



MICROFICHE N°

08407

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية

وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي

تونس

F

1

**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 M ^r M. BACHA Directeur Général des Ressources en Eau à l'occasion de l'ouverture de la journée	1
* La surexploitation des nappes phréatiques de Tunisie	
A. MAMOU (DGRE)	3 8405
* Les signes de la surexploitation des nappes phréatiques du Gouvernorat de Mahdia	
A. MARRAKCHI (A/RE. CRDA de Mahdia)	24 8406
* 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 8407
* Les nappes phréatiques surexploitées du Gouvernorat de Bizerte	
R. GABBOUJ (A/RE. CRDA de Bizerte)	56 8408

**IMPACT QUANTITATIF ET QUALITATIF DE LA SUREXPLOITATION
DES NAPPES DE MORNAG ET DU CAP-BON**

M. REKAYA

Arrondissement des Ressources en Eau

C.R.D.A de Nabeul

IMPACT QUANTITATIF ET QUALITATIF DE LA SUREXPLOITATION DES NAPPES AQUIFERES CAS DES NAPPES DE MORNAG ET DU CAP BON

M. REKAYA

Arrondissement des Ressources en Eau

CRDA de Nabeul

RESUME

Les ressources en eau souterraine de la Tunisie sont limitées à 1840 Mm³/an. Elles sont réparties dans les proportions de 36,4 % pour les nappes phréatiques et 63,6 % pour les nappes profondes.

Les ressources en eau mobilisables à partir des nappes phréatiques sont évaluées à 669 Mm³/an. En 1990, le taux de dépassement de ces ressources par l'exploitation fut de 4,4 %.

Sur un effectif total de 196 structures aquifères phréatiques recensées à travers tout le pays, il a été constaté que 54 nappes ont déjà dépassé le seuil optimal de l'exploitation de leur ressource et se trouvent classées dans la catégorie des nappes aquifères surexploitées.

L'impact de l'exploitation intensive et de la surexploitation s'est traduit par une double incidence portant à la fois sur le plan quantitatif et sur le plan qualitatif.

Sur le plan quantitatif, aucun système aquifère ne se trouve épargné et l'on assiste à une baisse plus ou moins généralisée de la piézométrie et par conséquent, à une diminution dans la productivité des puits.

Sur le plan qualitatif, les aquifères côtiers ou ayant pour exutoire des schists, manifestent une salinisation de plus en plus poussée devenant dans certains cas alarmante.

II- INTRODUCTION :

Toute unité aquifère qu'elle soit phréatique, semi-profonde ou profonde est susceptible d'être conçue comme un réservoir d'une certaine capacité de stockage. Cette dernière est régie par les caractéristiques propres de l'unité aquifère, à savoir : la géométrie, la porosité, la diffusivité et les conditions aux limites. Ces dernières permettent de préciser l'importance relative des flux entrant et sortant. Le bilan de ces flux traduit l'état d'exploitation d'une telle nappe.

Le flux entrant correspond à tout apport d'eau au système aquifère soit par infiltration des eaux pluviales, ou par percolation au niveau des lits des oueds ou encore par apports à travers les limites (drainance).

Le flux sortant correspond par contre aux sorties du réservoir au exutoires et aux pertes par évaporation et évapotranspiration, ainsi qu'à la drainance et plus particulièrement aux prélèvements par pompage.

Théoriquement si le bilan des flux entrant et sortant est nul, la fonction emmagasinement du système aquifère n'entre pas en jeu et le système aquifère serait soumis au régime permanent. En pratique, ce régime de plus en plus rare et il devient presque inexistant suite à l'intervention de l'action humaine aussi bien au niveau des entrées qu'au niveau des sorties des systèmes aquifères.

Un aquifère modérément exploité est un aquifère dans lequel les prélèvements artificiels sont effectués au dépens des sorties naturelles sans pour autant dépasser les ressources régulatrices. Par contre lorsque les prélèvements dépassent les ressources renouvelables on parle de "surexploitation" qu'il y a lieu d'utiliser avec beaucoup de prudence.

Au terme "surexploitation" devrait être associé un qualificatif spatial ou temporel. En effet, on peut rencontrer dans la pratique des cas où une nappe aquifère n'est surexploitée que localement mais qu'elle n'est pas surexploitée dans son ensemble. De même, on peut assister à une surexploitation conjoncturelle dans le temps liée à une sécheresse saisonnière ou annuelle ou à une période d'intenses prélèvements sans que cette situation ne se prolonge longtemps.

Etudier l'impact d'une surexploitation d'un aquifère donné, revient à quantifier le déséquilibre survenu au niveau des fonctions entrées et sortie de ce système. L'effet de la surexploitation se manifeste par une réduction des flux sortants au niveau des exutoires naturels, un accroissement au niveau des prélèvements une baisse piézométrique plus ou moins généralisée et une dégradation progressive et continue de la qualité chimique de l'eau. Cette situation se traduit par une modification des conditions aux limites qui entraîne des variations aussi bien quantitatives que qualitatives au sein de l'aquifère.

2- IMPACT QUANTITATIF DE LA SUREXPLOITATION :

L'aspect quantitatif peut être abordé en étudiant les baisses qui affectent : la charge hydraulique, les débits aux exutoires, ou les deux à la fois.

2-1 Baisse de la charge hydraulique :

Pour de faire, nous allons partir d'un cas concret, à savoir l'historique piézométrique relatif au niveau de la nappe phréatique de la région de Mornag (banlieue Sud de Tunis). Cette nappe phréatique se singularise de tous les aquifères de la Tunisie par son historique piézométrique le plus long. Deux puits de surface (622 et 626) faisant partie du réseau de contrôle de cette nappe, offrent une série de mesures piézométriques qui remonte jusqu'à l'année 1912 soit 91 années d'observations.

Le report sur graphique de cet historique piézométrique avec celui de la pluviométrie, montre la grande sensibilité qui caractérise la nappe de Mornag vis à vis des précipitations qui sont à l'origine de l'alimentation de cet aquifère. Les maximums piézométriques ont été atteints au cours des années 1914, 1935, 1954, 1960, 1975 et 1985. Quant aux minimums, au cours des années 1921, 1948, 1970, 1982 et 1988. La maximum absolue fut enregistré en 1954 et le minimum absolue en 1948. L'amplitude de variation maximale absolue a atteint 25,3 m.

On rappelle que la profondeur totale des deux puits de surveillance est respectivement de 33,70 m et 44,20 m.

Par ailleurs, la nappe de Mornag est dotée d'un réseau de surveillance piézométrique qui couvre la majeure partie de l'étendue de cette nappe. L'historique assez régulier de ce réseau a permis de retracer les tendances de la nappe à la remontée, suite aux périodes pluviales excédentaires ; ou à la baisse, suite aux périodes pluviales déficitaires.

A ces variations cycliques naturelles se superpose un autre type de variation lié au mode de passage et de prélèvement de la nappe. En effet deux grandes phases s'y distinguent : une première allant jusqu'à l'année 1960, et une seconde s'étendant de 1960 à 1990.

Au cours de la première phase, l'effectif des puits de surface captant la nappe de Mornag fut réduit et ne dépassait pas quelques centaines. A cette époque là, le mode de passage fut traditionnel et il est essentiellement représenté par la traction animale ou par des moteurs. Pendant la seconde phase, le nombre de puits n'a cessé de s'accroître alors que le mode d'exploitation est passé par trois stades distincts :

au cours des années soixante, c'était le début de percée de la mécanisation qui a fini par prendre une ampleur considérable à la fin de la décennie.

- au cours des années soixante-dix, la mécanisation a fini par s'imposer de façon très nette et on assiste à une amorcée de l'électrification.

- au cours des années quatre vingt, on assiste à une substitution de la mécanisation au profit de l'électrification de sorte que le taux de puits électrifiés dépassa 70 % des puits équipés.

*-Fluctuations du niveau piézométrique de la nappe de Mornag:

Les principales tendances de la nappe à la remontée ou à la baisse au niveau de l'ensemble de la plaine se distinguent en phases qui sont :

*.- Période 1970-1976 :

Pendant cet intervalle de temps, la pluviométrie fut manifestement excédentaire. L'impact de cette dernière sur le niveau piézométrique s'est traduit par une remontée généralisée du niveau piézométrique de 5 m à 15 m suivant que l'on se situe dans les zones amont ou aval.

*.- Période 1976-1982 :

Elle correspond à un intervalle de temps où la pluviométrie fut nettement déficitaire et par conséquent une intensification des prélèvements était attendue. Ceci a été à l'origine de rabaissements du niveau piézométriques généralisés variant de 5 à 15 m.

*.- Période 1982-1986 :

Pendant cette période, en dépit d'une pluviométrie excédentaire, une remontée généralisée de la piézométrie se manifeste. La tendance à la remontée fut manifestement amortie à cause de l'exploitation devenue de plus en plus substantielle. Pour la majeure partie de la nappe, la remontée s'est limitée à 2 m. En certains endroits, le niveau piézométrique a accusé plutôt une baisse démontrant aussi l'impact de l'exploitation intensive.

Il apparaît ainsi à travers l'évolution de l'historique piézométrique de la nappe de Mornag que :

- Entre 1912 et 1982 les remontées et les abaisses du niveau piézométrique traduisent la principale fonction entrée du système aquifère, à savoir l'alimentation. A partir de 1982, la baisse continue du niveau piézométrique devient la règle quelque soit le régime pluviométrique. Ainsi, soit le régime pluviométrique. Ainsi, la nappe de Mornag est passée d'un régime permanent à un autre régime pseudo-permanent (1912-1982) puis à un régime transitoire (post 1982).

Durant les régimes permanent et pseudo-permanent, l'aquifère n'est sollicité qu'au niveau de ses réserves régulatrices annuelles et pluriannuelles. Alors que pendant le régime transitoire, c'est la fonction emmagasinement du système aquifère qui est déclenché. De même, le pouvoir régulateur et accentuer l'amplitude de la réaction de l'aquifère au niveau de la variation piézométrique. Ainsi toute baisse du niveau piézométrique quelque soit son ampleur, ne serait pas impérativement liée à la surexploitation. Il faut situer l'état piézométrique dans son historique permettant de faire un diagnostic des prélèvements de la nappe et des ses réactions hydrogéologiques. Pour qu'un historique piézométrique soit représentatif en régime semi-aride à aride, il faut s'échelonné sur au moins trois décennies.

2-2 Au niveau du débit aux exutoires :

Dans le cas des nappes phréatiques, les exutoires sont représentés par :

- la mer (cas des nappes côtières) ;
- les sebkhas,
- un oued ou même par une autre nappe dans le cas des nappes autres que côtières.

On rappelle que d'après la loi de Darcy $V = -K \text{ grad } H$ (avec v : débit spécifique m^2/s , K perméabilité m/s ; H charge hydraulique), en terme de flux : $Q = T H$ (Q débit m^3/s ; T transmissivité m^2/s , H variation de charge hydraulique m), le débit est une fonction directe de la charge hydraulique. Par conséquent, toute décroissance dans la charge piézométrique se repercutera sur le débit à l'exutoire de la nappe et il arrive que si la variation de la charge devient négative par rapport au niveau de la mer ou le niveau de la sebkha ; une inversion de flux en résulterait en entraînant ainsi l'écoulement de la mer ou de la sebkha vers la nappe. Dans de pareils cas et notamment dans celui des nappes phréatiques côtières qui ont comme niveau de base la mer, une hausse importante dans la piézométrie se soldera par une inversion de flux au niveau de l'exutoire et par conséquent on assiste à une intrusion marine.

La nappe de la côte orientale du Cap-Bon offre un exemple de ce type. En effet, le tracé de la piézométrie (1990) a permis de relever le long de la zone aval longeant la côte sur une bande d'environ 2 km à l'intérieur du continent, des côtes négatives variant de -0,35 m à -2,25 m/NGM.

Une autre manifestation en matière de débit peut être enregistrée au niveau des oueds qui constituent le niveau de base des nappes aquifères qu'ils traversent. Dans ce cas, une exploitation intensive de la nappe peut engendrer un rabattement généralisé de la piézométrie et un tarissement plus ou moins total de l'écoulement de l'oued. Cette situation peut éme contribuer à une inversion totale du rôle de l'oued qui jouant un rôle dans le drainage de la nappe, devient après tarissement et suivant le contexte géologique et hydrogéologique un axe d'alimentation de la nappe.

2-3 Au niveau de la productivité des ouvrages de captage :

Aux variations piézométriques cycliques intersaisonnières et interannuelles des nappes correspondent les variations de ressources régulatrices annuelles et interannuelles. Ceci se traduit au niveau des ouvrages de captage et notamment les puits de surface, par un rabattement généralisé du niveau de la nappe provoquant ainsi une réduction de la tranche aquifère captée et par conséquent, une dégradation de la capacité de production des puits. La conséquence immédiate de ce phénomène se traduit par l'assèchement des puits dont la tranche d'eau est faible.

Cette situation incite les exploitants à procéder à l'approfondissement continu de leur puits dans une première phase, et au recours à la pratique du "sondage à bras" au fond des puits, dans une seconde phase. C'est le cas au niveau de la nappe de Grombalia.

En effet, si la forte proportion des puits de surface captant cette nappe, correspondait pendant la décennie des années soixante dix, à la gamme des puits dont la profondeur varie entre 5 et 10 m, au cours de la décennie des années quatre vingt la proportion dominante fut celle des puits dont la profondeur se situe entre 10 et 15 m.

Actuellement, la nappe de Grombalia, se singularise par un taux assez élevé de puits forés qui était de 43,3 % en 1987. Les forages à bras réalisés au fond des puits permettent ainsi, une ponction dans les réserves de la nappe et même un captage partiel des horizons des aquifères semi-profonds et profonds.

III- IMPACT QUALITATIF DE LA SUREXPLOITATION :

Par opposition à l'impact quantitatif de la surexploitation des nappes phréatiques se manifestent amplement dans les zones amont, l'impact qualitatif se fait sentir le plus souvent, dans les zones situées en aval et tout près des exutoires (mer ou sebkha).

Ce phénomène est en liaison avec l'inversion du gradient hydraulique entraînant, l'intrusion du biseau salé à l'intérieur du continent et l'envahissement de la frange côtière des aquifères par l'eau de mer. Ce phénomène largement connu en Tunisie, caractérise la nappe de Sidi Bouzid dont l'exutoire est constitué par la Sebkha de Sidi Bouzid ainsi que les nappes côtières de la région de Bizerte de Gabès.

Ce phénomène a pris une ampleur particulièrement remarquable au Cap Bon où les vestiges des spéculations agricoles d'un côté et les équipements de certains points d'eau en rapport avec dégradation de la qualité chimique de l'eau d'un autre côté, témoignent des grands changements géochimiques par lesquels est passée la composition chimique des eaux de la nappe à ces endroits.

En effet, les vestiges de jardins plantés en agrumes le long de la côte, à Hammamet, Nabeul et Béni Kharr, dans les zones où la salinité se situe dans son état actuel entre 4 et 6 g/l, prouve que ces plantations qui étaient fort développées et productrices durant les années 1975-1985, n'ont pu tolérer une salinité aussi élevée.

Dans ces zones actuellement désertées sur le plan agricole, suite à l'invasion du biseau salé, certains d'anciens puits qui étaient renommés pour l'excellente qualité de leur eau (Bir el Hilou, Bir el Assal), se trouvent totalement abandonnés à cause la minéralisation élevée de leurs eaux.

3-1 Représentation cartographique (cartes de salinité) :

La nappe de Grumbalia constitue l'une des principales nappes aquifères du Cap-Bon qui couvre une superficie qui dépassant 400 km².

Ses ressources ont été évaluée à 35 Mm³/an alors que les prélèvements y ont atteint en 1976/77, les 50 Mm³/an. En 1987/88, Ces prélèvements y ont franchi les 90 Mm³/an. Le tableau ci dessous montre l'évolution de l'effectif des puits de surface captant cette nappe à trois époques différentes :

Tableau n° : Puits captant la nappe de Grumbalia

Année	1963	1976/77	1987/88
Nombre de puits	2571	5689	10000
Taux d'accroissement		121 %	289 %

Les cartes de salinité relatives aux trois époques de références ci-dessus indiquées montrent des plages à salinité élevée qui gagnent de la surface avec le temps au dépend des étendus ayant auparavant, une faible salinité. Si en 1963, il a été possible d'identifier des zones où la salinité y était inférieure à 1 g/l, en 1987/88 cette identification n'est plus possible et les puits dont l'eau accuse une salinité inférieure à 1 g/l sont devenus rares et très éparpillés. De même, si en 1963 les valeurs de salinité les plus fortes se situaient entre 3 et 4 g/l, en 1987/88, il est devenu possible de relever des salinités supérieures à 6 g/l.

En 1963, 50 % des puits captant la nappe de Grombalia avaient une salinité inférieure à 1,5 g/l. En 1976, cette médiane est passée à 2 g/l. Au niveau de la zone aval, limitée par la courbe topographique 20 m, la médiane est passée de 1,2 g/l en 1963, à 2,1 g/l en 1976/77.

3-2 Représentation de la composition chimique de l'eau (diagrammes) :

Le diagramme de Piper permet de faire une présentation graphique de la composition chimique de l'eau et d'en établir une classification qui permet de mettre en évidence les faciès chimiques et les zonalités hydrochimiques en fonction de la composition élémentaire en sels dissous.

Quatre puits de surface répartis le long de la côte orientale du Cap-Bon, ont fait l'objet de deux campagnes d'échantillonnage en 1976/77 et en 1987/88.

Les deux puits situés dans la région de Nabeul, ont montré le passage du faciès chloruré sulfaté calcique et magnésien au faciès franchement chloruré sodique et potassique.

Les deux autres situés entre Korba et Menzel Temime, ont montré que leurs eaux sont passées d'un faciès bicarbonaté calcique et magnésien à un faciès chlorure sodique et potassique.

Ainsi un enrichissement en ions chlorure et sodium en rapport avec l'intrusion du biseau salé est en train de gagner cette nappe.

IV. CONCLUSION :

L'incidence de la surexploitation des nappes aquifères est donc un phénomène dont l'ampleur dépend de leurs caractéristiques hydrodynamiques et hydrochimiques et traduit l'interaction entre le milieu environnant et le système aquifère à travers leurs conditions aux limites.

Ainsi, les aquifères les plus vulnérables sont ceux qui ont une extension limitée et par conséquent un pouvoir régulateur et une inertie faibles. Sont groupés dans cette catégorie, les aquifères cantonnés dans les éboulis et les cordons dunaires ainsi que les nappes d'underflow. Cette vulnérabilité est d'autant plus aiguë que ces aquifères ont pour exutoire naturel la mer ou la sabkha.

Toutefois, il est à souligner qu'une surexploitation commandée et bien maîtrisée au niveau d'un aquifère, est toujours plausible dans la mesure où elle est limitée dans le temps et dans l'espace.

Ainsi, surmonter les problèmes posés par la surexploitation revient à assurer une gestion convenable de l'exploitation des ressources en eau des nappes.

Cette gestion n'est possible que si la connaissance de l'aquifère et de l'évolution de son hydrodynamisme, sont bien maîtrisées dans le temps et dans l'espace.

Une gestion rationnelle des ressources en eau contribue efficacement à l'atténuation de l'impact de la surexploitation.

M. REKAYA

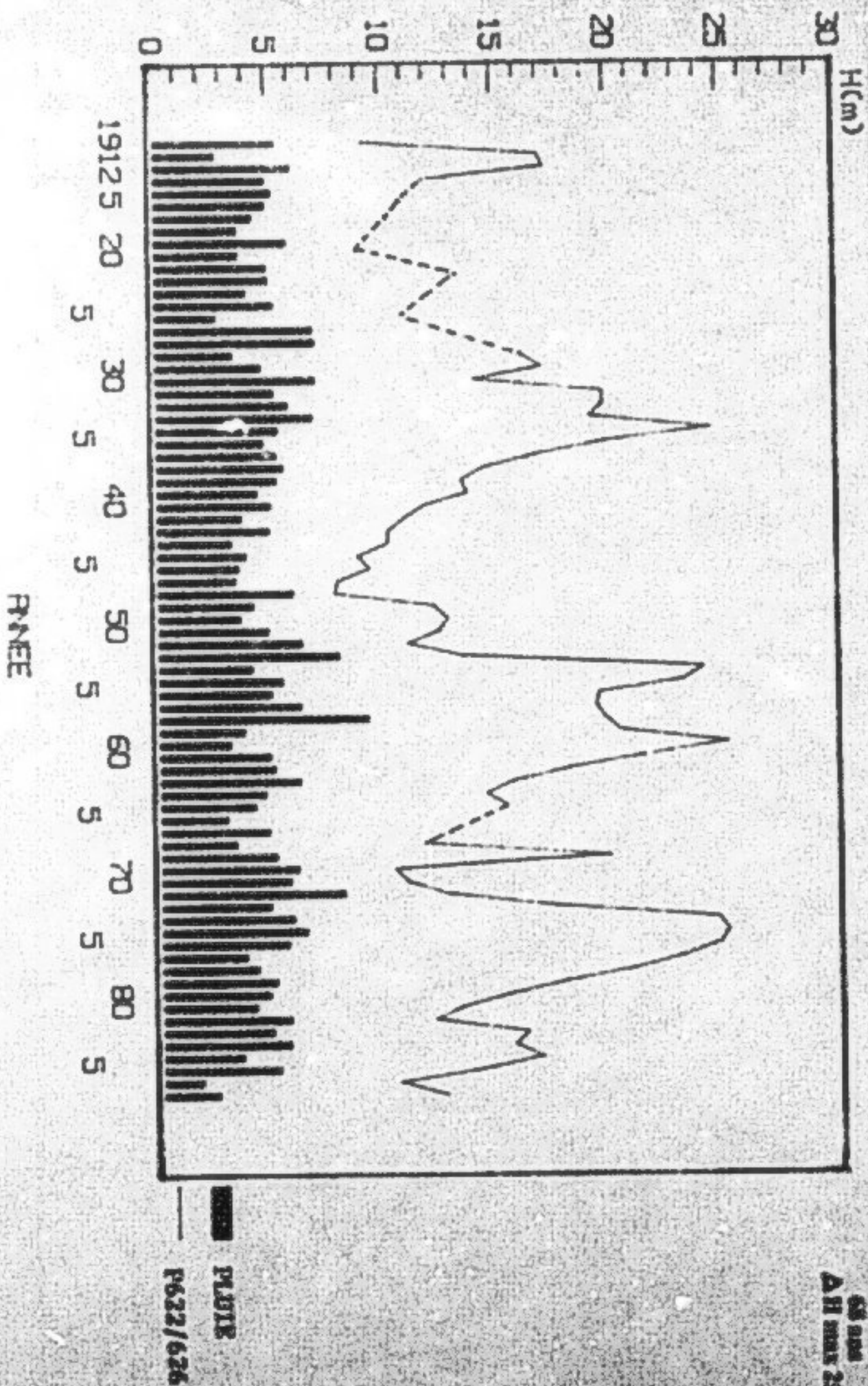
BIBLIOGRAPHIE

BREMOND R. et al (1960) : Mesures piézométriques et essais de pompage dans les nappes souterraines.

DEGALLIER R. (1968) : Interprétation des variations naturelles du niveau des nappes souterraines.

NAPPE DE MORNAIG
VARIATION PLUIE-PIEZOMETRIE
(1912-1989)

Fig. 1

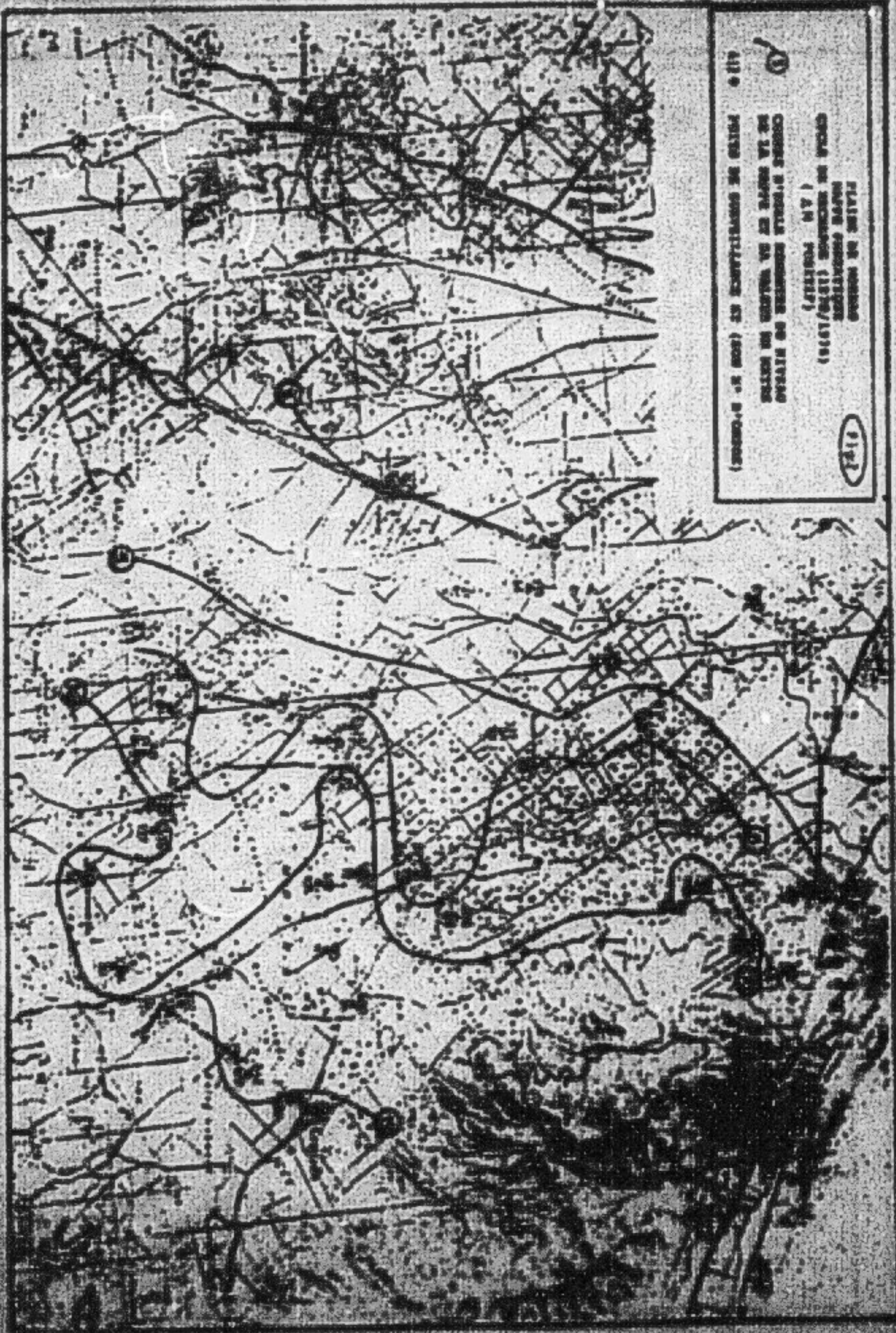


(12)

PLANE DE MONTAGE
NAUVE PROJET
CIRCUIT DE MONTAGE (12/10/1978)
(A.M. PROJET)

COMPOSER D'UN PROJET DE MONTAGE
DE LA MANIERE ET DU VALEUR EN MOINS

4100 POINTS DE SURVEILLANCE ET (2000 M. D'UN PROJET)



(19)

PLANE DE MONITORING
NAUTIC PROBABILITIES
CIRCUIT DE MONITORING (19)6/1992
(A.M. MONITORING)

1. CIRCUI DE MONITORING NAUTIC
DE LA NAVIGATIE SI SA VIZIUNEA DE MONITORING
411. MONITORING DE MONITORING SI (MON N. MONITORING)

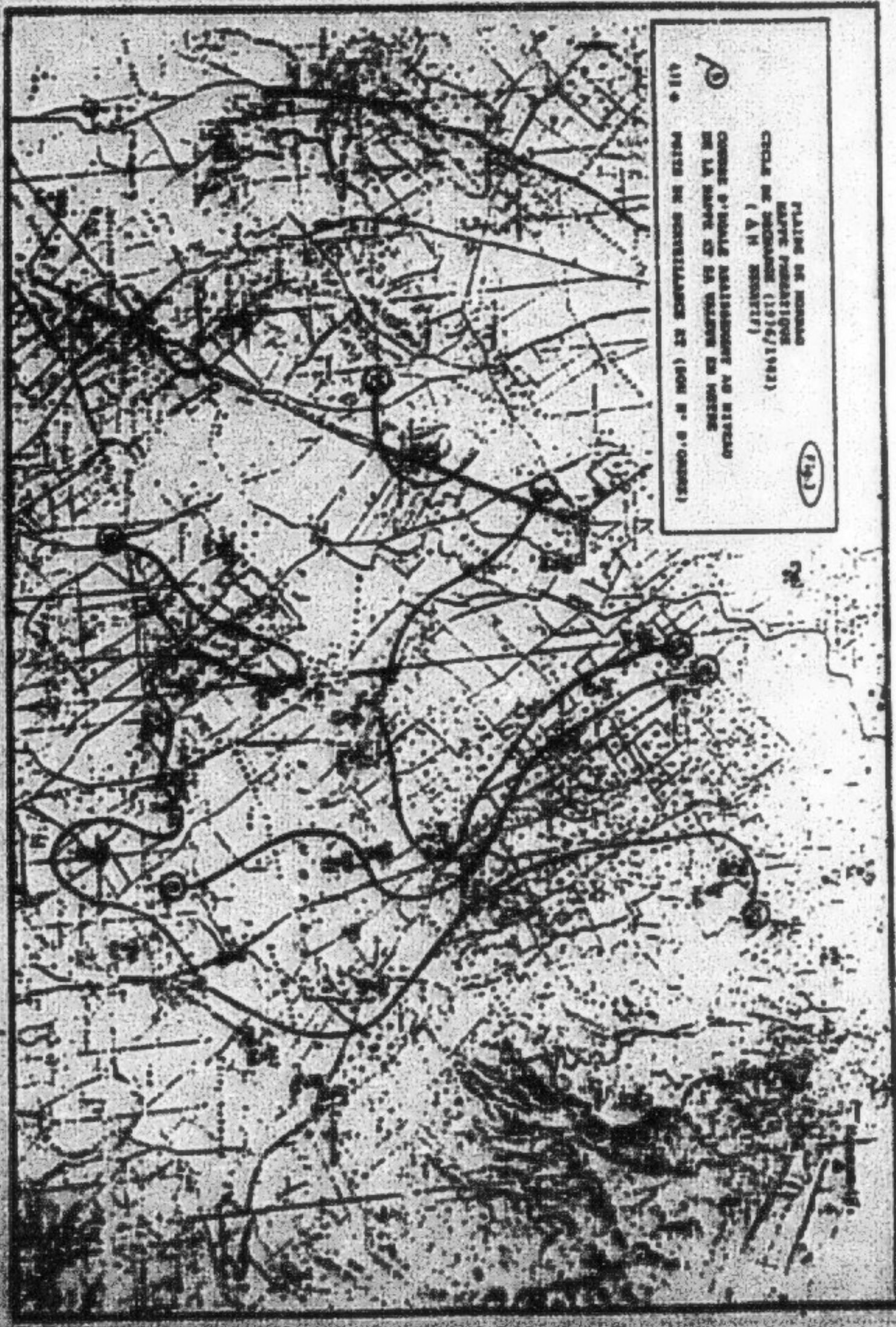
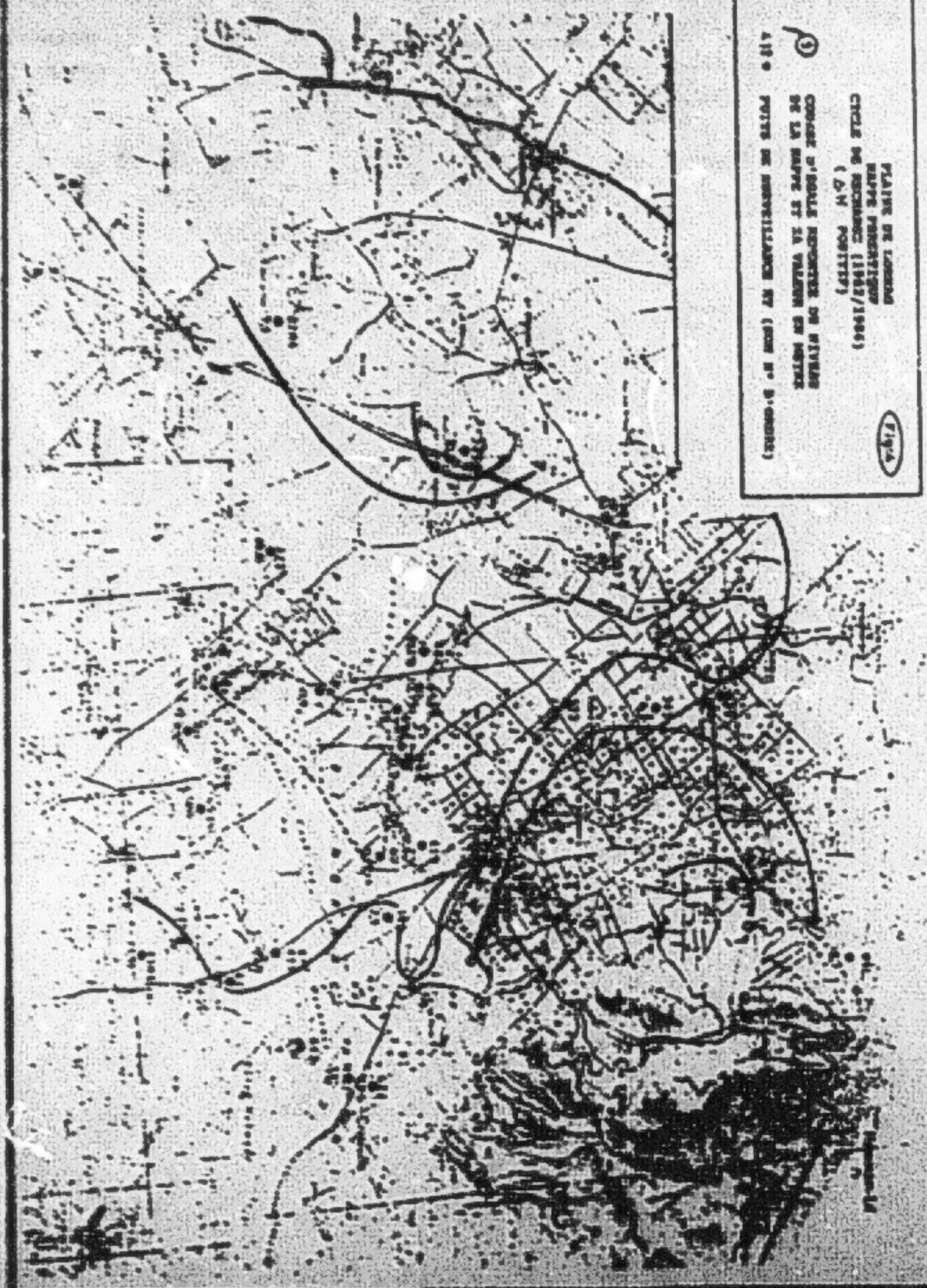


Fig. 4

PLAINE DE L'ORDRE
NAIVE PRÉSENTANT
CIRQUE DE RECHERCHE (1962/1966)
(D.M. POITTE)

① COURSE D'ÉVALUATION RECHERCHE DE NIVEAU
DE LA NAIVE ET LA VALLEE EN NAIVE
4120 POITS DE RECHERCHE ET (NOM N° 3-000000)



BREM
Hydrogéologie

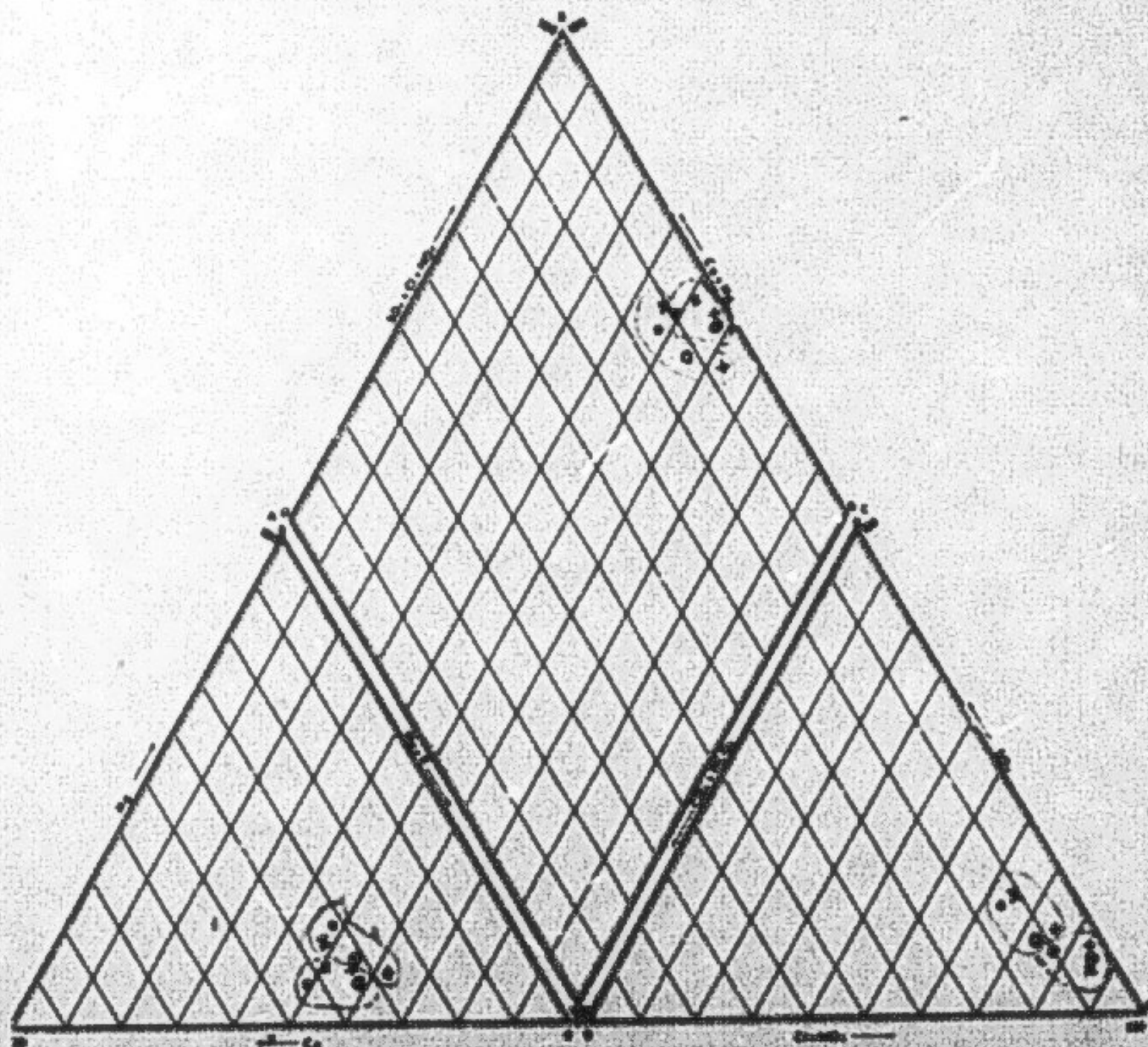
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

(Figure 8-100) (100 Diagrams Series)

COTE ORIENTALE (CAP-BON)

• Puits 6120
○ 6487
+ 6521
x 5893

— Données 1976
— " Mars 1984

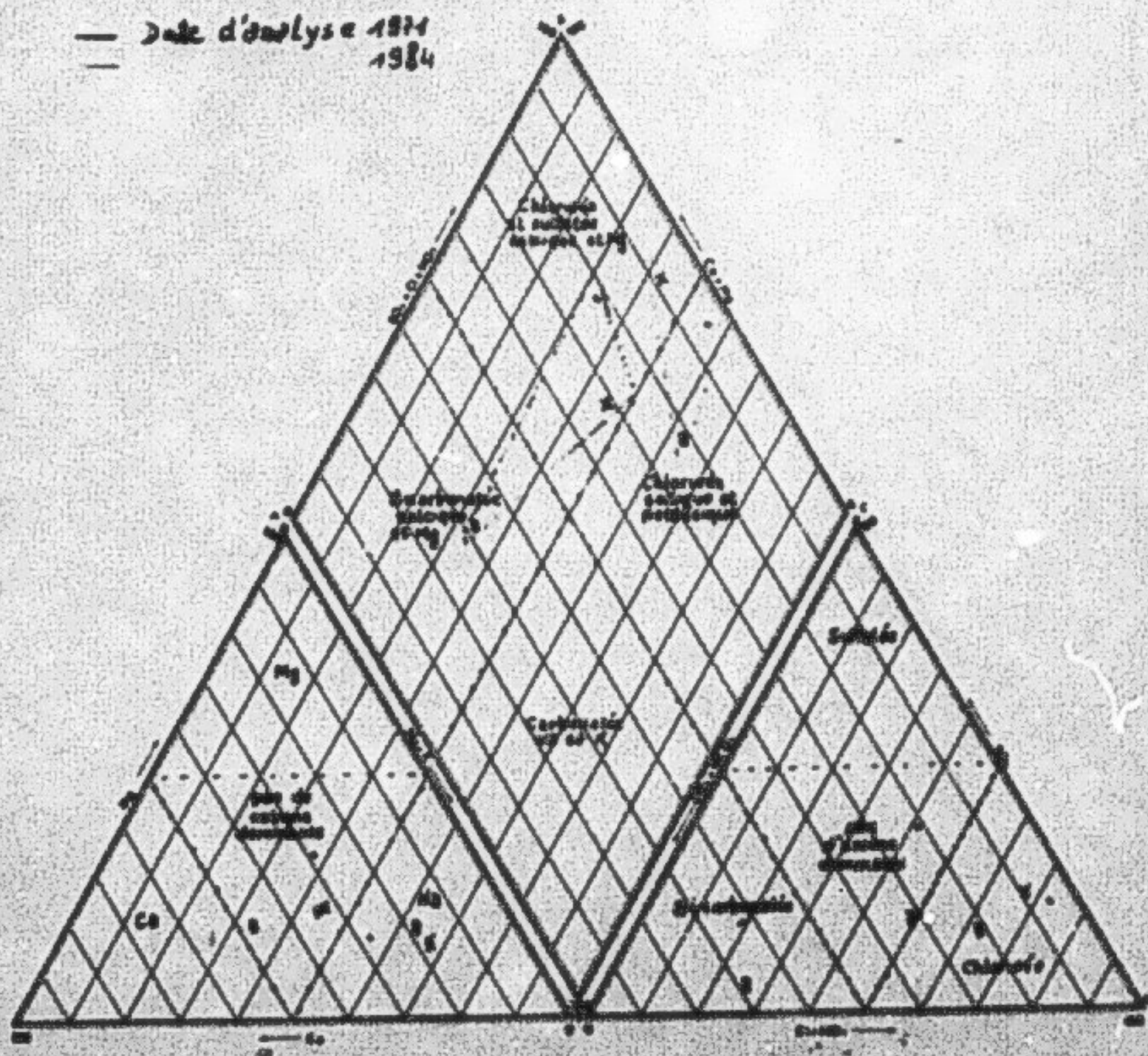


• Points 226

222

x . 352

— Date d'analyse 1974
1984



MAPPE NE GROMBALIA-SOLIMAN

(1975)

(LIT. H. SAUVET)
(1975) — 1979

Relevé sec (RS) 6/15 g/l

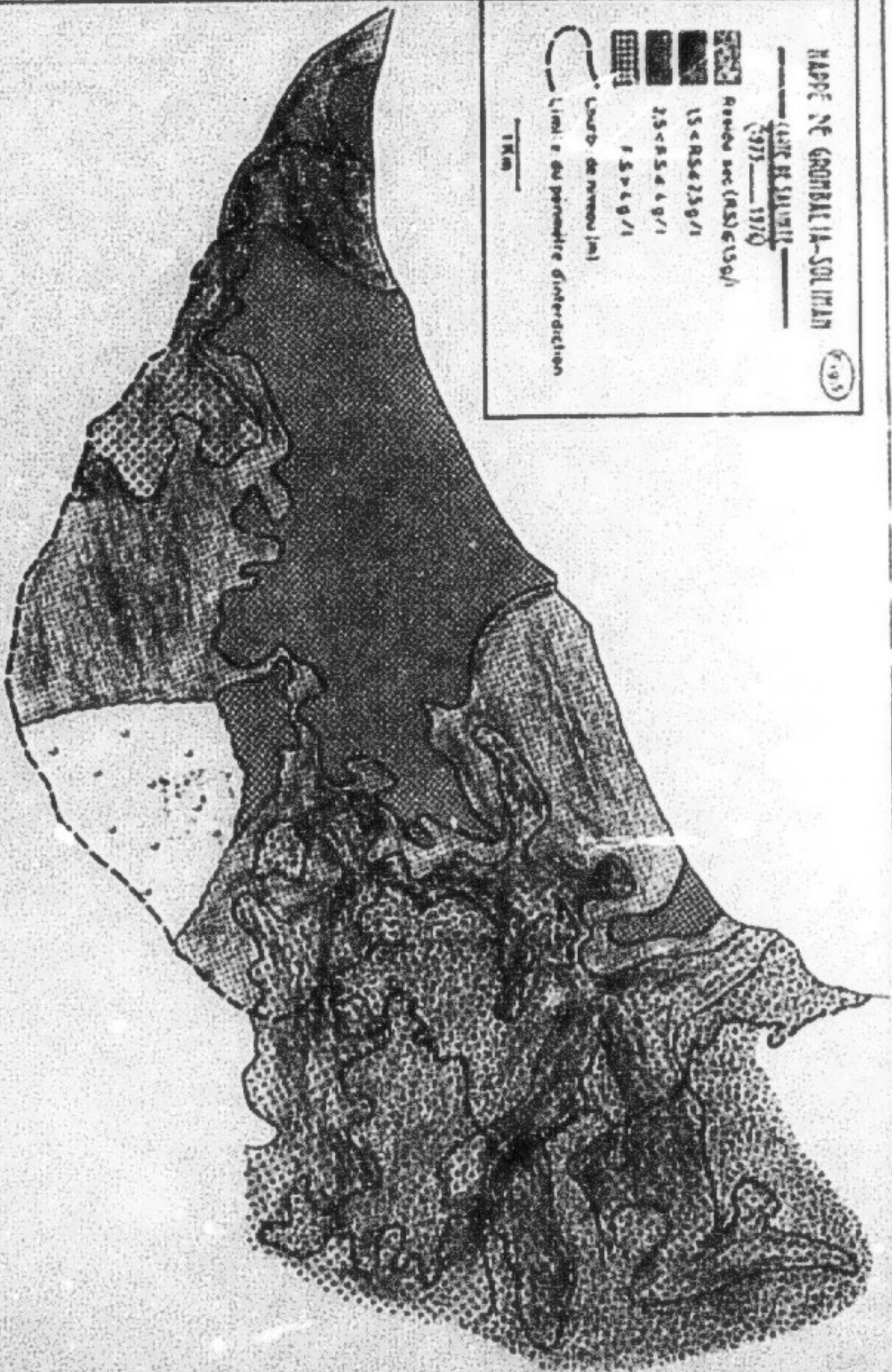
15 < RS < 25 g/l

25 < RS < 40 g/l

RS > 40 g/l

Limite du périmètre d'intervention

1 Km



MAPPE DE GRONBALLIA-SOLIMAN

1:95

Carte K. S. 1111/1

1975 — 1976

Projet sec (R.S.) 615 g/h

15 < R.S. < 25 g/l

25 < R.S. < 40 g/l

45 < R.S. < 60 g/l

Courbe de niveau (m)

Limite de délimitation d'irrigation

1 Km

MAPPE DE GÉOLOGIE-SOL (MAM)

(Fig. 1)

1987-1988
1988-1989

Projet de loi (P.L.) 150/88

US = R5 + 25 g/l

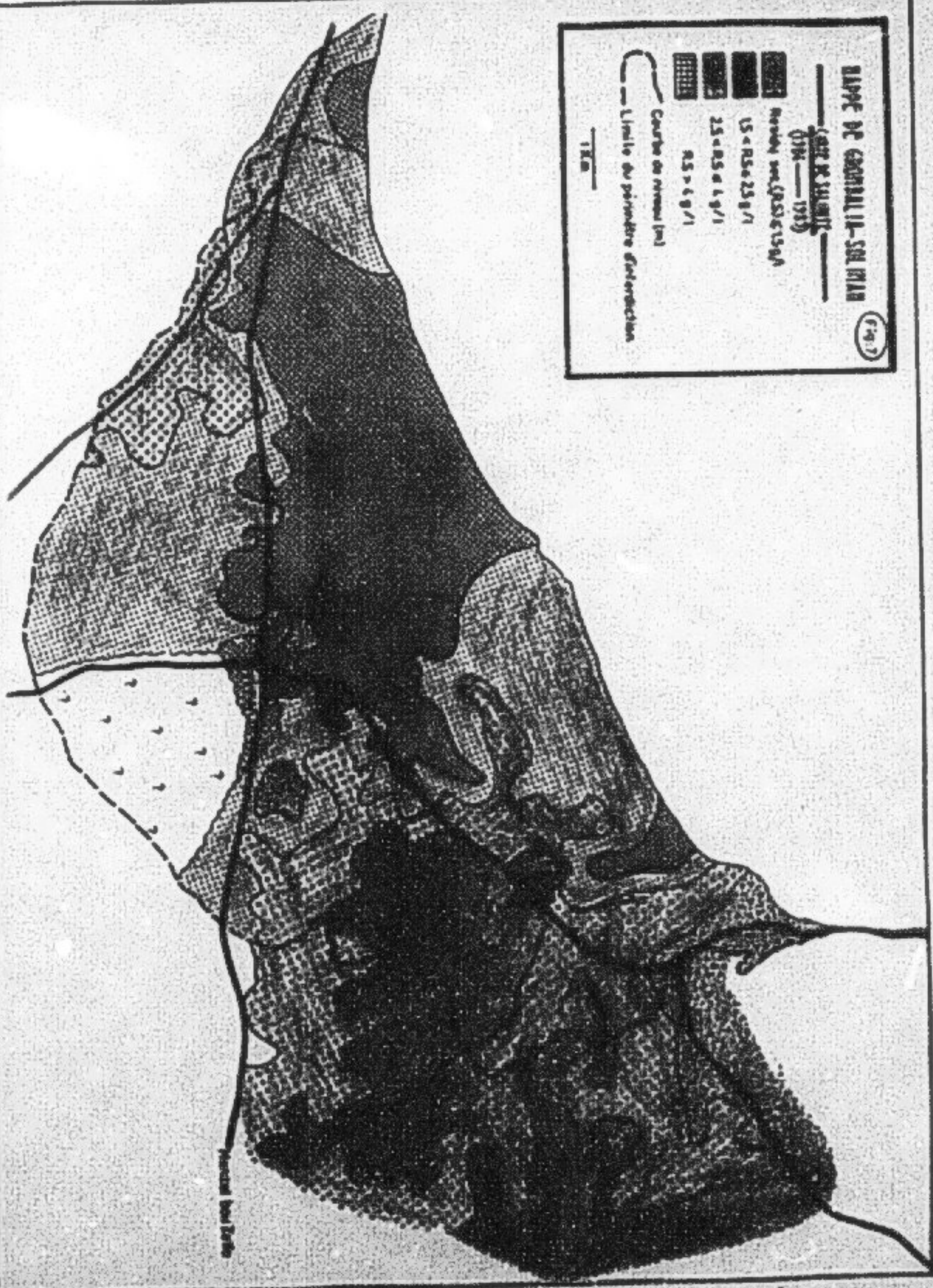
25 = R5 + 4 g/l

R5 = 4 g/l

Courbe de niveau (m)

Limite du périmètre d'intervention

1 km



Projet de loi (P.L.) 150/88

FIN

21

VUES