



MICROFICHE N°

08406

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU

**ACTES DE LA JOURNEE SUR LA
SUREXPLOITATION DES NAPPES PHREATIQUES**

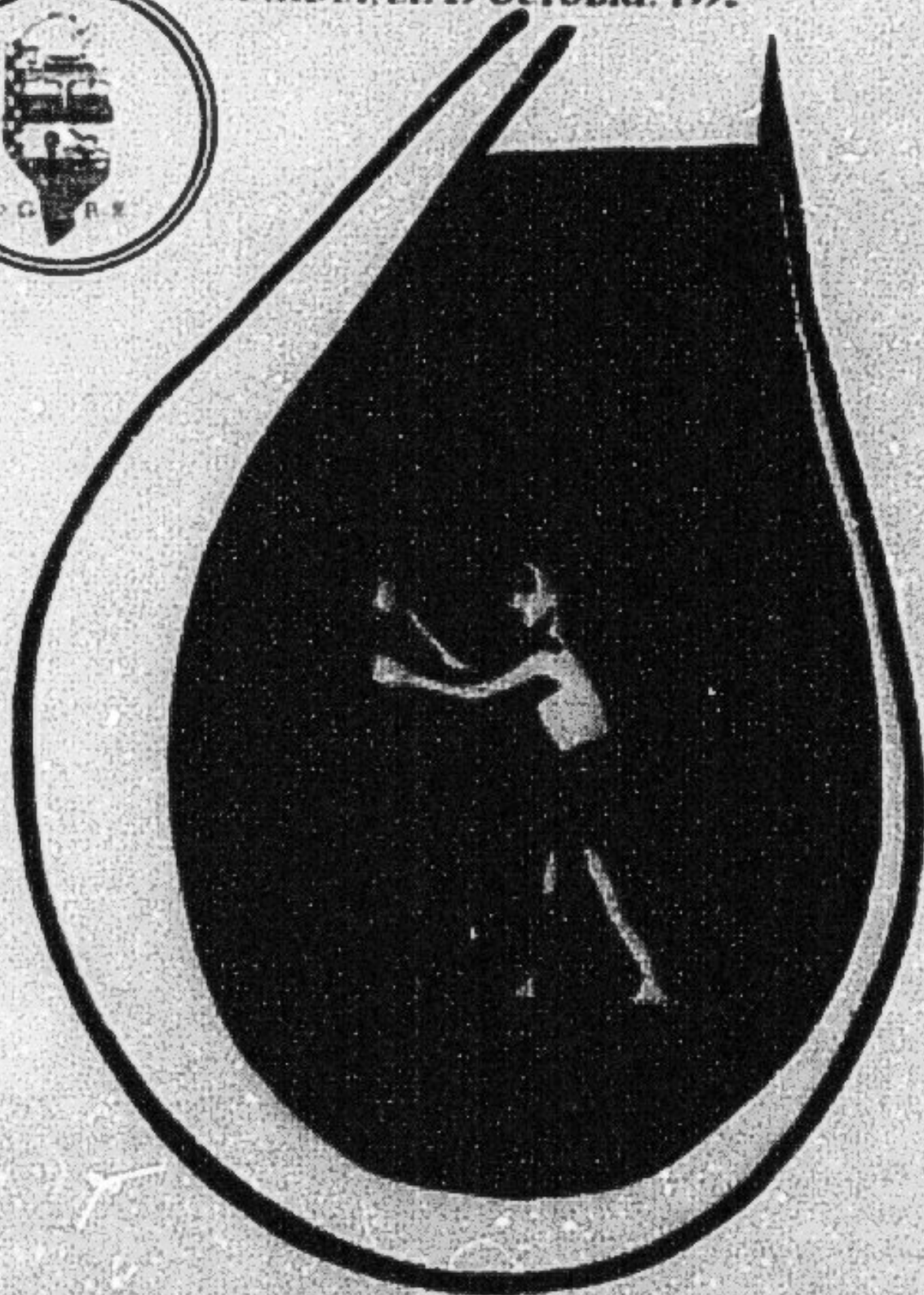
MAHDIA, LE 29 OCTOBRE 1992

SEPTEMBRE 1993

DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU

**ACTES DE LA JOURNEE SUR LA
SUREXPLOITATION DES NAPPES PHREATIQUES**

MAHDIA, LE 29 OCTOBRE 1992



SEPTEMBRE 1993

**REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION GENERALE DES
RESSOURCES EN EAU**

**ACTES DE LA JOURNEE SUR LA SUREXPLOITATION
DES NAPPES PHREATIQUES**

(Mahdia le 29 Octobre 1992)

Organisée par

- *La Direction Générale des Ressources en Eau*
- *Le Commissariat régional au développement Agricole de Mahdia*
- *Ministère de l'Agriculture*

Septembre 1993

SOMMAIRE

• Allocution de AP M. BACHA <i>Directeur Général des Ressources en Eau</i> à l'occasion de l'ouverture de la journée	1
• La surexploitation des nappes phréatiques de Tunisie	
A. MAMOU (DGRE)	18405
• Les signes de la surexploitation des nappes phréatiques du Gouvernorat de Mahdia	
A. MARRAKCHI (A/RE. CRDA de Mahdia)	24 18406
• Impact quantitatif et qualitatif de la surexploitation des nappes aquifères.	
- Cas des nappes du Mornag et de Cap Bon.	
M. REKAYA (A/RE. CRDA de Nabeul)	40 18407
• Les nappes phréatiques surexploitées du Gouvernorat de Bizerte	
R. GABBOUJ (A/RE. CRDA de Bizerte)	56 18408

**NOTE SUR LES SIGNES DE LA SUREXPLOITATION DES NAPPES
PHRÉATIQUES DU GOUVERNORAT DE MARDIA**

A. MARRAKCHI

Arrondissement des Ressources en Eau

C.R.D.A. de Mardja

NOTE SUR LES SIGNES DE LA SUREXPLOITATION DES NAPPES PHREATIQUES DU GOUVERNORAT DE MAHDIA

A. MARRAKCHI

Arrondissement des Ressources en Eau

CRDA de Mahdia

I. INTRODUCTION:

Un aquifère est une entité hydrogéologique constituée d'une formation perméable au sein de laquelle s'effectue un écoulement significatif et permettant le captage de quantités d'eau appréciables, par différents moyens de puisage.

Au sein d'une nappe aquifère, l'accumulation de l'eau s'effectue dans les pores de la matrice perméable. Elle se fait avec une composante horizontale de vitesse relativement importante sous l'effet du potentiel de gravité de telle sorte qu'un équilibre tend à s'établir à long terme, entre l'alimentation, l'exsaur et l'accumulation de l'eau au sein de l'aquifère.

Les nappes se classent en deux types libres et captives.

• **Réserve en eau souterraine :** La réserve en eau souterraine est la quantité d'eau stockée gravitairement dans une tranche d'aquifère délimitée. Les réserves en eau souterraines se différencient en quatre catégories qui sont :

• **Réserve totale de l'aquifère :** C'est la quantité d'eau gravitaire, existante dans le volume d'aquifère délimité à la base, par le substratum et au sommet par un toit imperméable dans le cas d'une nappe captive et par la surface piézométrique maximale moyenne dans celui de la nappe libre (Figure N°1)

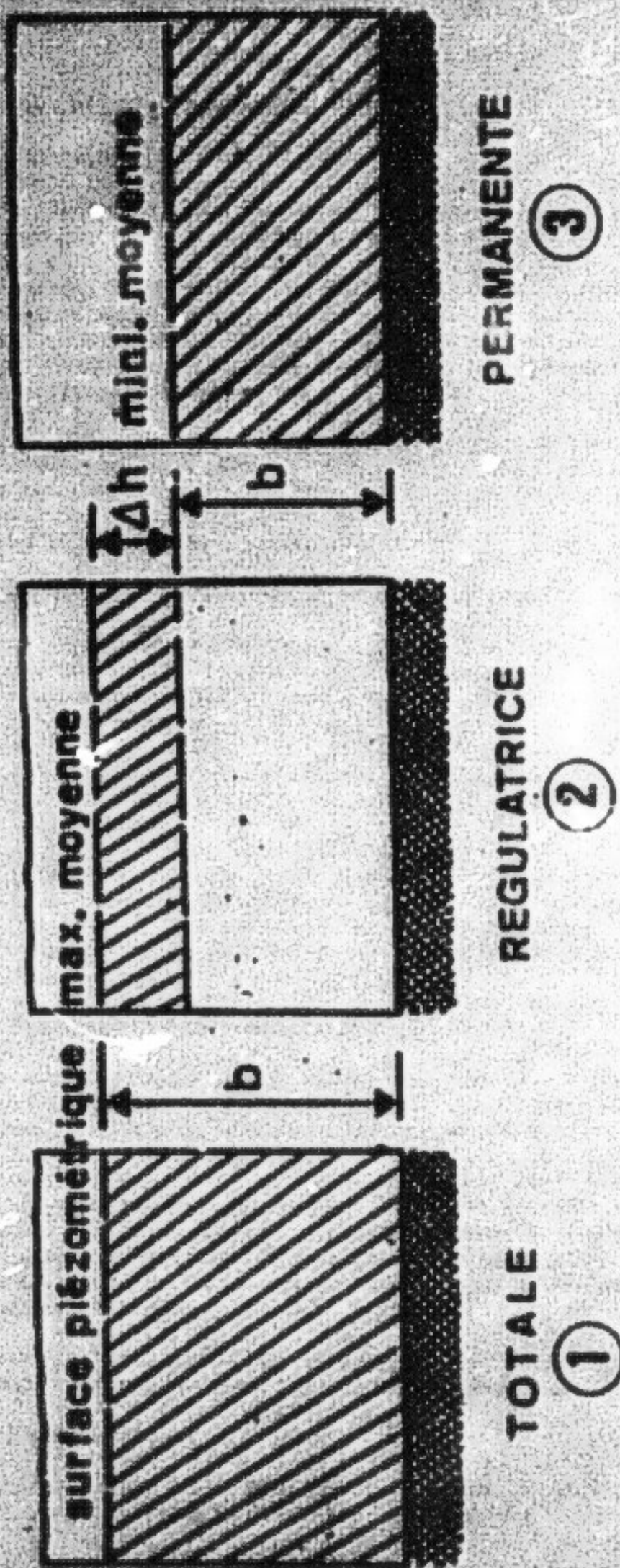
• **Réserve régulatrice des nappes libres :** C'est le volume d'eau gravitaire, existant dans la zone des fluctuations de la surface piézométrique. Elle est en rapport étroit avec les fluctuations saisonnières et annuelles du niveau piézométrique.

• **Réserve permanente des aquifères :** C'est la part, de la réserve totale non renouvelée. Elle est limitée au sommet dans le cas d'une nappe libre, par la surface piézométrique minimale moyenne.

Pratiquement, dans le cas des nappes captives, la réserve totale et la réserve permanente sont identiques.

• **Réserve en eau souterraine exploitable :**

C'est la quantité ou le volume d'eau maximal, qu'il est possible en pratique, d'extraire temporairement ou définitivement, de la réserve totale d'un aquifère, dans des conditions économiques acceptables.



THE UNIVERSITY OF CHICAGO

II- LA SUREXPLOITATION DES NAPPES :

II-1 Définition :

La surexploitation des nappes en eau souterraine se produit suite à une augmentation voulue ou non contrôlée, des prélèvements à partir de la nappe.

C'est lorsque le prélèvement total excède durant la période considérée le taux d'alimentation moyen que des signes de surexploitation apparaissent. Ce phénomène peut être limité dans le temps ou prolongé. Certains signes de surexploitation sont indicateurs de phénomènes réversibles d'arrêt de la surexploitation et d'autres irréversibles comme la dégradation de la qualité chimique des nappes fossiles.

Le cas des nappes littorales ou/et limatrophes à des schkhas, la surexploitation est à l'origine de la rupture de l'équilibre hydrodynamique entre l'eau douce de la nappe et l'eau salée de la mer. C'est le cas des nappes phréatiques du gouvernorat de Mahdia.

II-2 Conséquences de la surexploitation :

Plusieurs phénomènes résultent de la surexploitation dont principalement :

- la baisse du niveau ou de la pression au sein de la nappe,
- l'assèchement des sources, des ruisseaux, des étangs et des terres humides,
- l'effondrement des puits ou réduction du rendement des pompes,
- l'affaissement du sol.

Dans le cas des nappes littorales ou/et de celles dont l'exutoire est constitué par des schkhas, l'intrusion d'eau salée est le phénomène qui traduit au mieux le stade largement avancé de la surexploitation.

Dans le cas de ces nappes, un fragile équilibre maintient l'eau douce au dessus de l'eau salée plus dense jusqu'au moment où la baisse piézométrique engendrée par la surexploitation, induit un cône d'appel atteignant l'eau salée. Ceci se traduit par un pompage excessif qui entraîne l'envahissement de l'aquifère par l'eau salée rendant ainsi son eau impropre à la plupart des usages courants.

a) Equilibre eau douce-eau salée :

Les eaux des nappes côtières se déversent dans la mer qui constitue leur exutoire naturel. D'autre part, l'eau de mer envahit suite à l'intensification de l'exploitation, la nappe conformément à l'intensité du rabattement du niveau de la mer.

Un équilibre s'établit ainsi dans la zone de contact eau douce-eau salée formant ainsi une surface de séparation (interface) de deux domaines. Cet équilibre est fonction des densités de l'eau de mer et de celle de la nappe. L'étude de la forme, de la localisation et de l'évolution de l'interface permet de planifier l'exploitation de la nappe dans cette zone. Une étude précise de la zone envahie par les eaux saumâtres permet d'éviter la salinisation de l'eau de la nappe par appel intensif de l'eau salée.

Le contact eau douce-eau salée est un équilibre de pression qui se présente sous forme d'une zone de transition, plus ou moins étalée, séparant deux milieux de densités différentes.

b) Etude théorique :

L'équilibre entre l'écoulement des eaux douces de nappe et les eaux salées qui l'envahissent, se traduit par la loi de Ghyben-Herzberg qui s'exprime comme suit :

Soit une section théorique, dans une nappe libre perpendiculaire au littoral (Figure n°2).

* h et z sont respectivement la tranche d'eau qui surnage les eaux salées, pour une colonne d'eau en un point donné (A ou A') et celle de l'eau salée en ce même point.

* d (1 g/cm^3) et d_s (1.025 g/cm^3) sont les densités respectives de l'eau douce et de l'eau salée.

* la pression hydrostatique au niveau des points A et A' est exprimée par :

$$P_{A'} = d_s \times z \times g$$

$$P_A = d \times g \times (h + z)$$

$P_{A'} = P_A$: La solution de ces deux équations donne la formule de Ghyben-Herzberg :

$$Z = d/(d_s - d) \approx 40 h$$

II-3 Les signes de la surexploitation :

Les signes de surexploitation d'une nappe phréatique sont principalement la baisse piézométrique et l'augmentation de la salinité. Ces deux paramètres peuvent avoir des valeurs ponctuelles variant au niveau des ouvrages de captage mais ils se traduisent au niveau de l'ensemble de la zone cavahe, par une tendance globale identique. Ainsi, des mesures du niveau piézométrique et de salinité sont nécessaires afin de mettre en évidence une telle tendance. Ce n'est qu'à l'aide d'une surveillance prolongée couvrant les différentes zones de la nappe que ces deux phénomènes sont mis en évidence.

III. SITUATION DE L'EXPLOITATION DES NAPPES PHREATIQUES DU GOUVERNORAT DE MAHDIA :

III-1 Généralités :

Les nappes phréatiques du gouvernorat de Mahdia sont au nombre de neuf dont quatre communes aux gouvernorats avoisinants (Bouinertes, Sidi el Hani, d'El Hancha et d'El Ghorra).

Ce gouvernorat occupant la zone médiane du Sahel, est bordé à l'Est, par la mer et deux vastes sabkhats (Sidi el Hani et de Cherita) et à l'Ouest, par d'autres sabkhats longeant un cordon grésifié littoral qui favorise ainsi la salinisation des nappes phréatiques. Le réseau hydrographique est diffus et n'intervient que sporadiquement dans le ruissellement.

Le climat de la région est irrégulier et se caractérise par des températures instables à travers les saisons et des précipitations annuelles relativement faibles allant de 400 mm du Nord-Est (Mahdia), à 150 mm vers le Sud-Ouest (Hbira).

III-2 Les formations aquifères :

Le Pliocène affleurant à Krou-Essel et le Quaternaire récent limités aux régions côtières, constituent les deux principales formations géologiques qui contiennent les nappes phréatiques de la région. L'eau de ces nappes est de qualité chimique relativement acceptable.

La formation pliocène aquifère est formée par des sables consolidés et coquillés alors que le Quaternaire récent, est représenté par des calcaires gréseux d'âge tyrrhénien.

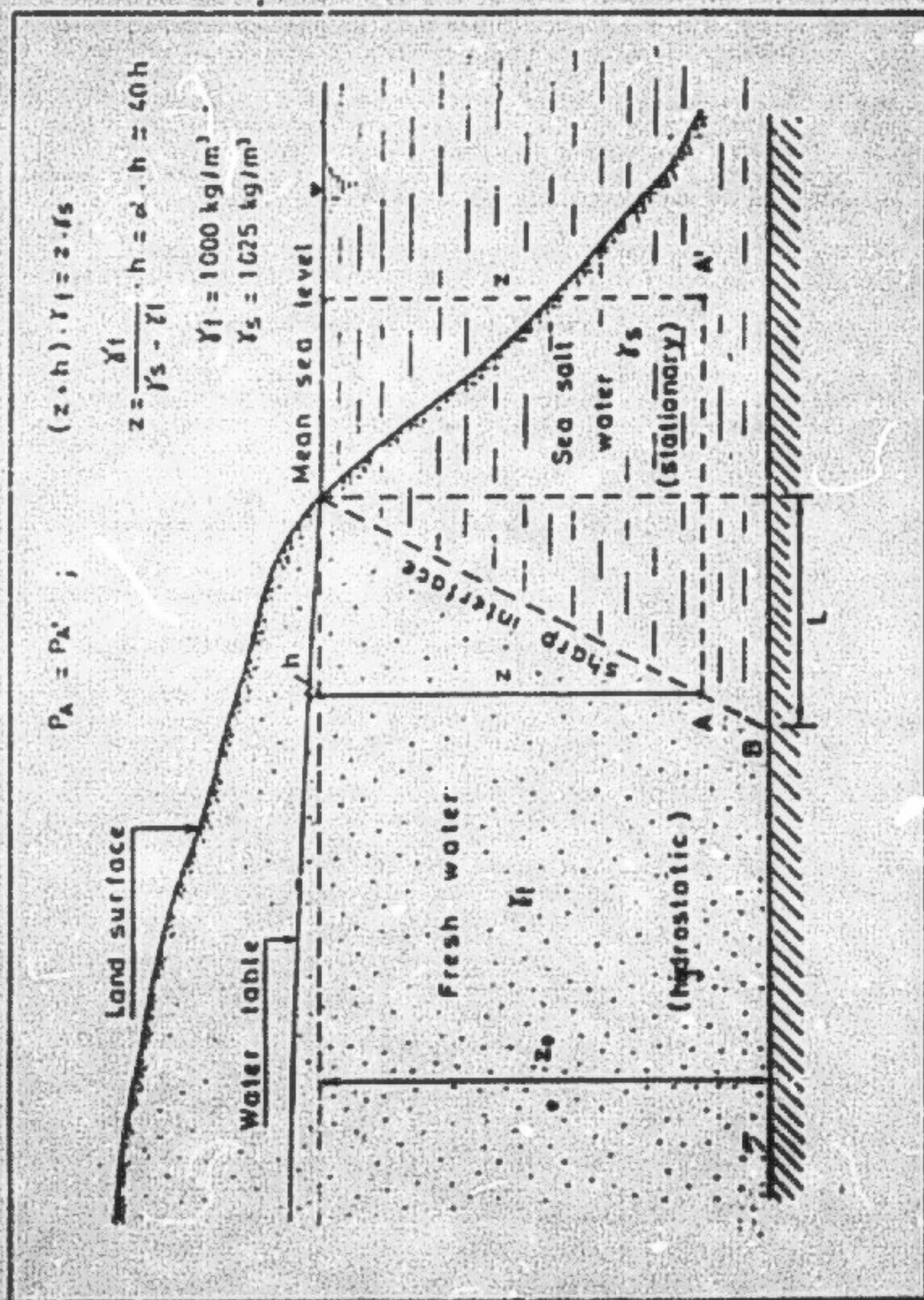


FIG. 10.1. COASTAL JAW

D'une altitude variant entre 3 et 28 m, le bourrelet dunaire néolithique (formation Rejiche) présente une longueur de 30 km environ et une largeur de quelques centaines de mètres. Cette formation est le réservoir aquifère d'une nappe côtière particulière.

Exceptée cette frange côtière, le reste des nappes phréatiques sont contenues dans du remplissage plio-quaternaire caractérisé par une hétérogénéité lithologique qui résulte des variations latérales et de faciès. Ces formations souvent argilo-gypseuses, renferment des lentilles de sables qui sont généralement aquifères. L'ensemble de ce système phréatique plio-quaternaire s'écoule vers les schémas et la mer qui constituent les exutoires naturels.

Des nappes d'underflow renfermant des eaux exceptionnellement douces se localisent dans des alluvions récentes de lits d'oueds.

III-3- Géochimie des aquifères phréatiques :

A part les aquifères littoraux dont la roche réservoir est à lithologie relativement dépourvue de sels minéraux, les autres nappes de Mahdia sont à réservoirs dont la lithologie est argilo-gypseuse. Ces formations se présentent avec un faciès à tendance argileuse contenant fréquemment du gypse.

Il apparaît ainsi que l'origine des sels dissous dans l'eau est exogène et provient principalement du lessivage de la formation aquifère.

La composition ionique de l'eau infiltrée est alors modifiée, soit par des réactions de dissolution, soit par des échanges de base entre l'eau et la roche.

III-4- Ressources et exploitation (année 1990) :

La situation actuelle de l'exploitation des nappes phréatiques du gouvernorat de Mahdia fait ressortir un nombre total de puits de surface qui est de 7234 puits dont 397 qui sont équipés électriquement et 2198 puits à groupes thermiques.

Les ressources exploitables à partir de ces nappes sont de 16,68 Mm³/an tandis que l'exploitation actuelle est de 11,74 Mm³/an (Figure N°3).

Il est à signaler que la plupart des équipements électriques effectués dans la nappe de Chebba-Ghedahna sont du type "dynamo" dont le débit exhaure par puits n'excède guère 0,2 l/s.

Gggs	Date	Ressources total des puits	Puits équipés				Ressources total des puits	Puits non équipés	Exploitation actuelle (Mm ³ /an)	Ressources exploitables (Mm ³ /an)
			O.E.	O.B.	Salon	Salon				
Mahdia-										
Rejiche	11/270	1572	21	400	123	100	200	87	1,25	2,91
Chebba-										
Ghedahna	11/100	2670	100	250	10	1000	1000	1	0,00	1,20
El Ghazal	11/200	841	13	141	0	102	217	120	0,00	2,00
El Ghazal	11/220	791	23	400	00	00	100	00	1,00	1,00
El Ghazal	11/110	010	00	100	00	100	100	127	1,25	1,40
Sida el Ghazal	11/200	150	2	30	1	01	70	10	2,25	2,70
El Ghazal	11/110	057	4	107	114	71	100	00	2,11	2,17
El Ghazal	11/220	100	0	110	20	15	40	00	0,07	0,06
El Ghazal	11/220	170	0	70	0	25	71	120	0,00	0,00
TOTAL		6000	207	1100	030	1270	2000	457	11,70	10,00

III-5. Salinité de l'eau:

La carte des isocônes dressée à la fin de la période de sécheresse qui s'est étalée de 1986 à 1989 (Figure N°4) montre la prédominance des eaux saumâtres au sein des nappes phréatiques de Mahdia. Ce phénomène s'explique par la situation du gouvernorat de Mahdia en bordure de mer dans une zone dominée par les dépressions topographiques formées (sabkhas). A ceci s'ajoute une lithologie des formations "aquifères" généralement argileuse, voire même gypseuse.

Toutefois, des zones à eau dont la salinité est acceptable ou même à excellente qualité chimique, sont parfois présentes dans cette région ce qui s'explique par :

- * la faible minéralisation de l'eau au niveau du cordon dunaire littoral dont la lithologie (Tyrrhénien) est dépourvue d'éléments argilo-gypseux.

- * la présence d'une formation aquifère sablo-gréseuse coquillée attribuée au Pliocène marin contenant la nappe de Melloulèche (Techga-Bir el Assel, Essâafet, Ain Ben Béliane et Melloulèche).

- * la proximité d'underflows rattachées aux cours d'eau actuels où l'eau de la nappe est à une salinité inférieure à 5 g/l et même par endroits, à 3 g/l.

Ces nappes sont :

- nappe de Mahdia-Ksour Essef : Région d'Ouled Salah, Sidi Asaker, Thoushria et el Itha, Mchilet, Zaouia et Zghabna.
- nappe de Melloulèche : région de Meradja-Ouled Slim.
- nappe de Cherira : région d'Ennebika et de Jeleilia.
- nappe d'el Rhera : région d'el Gouassein el Gharbia.

Les collines de Boutzadi-Chorbane qui constituent la zone d'alimentation de ces nappes, sont le siège d'une frange d'eau dont la salinité est inférieure à 5 g/l.

Les puits de surface dans les localités de Sidi Naceur, Hmidet, Ennouria, Souassi et Cherichira captant la nappe de Souassi, sont des puits captés et présentent une eau dont la salinité varie entre 3 et 5 g/l. Ces puits forés captent probablement dans leur partie inférieure, des lentilles de sables qui sont situées à plus de 12 m de profondeur.

III-6. Fluctuations piézométriques

6-1. Nappe de Mahdia, Ksour-Essef (J1213):

La nappe de Mahdia Ksour-Essef est exploitée par 867 puits de surface qui prélèvent 3,18 Mm³/an sur des ressources de 2,91 Mm³/an. Cette nappe légèrement en sur-exploitation, montre depuis 1987, une tendance vers la baisse piézométrique accompagnée d'un accroissement sensible de la salinité (Figure N°5 et 6). Cette situation est devenue de plus en plus sensible à partir de 1988. Les pluies de Janvier 1990 ont contribué que partiellement à rétablir la situation piézométrique de la nappe et à baisser la salinité de son eau.

6-2. Nappe de Melloulèche:

La nappe de Melloulèche est faiblement exploitée. En effet pour des ressources de 2,56 Mm³/an, son exploitation s'est élevée à 0,95 Mm³/an.

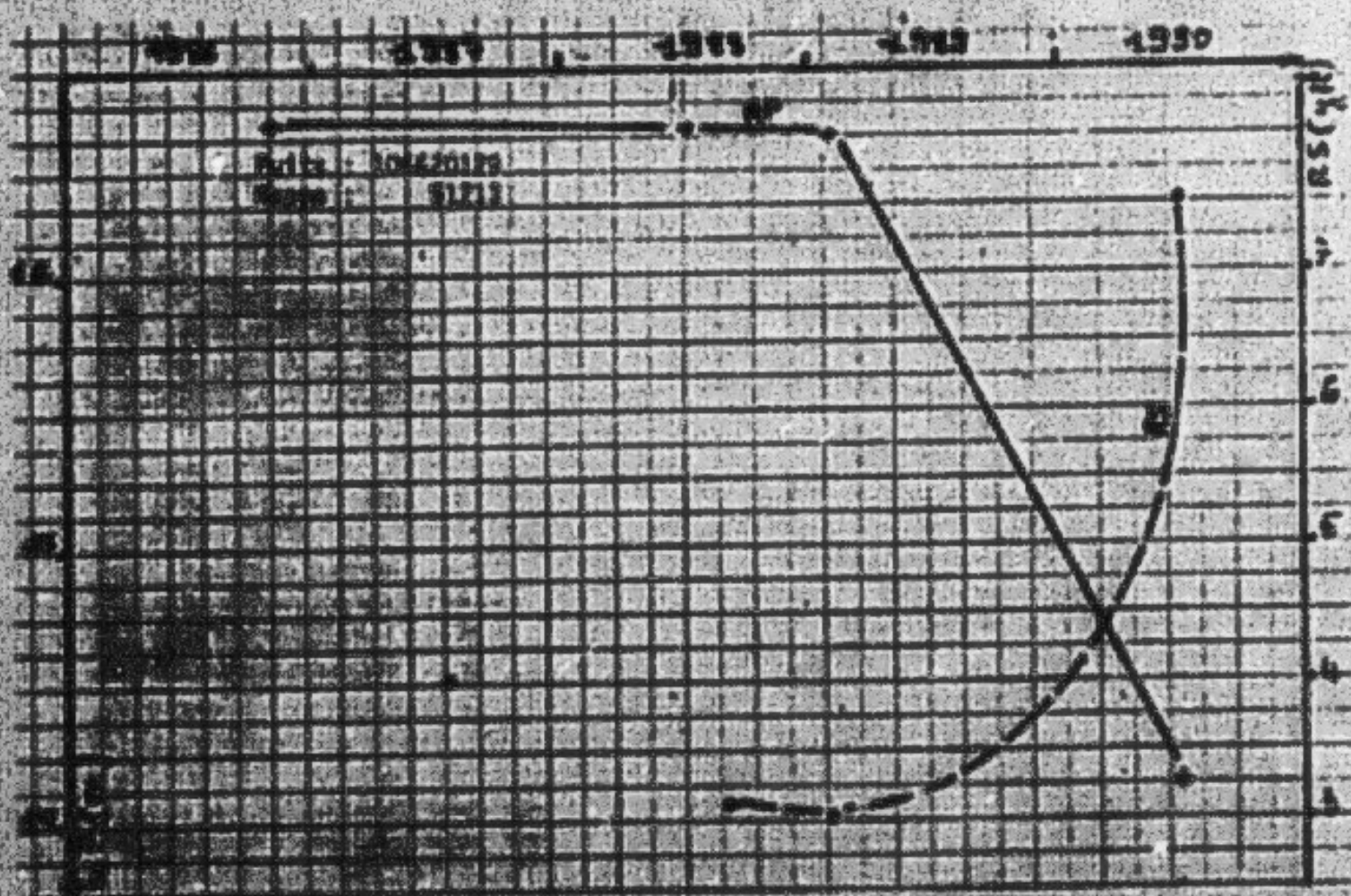
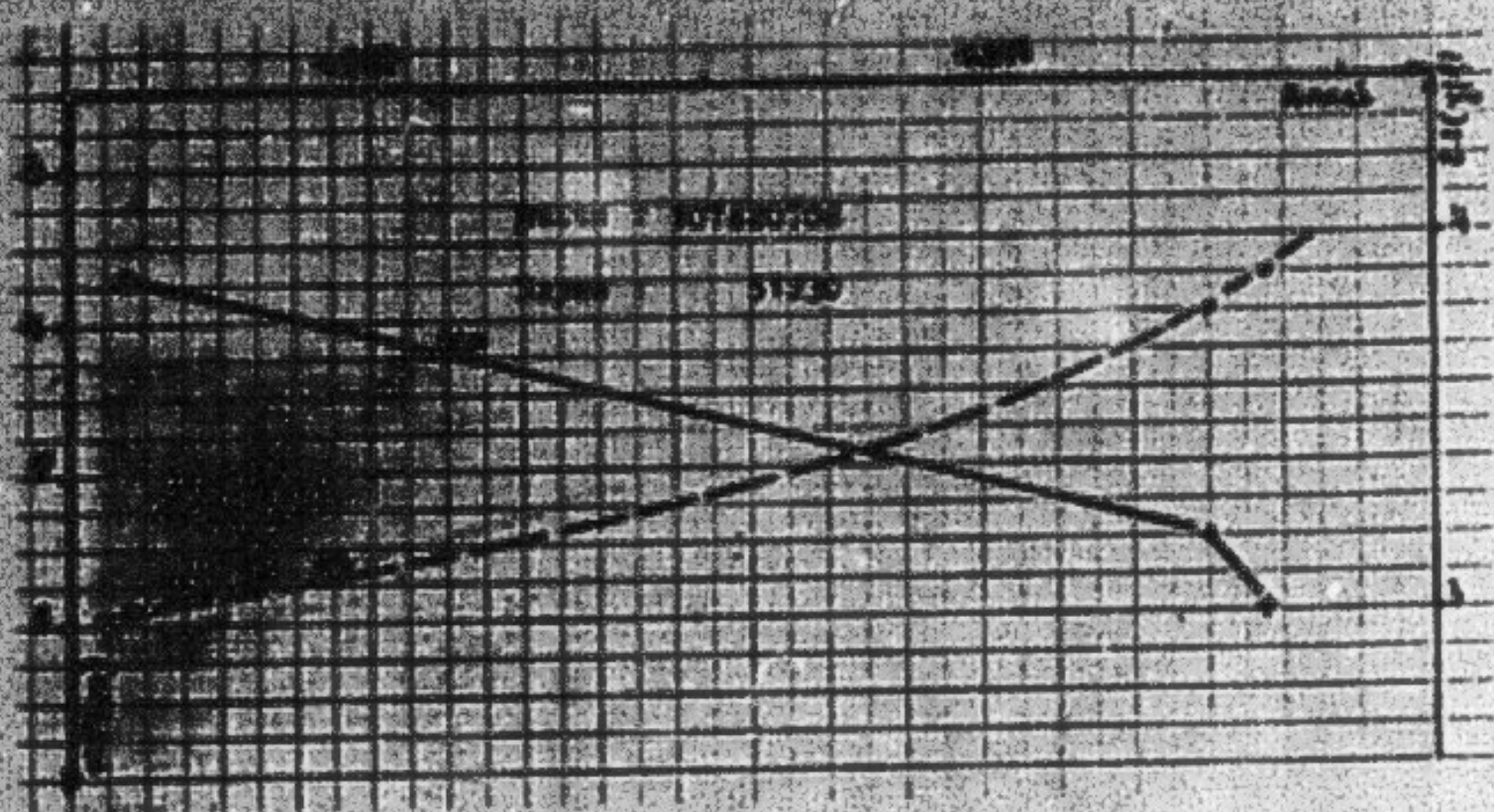


Fig. 5 : Cas de rupture de Nibbles-Kover-Road

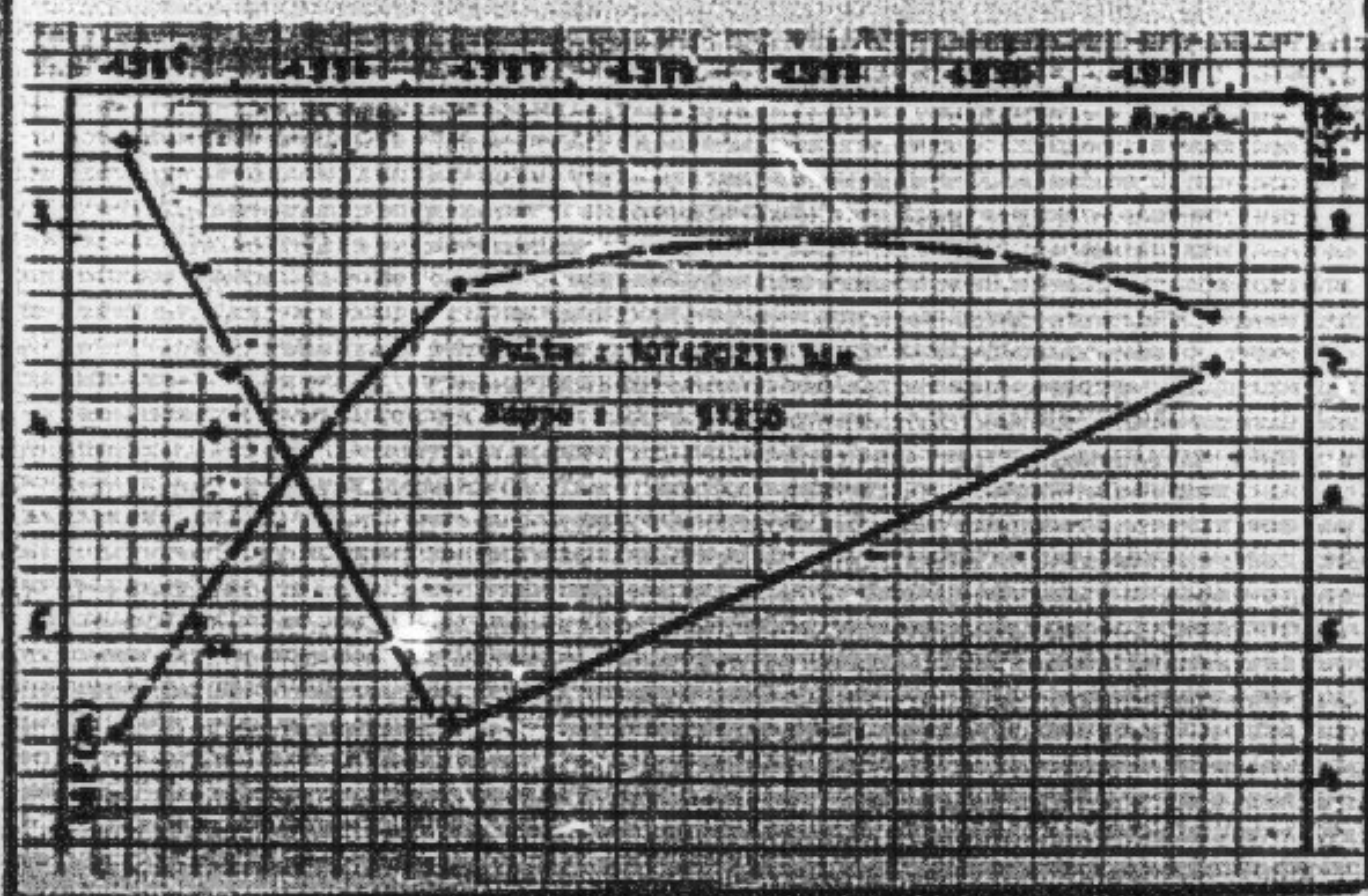
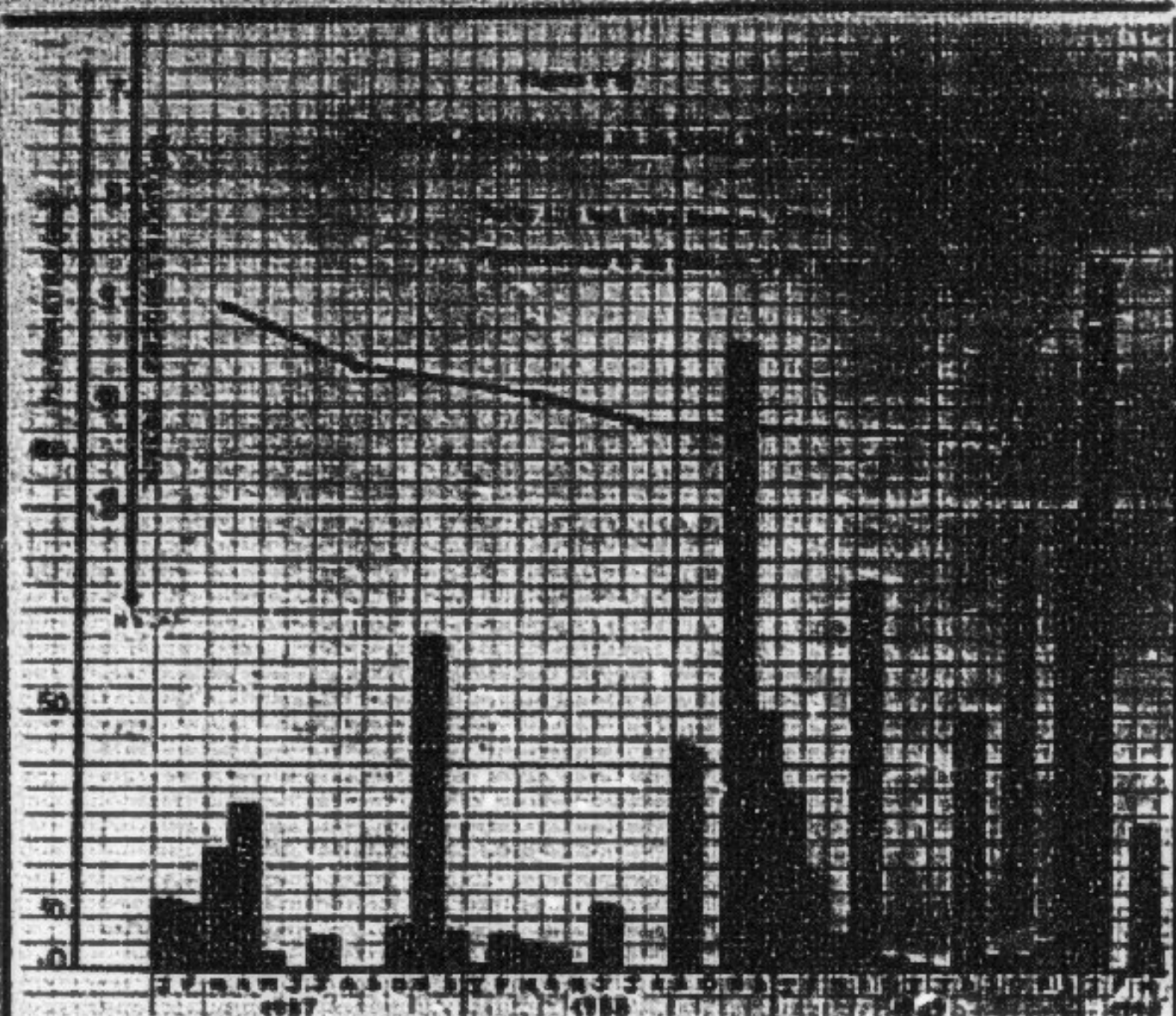


Fig N°6 : Cas de rougeole de Meïdia - Passeur Drouot.

Fig. N°7 : Cas de nappes de pelliculacées.

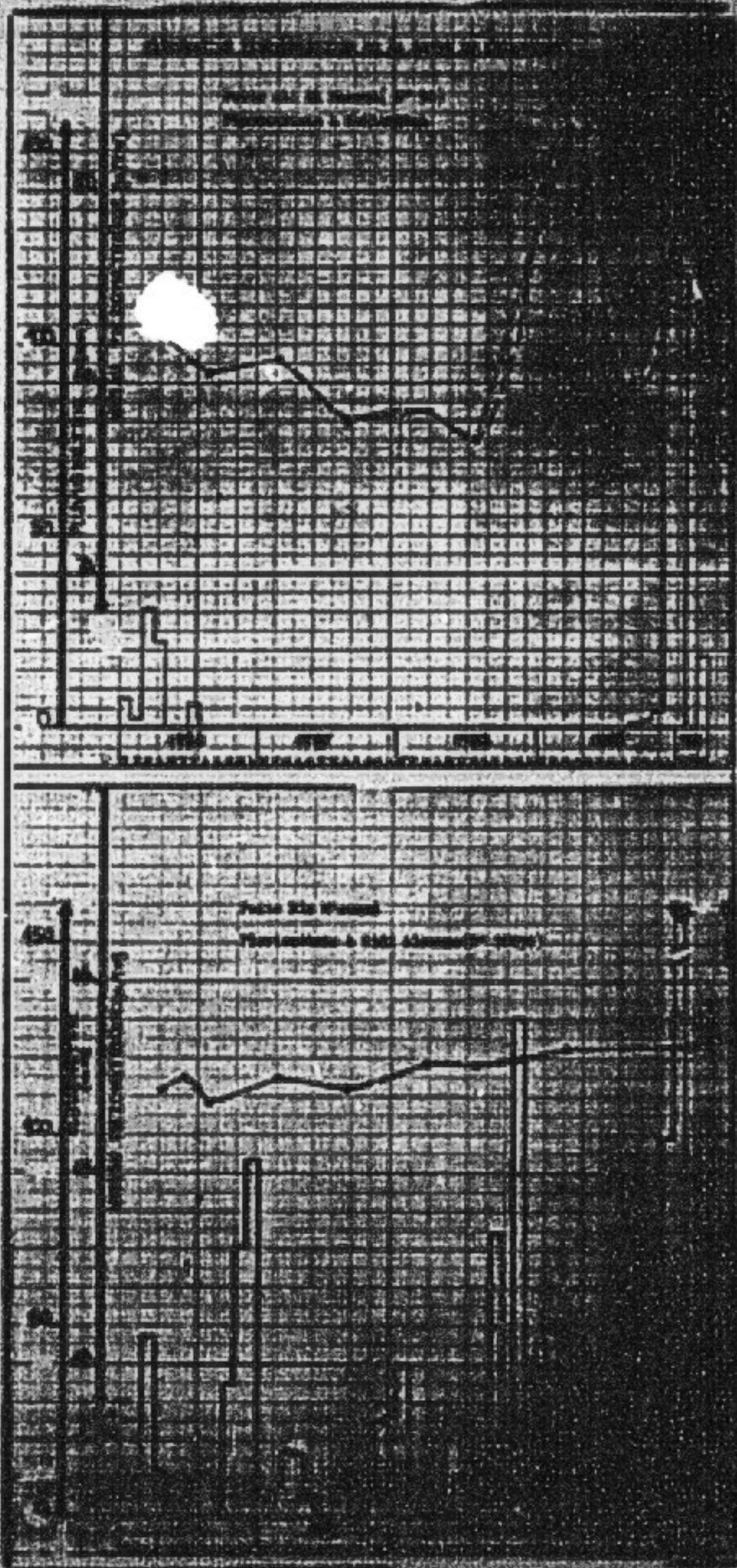
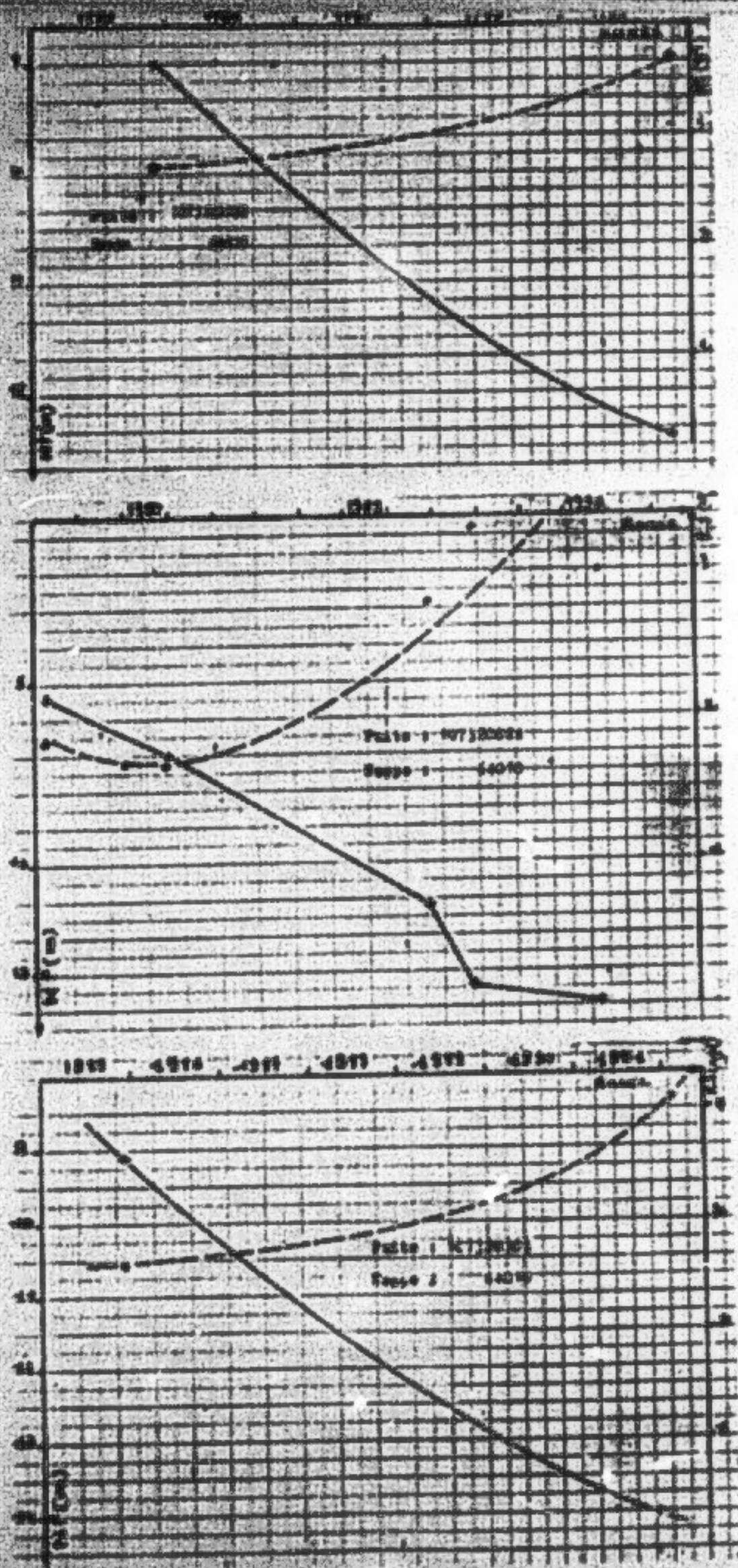


Fig. 17.9 : Cas de rupture de Soussou



Cette nappe surveillée entre 1986 et 1990 (Figure N°7), montre des fluctuations piézométriques qui répondent à l'avènement des pluies avec toutefois, des zones plus sensibles que d'autres. Le cas du puits A. El Maoui est fort instructif sur la réponse de la nappe à l'alimentation à partir de la pluie. Par contre, le puits Bir M'sanaa ne réagit à la pluie que tardivement et avec une amplitude très atténuée.

6-3- Nappe de Boumerdass:

C'est une nappe à faibles ressources exploitables ($0,66 \text{ Mm}^3/\text{an}$) et dont l'exploitation est du même ordre de grandeur que les ressources.

L'évolution de la piézométrie et de la chimie de l'eau de cette nappe entre 1985 et 1990, traduit une tendance vers la baisse piézométrique accompagnée d'un accroissement de la salinité (Figure N°8). Une telle évolution confirme la situation de début de surexploitation de la nappe et met en évidence la fragilité de l'équilibre chimique de son eau.

6-4- Nappe de Souassi:

La nappe phréatique de Souassi est en continuité hydraulique avec des niveaux aquifères plus profonds au point qu'il est parfois difficile de les distinguer. Cette nappe présente des ressources exploitables qui sont de $2,37 \text{ Mm}^3/\text{an}$ et elle est exploitée à raison de $2,12 \text{ Mm}^3/\text{an}$.

Surveillée depuis 1985, cette nappe accuse une baisse piézométrique qui va en parallèle avec l'augmentation de la salinité de son eau (Figure N°9). L'ampleur de cette baisse piézométrique (3 à 5 m en 6 ans) et de l'accroissement de la salinité de l'eau (1 à 2 g/l en 6 ans), est le signe d'une surexploitation plus développée que celle reléguée par l'estimation de l'exploitation.

IV- CONTROLE ET LUTTE CONTRE L'INVASION SALEE :

L'exploitation des nappes sur le littoral ou au voisinage des schkhas, impose un contrôle permanent et rigoureux afin de contrôler l'évolution de l'invasion des eaux salées. La lutte contre l'invasion de ces eaux salées peut être menée sous forme de plusieurs actions dont principalement :

- maintien ou baisse du rythme actuel d'exploitation, au niveau des zones réputées à forte concentration en puits de surface.
- limitation des créations nouvelles en puits et répartition dans l'espace, des points de prélèvement.
- exploitation des puits existants ou faiblement exploités (seaux et dalou) dans la mesure où leur eau n'est pas salée (aménagement, réparation et remplacement sont possibles).
- diminution du rythme de pompage tout en s'éloignant de la côte ou/et des bords de schkhas.
- recharge artificielle dans la partie littorale afin de faire remonter la surface piézométrique et de freiner l'avancée de l'interface.

A. MARRAKCHI

BIBLIOGRAPHIE

A. DREYFUS & Y. VAILLEUX (1970) : Localisation de l'interface: comparaison des lois de Ghyben-Herzberg, Hubert et Luczynski, bulletin du B.R.G.M. (deuxième série), section III, N° 2-1970.

DIRECTION GENERALE DES RESSOURCES EN EAU (1990) : Situation de l'exploitation des nappes phréatiques, Tunis 1990.

A. MARRAKCHI (1990) : Note sur les ressources en eau du gouvernorat de Mahdia.

FIN

21

VUES