycle avec une exploitation (E) de l'ordre de  $2,04 \text{ Mm}^3$ .

Les apports ou pertes (A) à la nappe sont ainsi de l'ordre de :

$$A = W - E \quad (F5)$$

$$A = 2,42 - 2,04 = 0,38 \text{ Mm}^3$$

Tableau n° 4 : Exploitation en M<sup>3</sup> évalués  
dans la zone de recharge

Numero IRM	Nom du Forage	1991-1992	1992-1993	1993-1994
13992/2	SG ST SELMA	88 462	112 200	131 040
10717/2	TRABELSI KHEMIS	91 104	17 200	86 700
10 910/2	MAOJIA	86 700	86 700	18 600
10829/2	AMINE KHESB			112 000
10840/2	BEN AYAD	54 000	54 000	87 000
10780/2	KOOLI EZZINE	186 700	186 600	201 200
10800/2	AMOR AYACHE	48 200	187 200	144 000
10822/2	MZOUZIS	56 448	77 700	120 000
10256/2	TABENNE 2	116 877	130 000	180 700
10100/2	STEG	36 200	124 410	124 410
10840/2	KOOLI MONGI	80 000	80 000	4 400
10870/2	SOURCHA	201 062	140 000	142 200
10880/2	BELLA MOHSEN	24 100	22 000	22 000
10884/2	SASSI ABDALHAMED		48 700	42 000
7802/2	DALLAGI	200 000	80 100	8 000
7810/2	MORENAS	215 200	80 000	87 000
7100/2	STB MORENAS	120 164	66 200	66 000

On pose  $A = A1 = 0,38 \text{ Mm}^3$   
Ou 1 de  $A1$  correspond au 1er cycle de recharge.

Les apports nets ( $AN1$ ) à la nappe pendant ce cycle soit

$$AN1 = A1 = 0,38 \text{ Mm}^3$$

#### b) Méthode de la variation piézométrique

La variation du niveau piézométrique de la nappe de Mornag entre le 3/12/1991 et le 1/10/1992 indique une baisse piézométrique sur l'ensemble de l'aire de la nappe influencée par la recharge (Fig.n°7). Le volume, prélevé de la nappe ( $S_r$ ), est ainsi évalué en se basant sur la superficie intéressée ( $S$ ), La baisse piézométrique ( $sb$ ) et le coefficient d'emmagasinement de la nappe ( $s$ ) :

$$S_r = 0,5 S_i \cdot e \cdot S_i \quad (F7)$$

$S_r$  = réserves régulatrices ( $m^3$ )  
 $\Delta h_i$  = variation piézométrique (m)  
 $S_i$  = la surface d'alimentation ( $m^2$ )  
 $e$  = coefficient d'emmagasinement (%)

D'où en se référant à la variation piézométrique (Fig. n°8), les apports nets au cours de ce cycle se présente sous une perte de  $0,38 \text{ Mm}^3$  qui est conséquence d'un cycle qui a été précédé et fini par deux états d'exploitation intensive. Le niveau piézométrique a subit une baisse généralisé à partir du mois de Mai 1992 (Fig. n°7) et le rabattement a dépassé dans la région de Khledia Schira en du fait d'un pompage continué pendant la saison estivale.

### c) Bilan du 1er cycle de recharge :

Les apports net obtenu par la méthode du bilan pluviométrique aboutit à un gain à la nappe de  $0,38 \text{ Mm}^3$  par contre la méthode de la variation piézométrique estime ces apports à une perte de  $0,38 \text{ Mm}^3$ . Malgré la recharge, ce dernier résultats est vu plus réaliste pour la simple raison que les facteurs intervenant dont l'évaluation de ce résultat sont moins nombreux et plus précises.

7-1-1 1<sup>er</sup> cycle de recharge (1-10-1992 à 15-3-1993)

### a) Méthode de bilan pluviométrique

Cette période correspond à l'arrêt de l'injection de l'eau (Fig. n°7). Elle coïncide aussi avec une période pluvieuse qui a enregistré un cumul de  $445 \text{ mm}$  (Tableau n°3). ( $P_{\text{moy}}$  mensuelle =  $55,6 \text{ mm}$ ) ce qui retarde le recours des agriculteurs au pompage.

L'apport pluviométrique, susceptible d'atteindre la nappe après infiltration pendant ce cycle évalué selon (F3) est de  $I=0,76 \text{ Mm}^3$ . Les apports à la nappe sont de :

$$N = 0 + 0,75 = 0,75 \text{ Mm}^3 \quad (F4)$$

avec  $R = 0$  (recharge est arrêtée)

L'exploitation moyenne pendant ce cycle a été de l'ordre de  $0,85 \text{ Mm}^3$  qui a été évaluée à partir d'un certain nombre de forages implantés dans la zone (Tableau n°6). Ainsi les apports (A2) à la nappe pendant ce deuxième cycle sont de :



FIGURE : COURSE D'ISO-BARIMETRE (DU 3/12/1991 AU 1/10/1992)  
(.X) Numéro 1001 des puits de surveillance  
A Site de recharge  
Echelle 1/50.000

$$A_2 = 0,75 - 0,85 = -0,09 \text{ Mm}^3 \quad (F5)$$

Les apports nets à la nappe sont évalués comme suit :

$$AN_{i+1} = A_{i+1} + AN_i \quad (F6)$$

$AN_i$  = apport net à la nappe pendant le cycle  $i$   
 $A_i$  = apport ou perte à la nappe (F5) pendant le cycle  $i$

Pour le 2<sup>ème</sup> cycle de recharge ou  $i = 2$  on a :

$$AN_2 = A_2 + AN_1$$

$$AN_2 = (-0,09) + (0,38) = 0,29 \text{ Mm}^3$$

#### b) Méthode de la variation piézométrique :

L'analyse de relevés piézométriques montre une remontée de 7 m du niveau du plan d'eau durant ce cycle au niveau du piézomètre de N°IRN 11094/2 (Fig. n°7).

Contrairement à l'état final du 1<sup>er</sup> cycle de recharge, au cours de ce deuxième cycle, la piézométrie de la nappe a accusé une remontée généralisée à l'ensemble de l'étendue de la zone de recharge (Fig. n°8). La courbe d'iso-remontée a dépassé 6 m dans la région située entre la station de pompage et Khidja Schira. Le cycle peut être considéré comme étant qu'un cycle de recharge ou de reconstitution des réserves à partir des injections faites aux cours du cycle précédent d'ou (Gr) est de 0,6 Mm<sup>3</sup> (F7).

#### c) Bilan du 2<sup>ème</sup> cycle de recharge :

Quelque soit la méthode d'évaluation des apports nets à la nappe (méthode pluviométrique ou méthode de la variation piézométrique), on constate que la nappe a subi un gain au niveau de ses réserves.

Ce gain résulte à partir des injections effectuées au cours du cycle précédent et d'une exploitation qui a été retardé par une période très pluvieuse. Les apports nets pendant ce cycle sont de l'ordre de 0,68 Mm<sup>3</sup>.



FIGURE : COURBE D'ISO-RECHARGE (DJ 1/10/1992 AU 15/3/1993)  
(.z) Numéro IMI du puits de surveillance  
▲ Site de recharge  
Echelle 1/50.000

7-1-3 3<sup>ème</sup> Cycle de recharge (15-3-93 à 3-1-94) :

a) Méthode du bilan pluviométrique :

Au cours de cette période l'injection de l'eau dans la carrière a été faite à raison d'un débit de 60 l/s pour un temps variant de 5 à 20h/j. Le volume total injecté est de  $V_{inj} = 686\ 514\ m^3$ .

L'épuisement des réserves régulatrices de la nappe au démarrage de ce cycle semble résulter de l'effet d'une période estivale pluviométrique déficitaire ( $P_{moy\ mensuelle} = 28,6\ mm$ ), (Tableau n° 3).

Le volume, susceptible de rejoindre la nappe par infiltration, évalué selon (F3) est de  $1,50\ Mm^3$ , les entrées à la nappe sont de :

$$W = 0,49 + 1,50 = 2\ Mm^3 \quad (F4)$$

Pour des coefficients d'exploitation indiqués, précédemment ; l'exploitation moyen (E) au cours de ce cycle est de  $1,88\ Mm^3$ . Les apports à la nappe évalués selon (F5) sont de :

$$A3 = 2,00 - 1,88 = 0,12\ Mm^3$$

D'où une perte sur les réserves de la nappe dû à une surexploitation. Les apports nets à la nappe en tenant compte du cycle précédent sont selon (F6) de :

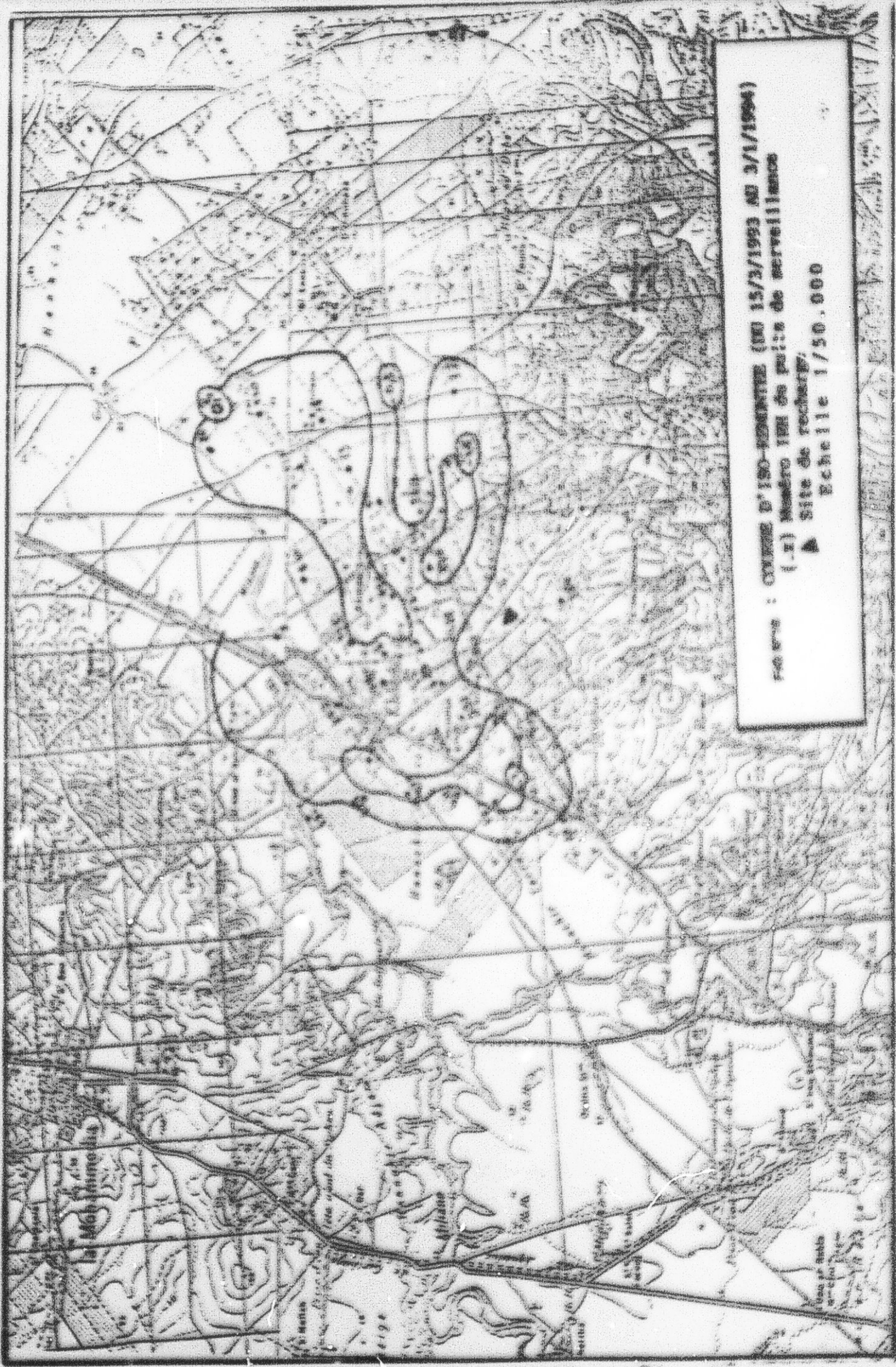
$$AN3 = 0,12 + 0,29 = 0,41\ Mm^3$$

Ainsi, les apports nets à la nappe estimés selon la méthode du bilan pluviométrique depuis le commencement de la recharge est de  $0,41\ Mm^3$ .

b) Méthode de la variation piézométrique :

Après une période de 6 mois de recharge au cours de laquelle la nappe a pu reconstituée ses réserves, le niveau piézométrique de la nappe a accusé une remontée de 10,73 m après un arrêt de pompage d'un mois et d'un apport pluviométrique de 70 mm.

En général ce cycle est caractérisé par une baisse du niveau piézométrique de la nappe (Fig.n°10) ce qui a aboutit à un déficit des réserves ( $\Delta r$ ) de la nappe pendant cette période de  $0,04\ Mm^3$  (Fig.n° 7).



Feuille : OUVRE D'ISO-RESISTANCE (NO 15/3/1993 AD 3/1/1994)  
(.1) Numéro IGN de plan de surveillance  
▲ Site de recharge  
Echelle 1/50.000

### c) Bilan du 3eme cycle de recharge :

Le volume d'eau libre, stocké au cours de la période de la recharge depuis Décembre 1991 jusqu'à Décembre 1993, est évalué par la méthode de la variation piézométrique (Fig. n°11) est de  $0,53 \text{ Mm}^3$ . Ce volume dépasse nettement celui estimé par la méthode du bilan pluviométrique ( $\Delta M = 0,41 \text{ Mm}^3$ ), mais les apports à la nappe de l'ordre de  $0,53 \text{ Mm}^3$  sont plus précises étant donné que ce résultat est à la base des mesures expérimentales.

#### 7-1-4 Conclusion :

L'influence de la recharge pratiquée au niveau de la carrière de K'lédia s'est faite sentir sur la nappe de Mornag au terme de 20 mois par une remontée piézométrique sensible. Cette remontée est observée sur la majorité des points de surveillance. (Fig. n°12)

L'écoulement de l'eau dans la nappe des grès Oligocènes de Khlédia se fait dans la direction de l'Oued Méliane avec une orientation principale dans la direction Sud-Nord.

Les coupes piézométriques effectuées dans la zone de recharge (Fig. n°13) ont permis de constater que

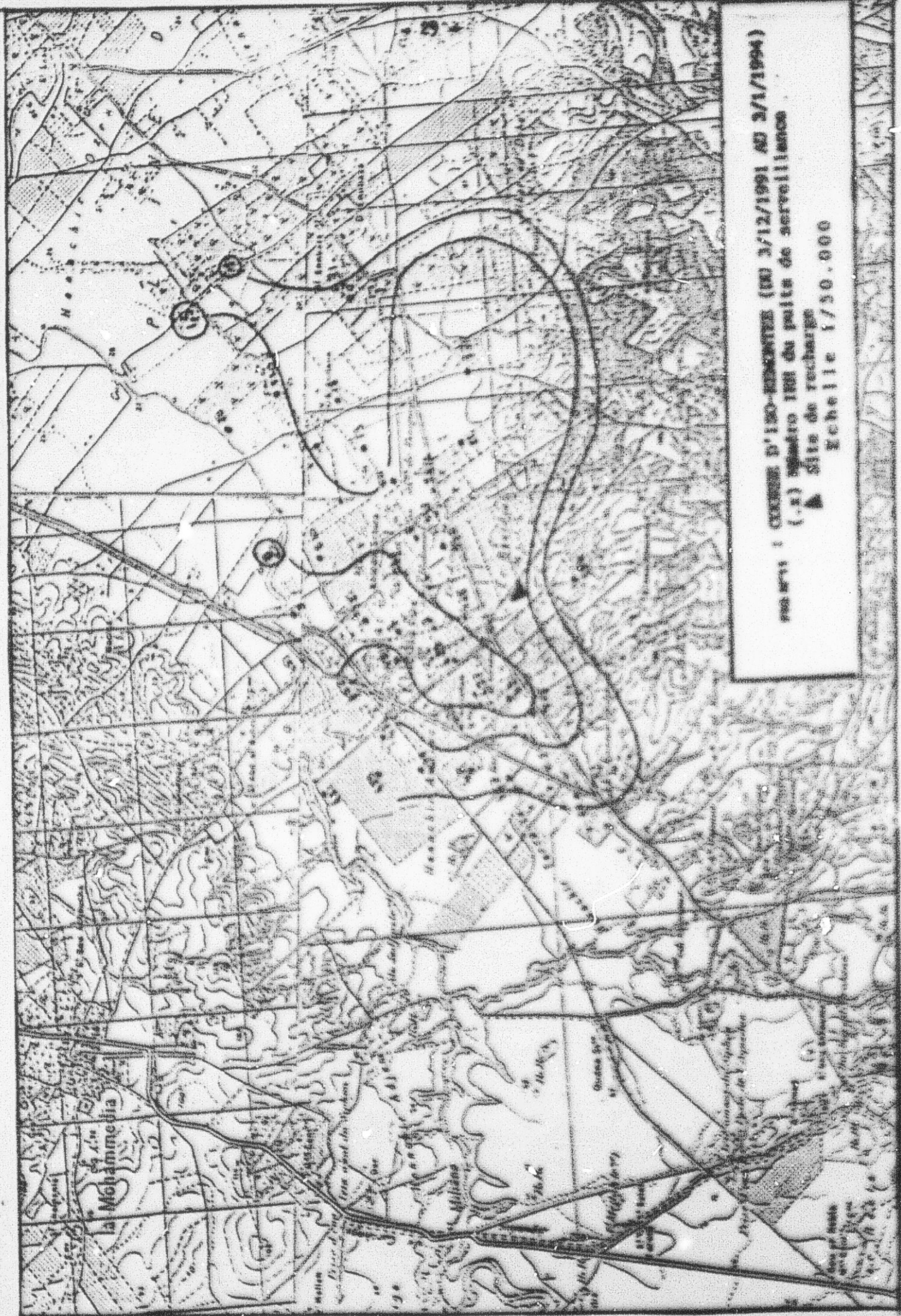
La région située entre le site de recharge (Centre de Formation d'Electricité et de Gaz à El Khlédia) et Henchir Awin (Direction C1) a acquis une élévation du niveau de la nappe pendant les 2 années de recharge et le rabattement de la piézométrie résultant du pompage a été complètement réabsorbé par la recharge.

- Dans la région située entre le site de recharge et El Khlédia Es Sghira (Direction C2), aucune fluctuation n'a été signalée du fait que le nombre du point de pompage est minime. Les coupes piézométriques C1 et C2 montrent une remontée de la piézométrie d'une importance réduite par rapport à celle constatée dans le champ de C2.

- Dans la région située entre le site de recharge et Henchir M'Barek (Direction C3), on constate que la densité des points de pompage est plus importante ce qui a abouti à une baisse du niveau de la nappe par rapport à celle enregistrée avant la recharge (Puits n° 13).

On constate aussi que :

Le niveau de l'eau dans la nappe a subi une remontée dans tous les points de surveillance situés dans la zone de recharge ce qui n'a pas été remarqué sur la ligne située à proximité de l'Oued Méliane du fait du flux imposé par l'Oued (Fig. n°13)



PROJET : COORDONNÉES D'UNO-RECHERCHES (DU 3/12/1991 AU 2/1/1994)  
PROJET : (S) MONTRO 1991 du puits de surveillance  
▲ sites de recharge  
Echelle 1/50.000

la Mohammedia

Meltem

Miliana

Quatre Bras

Montagne de V. (M. de V.)

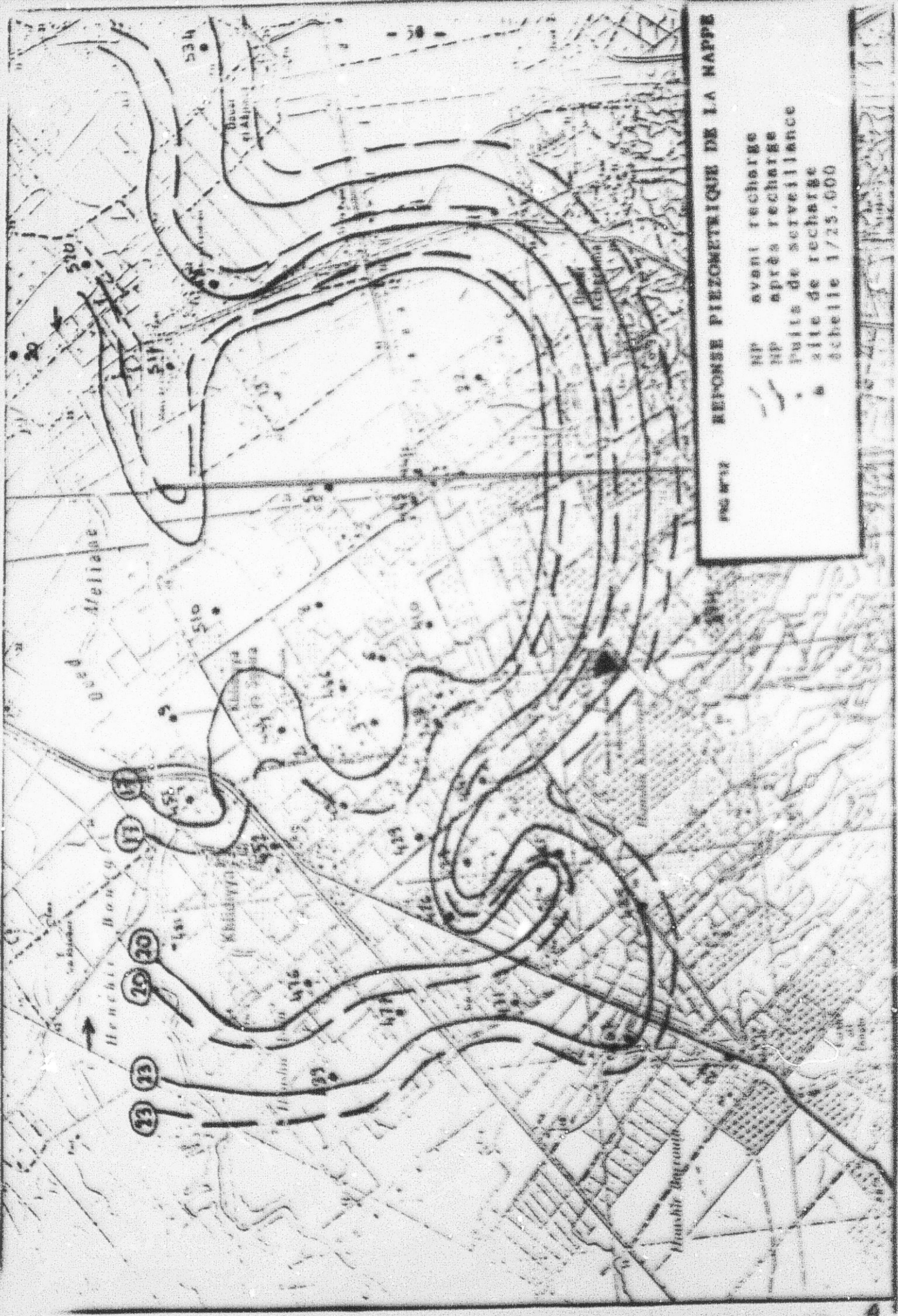
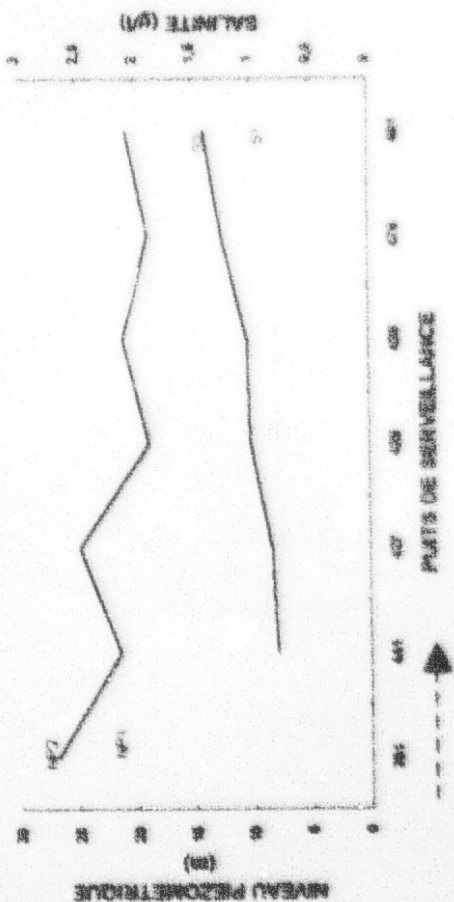


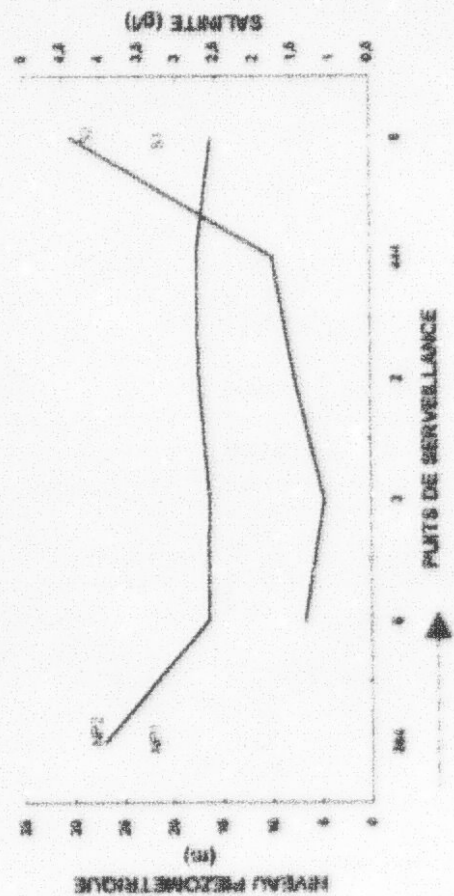
FIG. N° 11 RECONNAISSANCE PIÉZOMÉTRIQUE DE LA MAPPE

- HP avant recharge
  - HP après recharge
  - Puits de surveillance
  - Site de recharge
- échelle 1/25.000

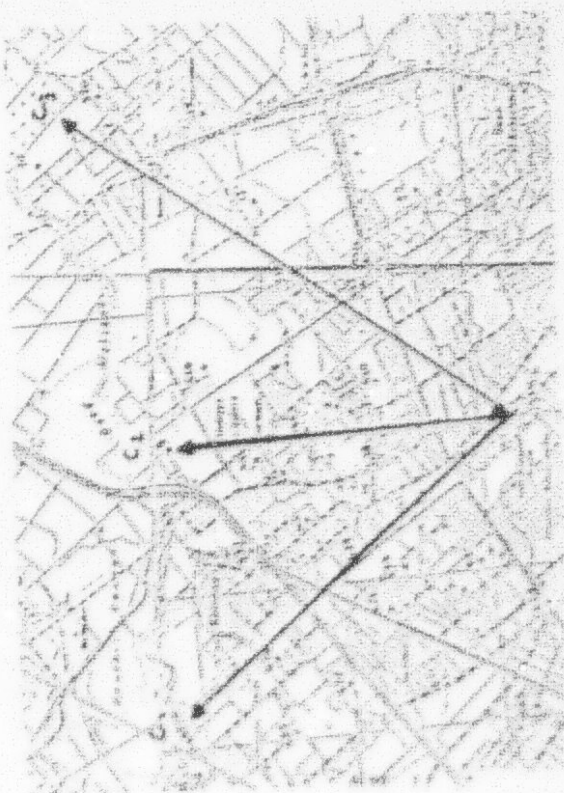
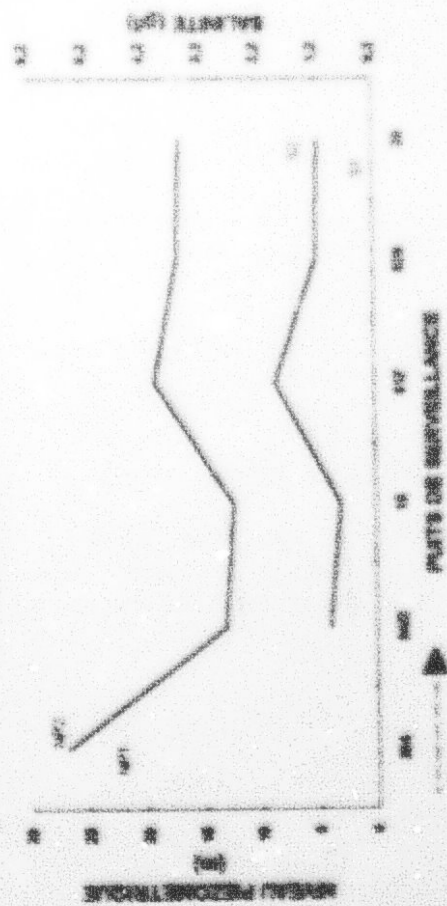
**PREZOMETRIE ET SALINITE DE DIRECTION C1**



**PREZOMETRIE ET SALINITE DE DIRECTION C2**



**PREZOMETRIE ET SALINITE DE DIRECTION C3**



LE TISSINIERE

- (NP1) Niveau piezométrique à 200 cm de profondeur
- (NP2) Niveau piezométrique à 100 cm de profondeur
- (S1) Salinité des eaux de surface à 200 cm de profondeur
- (S2) Salinité des eaux de surface à 100 cm de profondeur

LES NIVEAUX DE LA PREZOMETRIE ET DE LA SALINITE DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

## 7-2 Impact de la recharge sur la salinité de l'eau de la nappe:

Dans la région de Khlédia les puits et forages sont creusés dans les grés de l'Oligocène et les alluvions. Les profonds captent les grés et les moins profonds logés dans les alluvions quaternaires argilo-sableux.

La composition chimique des eaux de la nappe des alluvions quaternaires présente le même faciès chimique que la nappe Oligocène (SCHOELLER H., 1932), ce qui permet de concevoir une communication entre les eaux des deux nappes, par les bords du synclinal. Le résidu sec (RS) des eaux des grés Oligocènes varie de 0,4 à 0,79 g/l et exceptionnellement atteint 1,16g/l. Les eaux provenant des basses terrasses quaternaires ont un résidu sec de 0.7 g/l.

Avant l'opération de recharge, le résidu sec détecté des eaux des puits de surveillance situés aux alentours des grés Oligocènes varie de 0,7 à 1,7 g/l (Fig. n°13, 51). La salinité est plus élevée dans les puits les plus proches du cours aval de l'Oued Méliane, cas des puits n° 481 et n°9.

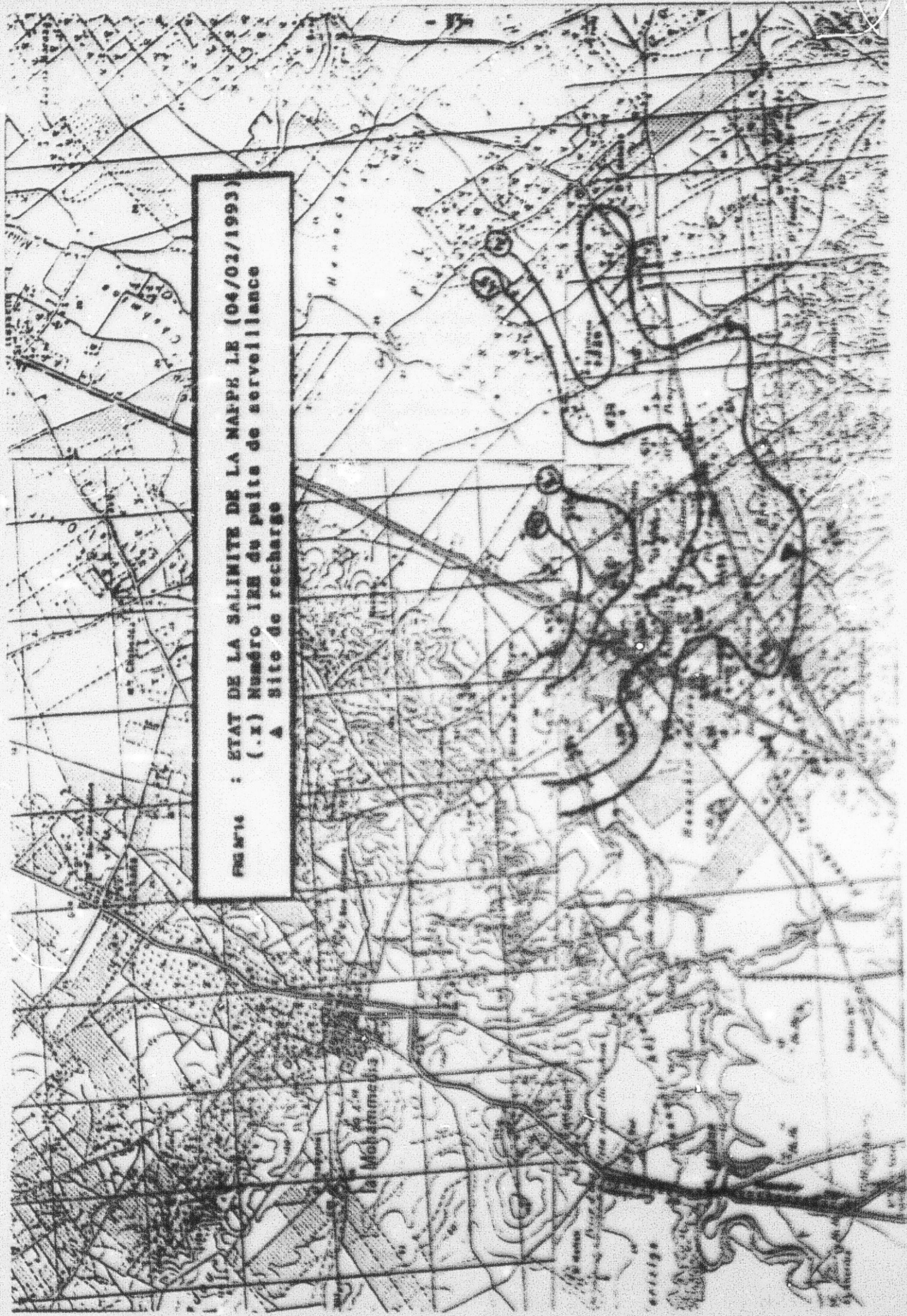
L'eau injectée présente, aux stations de FOUNDEX EJDID et GHEDIR EL GOULLA situées respectivement de 30 km du NW et 27 km du SE de la station de pompage, en hiver, une salinité variant de 0,5 à 1g/l et en été, cette salinité ne dépasse guère les 2g/l ( $1,3 < RS < 1,9$  g/l). Le résidu sec moyen est de 1,4 g/l (Tableau n°5 et n°6).

Au cours de l'opération de recharge, une augmentation modérée du taux de salinité a été constatée (Fig. n°13, 51), au niveau des points les plus proches du site de recharge, cas du puits n° 921, n° 427, et n° 3. Plus le puits est éloigné du site de recharge (sens de la flèche), plus est probable l'accroissement de la salinité de son eau (n°429, n°3, n°317).

L'augmentation de la salinité de l'eau des puits (N°481, N° 9, N° 20) semble avoir comme origine, les apports de l'Oued Méliane qui reçoit (Fig. n° 14) :

- des affluents dont l'écoulement pérenne est à salinité élevée tel que Oued El Hammam (O.Mellah) recevant les eaux thermales usées de Djebel Ouest (RS = 17,8 g/l).
- les lâchures du Barrage Bir Mecherqua (RS = 3,5 g/l).
- la dépression empruntée par l'Oued Méliane aux abords de Khlédia se caractérise par des sols alluviaux, fluviatiles, limoneux, salés en profondeur et contenant plus de 20 % d'argiles.

FIGURE : ETAT DE LA SALINITE DE LA MAPPE LE (04/02/1993)  
(.I) Numéro IRR du puits de surveillance  
A Site de recharge



Les mesures effectuées après un arrêt de la recharge pendant trois mois (Fig.n° 13, S2), montrent un accroissement modéré de la salinité de l'eau de la nappe qui est une conséquence de l'interaction de l'eau, en réduction du fait du pompage continu et de l'arrêt de la recharge, avec le milieu poreux, car une injection d'eau de même taux de RS que celle de l'eau de la nappe, permet d'atténuer la salinité de cette dernière.

**TABLEAU N°1. SALINITE ET Taux DU CANAL. MARSA MATRUH. CAP-BON  
STATION PIERRE BLEUE**

MOIS	SALINITE (g/l)	MOIS	SALINITE (g/l)
Jan-68	0.85	Jan-68	1.35
Fev-68	1.06	Fev-68	0.81
Mars-68	1.77	Mars-68	0.99
Avr-68	1.3	Avr-68	1.16
Mai-68	1.8	Mai-68	1.78
Jun-68	1.32	Jun-68	1.5
Jul-68	1.37	Jul-68	1.32
Août-68	0.88	Août-68	1.42
Sept-68	1.1	Sept-68	1.07
Oct-68	0.85	Oct-68	1.05
Nov-68	1.07	Nov-68	1.74
Déc-68	1.05	Déc-68	1.54

**TABLEAU N°2. SALINITE ET Taux DU CANAL. MARSA MATRUH. CAP-BON  
STATION STATION EL-DONALLA**

MOIS	SALINITE (g/l)	MOIS	SALINITE (g/l)
Jan-68	1.9	Jan-68	0.83
Fev-68	1.16	Fev-68	0.81
Mars-68	0.45	Mars-68	0.67
Avr-68	1.28	Avr-68	1.78
Mai-68	1.7	Mai-68	1.81
Jun-68	1.42	Jun-68	1.52
Jul-68	1.58	Jul-68	1.05
Août-68	1.38	Août-68	1.42
Sept-68	1.29	Sept-68	1.6
Oct-68	1.12	Oct-68	1.74
Nov-68	1.78	Nov-68	1.54
Déc-68	1.85	Déc-68	1.67

### VIII- CONCLUSION :

La nappe de Mornag est incontestablement en situation de surexploitation du fait de l'extension continue des champs de captage et à l'accroissement des prélèvements en eau par puits et forages. Cette situation a imposé le recours à sa réalimentation artificielle. Pour ceci un site a été choisi dans une ancienne carrière de sables dans les grès Oligo-miocènes de Khlédia.

Cette opération de recharge, a démarrée le 3/12/1991 sur le système aquifère de Mornag, est pratiquée afin d'apporter à la nappe une ressource supplémentaire et maîtriser son régime hydrologique. Les conditions de cette recharge sont les suivantes :

- Volume totale injecté ( $2\ 007\ 310\ m^3$ ),  $1\ Mm^3/an$ ,
- La durée de recharge est de 30 mois,
- Pluviométrie moyenne annuelle =  $470\ mm/an$ ,
- Exploitation moyen annuelle =  $2,4\ Mm^3/an$ .

Il en a résulté de cette recharge les constatations ci-après résumées :

- L'apport en eau à la nappe est de l'ordre de  $0,26Mm^3/an$ ,
- Le débit unitaire d'infiltration dans les grès de l'oligocène, considéré moyennement bon, est estimé de  $1,4\ 10^{-5}\ m^3/s/m^2$ ,
- Le niveau piézométrique de la nappe a subi une remontée qui est en moyenne de  $1,34\ m$  pour une variation piézométrique de  $0\ à\ 3\ m$  constatée au niveau des points de surveillance,
- Au niveau de certains points du suivi de la piézométrie, le rabattement du niveau de la nappe a été complètement résorbé par la recharge,
- L'eau des grès Oligo-miocènes est d'une salinité de variante  $0,7\ à\ 1,7g/l$ . L'eau de la recharge présente une salinité variant de  $0,5\ à\ 1,9g/l$ . Ces ordres de grandeur aboutissent à une conservation de la qualité chimique de l'eau de la nappe,
- Une tendance vers la salinisation de l'eau de la nappe a été constatée dans la zone située à proximité de l'oued Méliane.

Dans l'ensemble, les résultats de cette recharge mettent en évidence des impacts positifs tant sur le plan apport volumique en eau à la nappe que du point de vue de la conservation de la qualité chimique de son eau. Ces premières constatations sont encourageantes pour multiplier ces opérations d'alimentation de cette nappe et pour étendre le champs de sa recharge à d'autres zones.

REFERENCIE BIBLIOGRAPHIQUE

- DGERE., 1991  
ANNUAIRE HYDROLOGIQUE DE TUNISIE  
Tunis-DGERE. 272p. - 26fig. - 190tab.
  
- DGERE., 1992  
ANNUAIRE DE L'EXPLOITATION DES NAPPES PROFONDES  
Tunis-DGERE. 241p. - 21fig. - 223tab.
  
- DGERE., 1993  
METHODES ET APPROCHES D'EVALUATION DES RESSOURCES  
EN EAU SOUTERRAINE EN TUNISIE, Actes de la 11eme  
Journée des ressources en eau 25 Mai 1993.  
Tunis-DGERE. 112p. - 23fig. - 11tab.
  
- ENNABLI M., 1980  
Etude hydrogéologique des aquifères du Nord-Est de la  
Tunisie pour une gestion intégrée des ressources en eau  
(Thèse d'Etat).
  
- SCHOLLER H., 1977  
ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DU SYNCLINAL DE KHLEDIA  
(D'OUEDHA A LA MER).  
DGERE. - 62p. - 12fig. - 1tab.
  
- STEIN\*GNC., 1991  
ETUDE DES BARRAGES COLLINAIRE (DES ARCS)  
STEIN. - 40p. - 12fig. - 1tab. - 200000.

## ANNEXES

- Bilan du 1er cycle de recharge
- Bilan du 2ème cycle de recharge
- Bilan du 3ème cycle de recharge
- Bilan d'une période de 2 années de recharge

Bilan du 1er Cycle de recharge

PERIODE	01/12/1981 - 1/10/1982
Ving = volume injecté par la recharge (litres)	0,92
Vid = F1 = volume initial directement de la photo (litres)	0,27
Vir = F2 = volume initial après retournement de la photo (litres)	1,23
i = F3 = volume alloué à la nappe (litres)	1,56
E = capacité (litres)	2,04
w = F4 = apports à la nappe (litres)	1,42
Ai = F5 = apports au puits à la nappe (litres)	0,36
A00-1 = F6 = apports nets à la nappe (litres)	0,18
= F7 = recharges complémentaires (litres)	-0,28

Bilan du 2eme Cycle de recharge

PERIODE	01/12/1982 - 15/01/1983
Ving = volume injecté par la recharge (litres)	0
Vid = F1 = volume initial directement de la photo (litres)	0,14
Vir = F2 = volume initial après retournement de la photo (litres)	0,02
i = F3 = volume alloué à la nappe (litres)	0,76
E = capacité (litres)	0,85
w = F4 = apports à la nappe (litres)	0,76
Ai = F5 = apports au puits à la nappe (litres)	-0,59
A00-1 = F6 = apports nets à la nappe (litres)	0,28
= F7 = recharges complémentaires (litres)	0,69

Bilan du 3eme Cycle de recharge

PERIODE	15/01/1980 - 31/1/1980
V <sub>2d</sub> = volume injecté par la recharge (litres)	0.49
V <sub>1d</sub> = F1 = volume utilisé directement de la production (litres)	0.27
V <sub>2e</sub> = F2 = volume utilisé après rabattement de la production (litres)	1.23
I = F3 = volume alloué à la consommation	1.50
E = consommation (litres)	1.53
W = F4 = apports à la nappe (litres)	2.00
A <sub>2</sub> = F5 = apports au puits à la nappe (litres)	0.12
A <sub>2d+1</sub> = F6 = apports nets à la nappe (litres)	0.41
= F7 = ressources régionales (litres)	-1.04

Bilan d'une période de 1 annee de recharge

PERIODE	01/01/1981 - 31/1/1984
V <sub>2a</sub> = volume injecté par la recharge (litres)	1.41
V <sub>1a</sub> = F1 = volume utilisé directement de la production (litres)	0.68
V <sub>2e</sub> = F2 = volume utilisé après rabattement de la production (litres)	3.02
I = F3 = volume alloué à la consommation	3.76
E = consommation (litres)	4.77
W = F4 = apports à la nappe (litres)	5.17
A <sub>2d+1</sub> = F5 = apports nets à la nappe (litres)	0.41
= F7 = ressources régionales (litres)	0.53

---

**FIN**

**43**

**VUES**