

IRRIGATION OF THE BEKAA SOUTH                      Document #5  
HYDROLOGY OF THE BEKAA; POSSIBILITIES OF UTILISATION OF DIVERS  
AQUIFERS

TABLE OF CONTENT

INTRODUCTION

PART ONE: GENERAL VIEW

1.1: HYDROLOGY OF BEKAA AREA

1.2: AVERAGE POSSIBILITIES. CURRENT SAMPLING. PLANNED  
SAMPLING

PART II: HYDROLOGY OF BEKAA

2.1: RAINFALL MEASUREMENTS

2.1: RAINFALL AT KSARA

2.3: HYDROLOGIS MEASUREMENT

2.4: COMPUTATION OF THE CHANGES IN THE RESERVE OF  
THE AQIFERS

2.5: CONCLUSION

PART III: THE DEEP RESERVES

3.1: NATURE OF THE RESERVES

3.2: THE DEEP RESERVES IN THE BEKAA

PART IV: POSSIBILITY OF UTILISATION OF THE AQIFERS IN THE BEKAA

4.1: THE AQIFERS OF THE BAROUK NIHA

4.2: THE AQIFERS OF ANJAR

4.3: THE AQIFERS OF TERBOL

4.4: THE AQIFERS OF BEKAA SOUTH

PART V: GENERAL CONCLUSION

PART VI: THE IMPACT OF THE WATER TABLE ON THE SWAMPS OF THE  
LITANI PLAIN.

6.1: THE ORIGINE OF THE WATER TABLE

6.2: STUDY TO BE DONE ON THE SALUBRITY OF THE AREA.

# IRRIGATION DE LA BEKAA SUD

## RAPPORT DE FACTIBILITE

HYDROLOGIE DE LA BEKAA  
POSSIBILITES D'UTILISATION DES DIVERS AQUIFERES

### ANNEXE III - DOCUMENT 3

# S O M M A I R E

	<u>Pages</u>
• <u>INTRODUCTION</u>	2
• <u>1ère partie - GENERALITES</u>	3
I - Hydrogéologie de la BEKAA	4
II - Possibilités moyennes - Prélèvements actuels - Projets de prélèvements	9
• <u>2ème partie - HYDROLOGIE DE LA BEKAA</u>	12
I - Mesures pluviométriques	12
II - Pluviométrie à KSARA	15
III - Mesures hydrologiques	15
IV - Calcul de l'évolution des réserves et des apports des aquifères	17
V - Conclusion de la 2ème partie	22
• <u>3ème partie - LES RESERVES PROFONDES</u>	24
I - Nature des réserves profondes	24
II - Les réserves profondes dans la BEKAA	25
• <u>4ème partie - LES POSSIBILITES D'EXPLCITA-         TION DES AQUIFRES DE LA BEKAA</u>	27
I - Aquifère de BAROUK NIHA (AMMIK - QABB ELIAS)	27
II - Aquifère de l'ANTI-LIBAN (ANJAR)	29
III - Aquifère de TERBOL	31
IV - Aquifères de la BEKAA SUD	33
• <u>5ème partie - CONCLUSION GENERALE</u>	38
• <u>6ème partie - INFLUENCE DES NAPPES SUR LA         ZONE MARECAGEUSE DE LA PLAINE         DU LITANI</u>	40
I - Origine de la nappe phréatique	40
II - Etudes à réaliser pour un avat-projet d'assainissement de la zone	41



Le bassin hydrographique du Litani a fait l'objet d'une importante étude hydrogéologique réalisée, autour des années 65/68, par une mission des Nations Unies dirigée par L. MOULARD (projet d'étude des eaux souterraines du Liban).

Plusieurs rapports de détail et un rapport général, en cours d'édition, ont été rédigés.

Par ailleurs, les services de l'Office du Litani ont réalisé plusieurs études analytiques à partir des résultats de cette étude générale qui sert de base aux projets d'exploitation des aquifères du bassin du Litani pour l'irrigation.

Le but de la présente note est de faire un résumé synthétique de ce qui est connu et projeté, d'essayer de contrôler si certaines hypothèses d'exploitation sont compatibles avec les possibilités supposées des aquifères afin d'envisager le mode de mise en exploitation de ceux-ci.

o  
o o  
o

L'étude a été réalisée par M. RUBY, Ingénieur géohydrologue, directeur du C.E.R.I.C., à Aix-en-Provence, associé dans le cadre du projet d'irrigation de la Bekaa-Sud à la mission S.C.P. - GERSAR.

lère partie - GENERALITES

La BEKAA, haute vallée du Litani, est comprise entre les massifs du LIBAN, à l'ouest, et de l'ANTI-LIBAN, à l'est, et constitue la prolongation du grand sillon Mer Morte - Thibériade. Son altitude varie de 1.100 à 350 m environ, les sommets voisins pouvant dépasser 2.500 m.

La géologie est assez compliquée mais on peut classer les terrains en quatre grandes familles :

- Karst
- Semi-karst
- Alluvions
- Imperméables.

La superficie totale de la partie du bassin comprise en amont du barrage de KARAOUN est d'environ 1.470 km<sup>2</sup>, dont 770 km<sup>2</sup> de karst et 130 km<sup>2</sup> de semi-karst (60 % en tout), 380 km<sup>2</sup> d'alluvions et 190 km<sup>2</sup> d'imperméables.

Les précipitations moyennes sont essentiellement variables suivant les endroits considérés et s'étagent de moins de 500 mm sur l'ANTI-LIBAN, la moyenne pour l'ensemble du bassin étant de 723 mm à plus de 1.300 mm sur le Mont-Liban, représentant un apport annuel de 1.060 mm.

L'étude hydrogéologique a été réalisée sur l'ensemble du bassin à l'aide des travaux et des mesures sur le terrain mais également au moyen de divers documents statistiques - cartes des pluviométries moyennes - débits moyens de sources sur plusieurs années, etc...).

Les valeurs données dans les bilans hydrologiques sont donc des valeurs valables en moyenne sur une période assez longue. Les projets d'exploitation des aquifères ne devront donc pas seulement être établis à partir de ces valeurs, mais confrontés avec des valeurs vraies correspondant à des années réelles individualisées.

## I - HYDROGEOLOGIE DE LA BEKAA

Le bassin de la BEKAA a été subdivisé en 8 unités hydrogéologiques séparées, d'importance plus ou moins grande, et dont 4 seulement sont susceptibles d'être exploitées. Seuls, ces 4 bassins sont présentés ci-après de façon détaillée. Pour leur localisation, on se reportera à la carte schématique in fine.

### 1.1. Bassin de l'ANTI-LIBAN (I de la carte)

Il est constitué principalement de calcaires crétacés du CENOMANIEN - TURONIEN et d'un peu de jurassique, la superficie totale de l'aquifère karstique étant de 355 km<sup>2</sup> soit 90 % de la superficie totale du bassin (395 km<sup>2</sup>).

La précipitation moyenne annuelle sur le bassin est de 485 mm ou 190 Mm<sup>3</sup> dont on a admis (1) que 45,5 % soit 87 Mm<sup>3</sup> s'infiltreraient et seulement 4 % ruisselaient (7 Mm<sup>3</sup>), le reste étant évapotranspiré.

Le massif est drainé par un groupe de sources assez rapprochées les unes des autres qui sont peut-être en réalité, plusieurs griffons d'un unique exutoire :

- ANJAR a un débit moyen annuel de 2,1 m<sup>3</sup>/s
- CHAMSINE a un débit moyen annuel de 0,4 m<sup>3</sup>/s
- Le débit total moyen est de 2,5 m<sup>3</sup>/s.

Le décalage entre pluies et débits semble très court, mais aucune corrélation n'a été établie.

L'étude des courbes de tarissement par la formule de MAILLET ( $Q_t = Q_0 e^{-\lambda t}$ ), faite sur les débits moyens mensuels de 4 périodes avril - octobre, donne un coefficient  $\lambda = 2,73 \cdot 10^{-3}$ . Les volumes en réserve correspondants seraient d'environ 90 Mm<sup>3</sup> fin avril et 60 Mm<sup>3</sup> fin octobre.

Des forages dans lesquels des pompages d'essai ont été réalisés ont indiqué une karstification variable mais qui atteindrait au moins 100 m de profondeur.

La transmissivité moyenne a été évaluée, d'après les essais, à  $13 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s, le coefficient d'emmagasinement étant de 6 % d'après les résultats sur un forage, mais de 0,25 % d'après les rabattements dans un piézomètre.

---

(1) En considérant les débits écoulés pendant 4 années moyennes consécutives.

Un essai de surexploitation de la source d'AN-JAR réalisé en novembre - décembre 1967 (par siphonage, le débit a été augmenté de 0,44 m<sup>3</sup>/s) donnerait, par contre, une transmissivité d'environ 10 fois plus faible ( $1,1 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s à  $1,9 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s suivant qu'on considère la source elle-même ou un puits témoin à 900 m), le coefficient d'emmagasinement étant de 3,2 %. Mais ces chiffres sont entachés d'une erreur d'interprétation (cf. chapitre 2).

En résumé : Volume moyen annuel naturel disponible 87 Mm<sup>3</sup> dont 30 Mm<sup>3</sup> naturellement entre avril et octobre - Aquifère karstifié jusque vers 100 m de profondeur sous l'exutoire - Caractéristiques hydrodynamiques moyennes, transmissivité de l'ordre de 1 à  $2 \cdot 10^{-1}$  m<sup>2</sup>/s et coefficient d'emmagasinement mal défini entre 0,26 et 6 %.

## 1.2. Bassin de BAROUK NIHA (II de la carte)

Il est constitué principalement de calcaires jurassiques, la superficie du karst étant de 100 km<sup>2</sup>, soit 85 % de la superficie totale du bassin (120 km<sup>2</sup>). La précipitation moyenne annuelle y est de 1.310 mm ou 170 Mm<sup>3</sup> dont on a admis que 40 % environ, soit 67 Mm<sup>3</sup>, s'infiltraient et seulement 6,5 % ruisselaient (10 Mm<sup>3</sup>), le reste étant évapotranspiré.

Le massif est drainé par plusieurs sources de débordement alimentées par la grande faille Nord/sud du LIBAN, dont 2 seulement intéressent le projet :

- AMMIK a un débit moyen annuel de 0,73 m<sup>3</sup>/s
- Q'EBELIAS a un débit moyen annuel de 0,71 m<sup>3</sup>/s

Le débit moyen total de l'ensemble des sources est de 2,1 m<sup>3</sup>/s, celui des 2 sources intéressantes de 1,44 m<sup>3</sup>/s, c'est-à-dire que le volume annuel intéressant le projet ne représente que les 2/3 du volume annuel d'alimentation du bassin, soit 45 Mm<sup>3</sup>.

Le décalage entre pluies et débit serait, au maximum, d'un mois, mais aucune corrélation n'a été établie.

L'étude des courbes de tarissements (formule de MAILLET) faite comme pour le 1er bassin, donne un coefficient  $\alpha$  moyen de  $7,7 \cdot 10^{-3}$  et les volumes en réserve correspondants seraient d'environ 40 Mm<sup>3</sup> à fin avril et 20 Mm<sup>3</sup> à fin octobre pour l'ensemble des sources, soit 26 Mm<sup>3</sup> et 14 Mm<sup>3</sup> pour celles intéressant le projet.

Les pompages d'essai réalisés dans des forages ont donné une transmissivité moyenne de  $2 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s entre 0,1 et  $6 \cdot 10^{-2}$  et un coefficient d'emmagasinement d'environ 3 % (mesure sur un seul forage).

En résumé : Volume moyen annuel naturel disponible : 44 Mm<sup>3</sup> dont 12 Mm<sup>3</sup> entre avril et octobre (en excluant les sources les plus à l'aval dont l'exutoire s'écoule à l'aval du barrage de KARAOUN). Pas d'indication précise sur la Karstification. Caractéristiques hydrodynamiques de l'aquifère moins bonnes que celles de l'aquifère de l'ANTI-LIBAN.

### 1.3. Bassin du LIBAN (III de la carte)

Il est constitué de calcaires crétacés du CENOMANIEN mais se trouve en dehors de la zone projetée d'exploitation.

Son débit naturel sert à l'alimentation du LITANI. L'apport moyen annuel est de 74 Mm<sup>3</sup> dont 17 Mm<sup>3</sup> entre avril et octobre, le ruissellement fournissant, en outre, 15 Mm<sup>3</sup>.

### 1.4. Bassin de la BEKAA SUD (IV de la carte)

Il est constitué par le synclinal éocène de JABAL EL AARIBI et par l'anticlinal du crétacé supérieur CENOMANIEN de la BEKAA SUD qui s'appuie à l'ouest sur les marnes du MONT LIBAN. Les deux formations semblent, en surface, indépendantes l'une de l'autre, mais des mesures géophysiques ont montré, qu'en réalité, elles seraient en contact souterrain, au moins dans la partie nord.

La superficie totale de l'aquifère est de 122 km<sup>2</sup>, soit 92 % de la superficie totale du bassin (133 km<sup>2</sup>).

La précipitation moyenne annuelle sur le bassin est d'environ 820 mm ou 1,08 Mm<sup>3</sup> dont on a admis que 35 % environ s'infiltraient soit 37 Mm<sup>3</sup> et 2 % ruisselaient soit 2 Mm<sup>3</sup>, le reste étant évapotranspiré.

Le bassin est traversé par le LITANI et englobe la totalité de la retenue de KARAOUN. Autrefois, des sources drainaient les aquifères vers le fleuve, mais aujourd'hui, le drainage se fait de façon occulte, dans la retenue et ne peut être contrôlé. On l'a néanmoins évalué à environ 35 Mm<sup>3</sup> avant la mise en eau de la retenue (ce qui explique le chiffre d'infiltration retenu - 37 Mm<sup>3</sup>).



La Karstification atteindrait 250 m de profondeur. On notera, à ce sujet, que, d'après des indications recueillies sur place, les injections constituant le voile au large du barrage de KARACUN auraient été poussées jusqu'à 100 m de profondeur, en rive gauche, dans l'éocène, et à 250 m en rive droite, dans le crétacé. Aucune circulation N-S importante ne semble exister au droit du barrage actuellement.

Des essais de pompage réalisés dans 4 forages exécutés dans le cénomanien ont donné une transmissivité moyenne de  $3 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s et un coefficient d'emmagasinement très faible de 0,6 %. 3 sondages, dans l'éocène, donnent une transmissivité moyenne de  $1,5 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s.

En résumé : Volume moyen annuel naturel disponible : 37 Mm<sup>3</sup>. Karstification importante - Aquifère en relation avec la retenue de KARACUN. Transmissivité moyenne  $3$  ou  $1,5 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s, suivant la nature des terrains et faible coefficient d'emmagasinement.

#### 1.5. Bassin de JDITA (V de la carte)

C'est un petit bassin jurassique sans intérêt pour le projet, dont l'apport naturel au LITANI ne dépasserait pas, en moyenne, 4 Mm<sup>3</sup> par an, auxquels il faut ajouter 9 Mm<sup>3</sup> de ruissellement.

#### 1.6. Bassin Nord-Ouest de la BEKAA (VI de la carte)

C'est un bassin principalement constitué de marnes néogènes dont l'apport moyen annuel au LITANI serait de 8 Mm<sup>3</sup> augmenté de 9 Mm<sup>3</sup> de ruissellement.

#### 1.7. Bassin de la BEKAA EST (TERBCL) (VII de la carte)

Il est constitué de calcaires éocènes et de conglomérats quaternaires et l'aquifère couvre pratiquement la totalité de la superficie, soit 147 Km<sup>2</sup>. Des études géophysiques ont montré que l'éocène, qui draine les conglomérats quaternaires par une surface de contact importante, ne serait pas en relation avec l'éocène de la BEKAA SUD.

Les précipitations moyennes annuelles sur le bassin sont de 525 mm soit 77 Mm<sup>3</sup> dont on a admis que 18 % environ s'infiltreraient (14 Mm<sup>3</sup>) et seulement 3,3 % (2,6 Mm<sup>3</sup>) ruisselaient, le reste étant évapotranspiré.

Le massif est drainé par un groupe de sources qui s'assèchent en été actuellement du fait des pompages (cf. plus loin) et dont le débit moyen annuel total mesuré avant le développement de ceux-ci aurait été de 0,44 m<sup>3</sup>/s ou 13,8 Mm<sup>3</sup>/an (le pompage représentant, à ce moment, 1,8 Mm<sup>3</sup> supplémentaires) (1).

L'étude des courbes de tarissement par la formule de MAILLET faite sur les débits moyens mensuels donne un coefficient  $\alpha = 9,14 \cdot 10^{-3}$ , ce qui est relativement important. Dans ces conditions, les volumes moyens en réserve auraient été autrefois de 8,4 Mm<sup>3</sup> fin avril et 3,2 Mm<sup>3</sup> fin octobre.

Aucun renseignement n'a été fourni par des sondages sur les caractéristiques hydrodynamiques des terrains. Un calcul (aléatoire) par la loi de Darcy implique cependant une transmissivité de  $18 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s, ce qui n'est pas impossible, compte tenu de la valeur importante du coefficient  $\alpha$  ci-dessus.

En résumé : Volume moyen annuel naturel disponible : 14 Mm<sup>3</sup> dont 5 Mm<sup>3</sup> environ entre avril et octobre. Pas de renseignements sur les karstifications et renseignements de valeur douteuse sur les caractéristiques hydrodynamiques du terrain.

#### 1.8. Bassin de la plaine de la BEKAA (VIII de la carte)

C'est le bassin alluvial du LITANI dont l'épaisseur atteindrait, en un endroit, jusqu'à 2.000 m. Les quelques sources de drainage alimentent le LITANI qui doit, par ailleurs, recevoir directement des apports souterrains dans son lit naturel (35 Mm<sup>3</sup> en tout ?) en supplément d'un ruissellement de 20 Mm<sup>3</sup>.

L'aquifère ne doit pouvoir alimenter que des petits prélèvements particuliers disséminés.

#### 1.9. Examen critique des résultats de l'étude hydrogéologique

Les résultats énumérés dans les paragraphes précédents sont, on l'a dit, extraits directement du rapport provisoire sur l'étude hydrogéologique de la Mission O.N.U., et rapportés tels quels.

Si, d'une façon générale, l'ensemble des renseignements géologiques et les chiffres globaux du bilan doivent pouvoir être admis sans difficulté, il n'est pas de même des valeurs proposées par les caractéristiques hydrodynamiques des divers aquifères.

(1) Etant donné la position de la station de jaugeage, il n'est pas exclu que ce chiffre contienne une part de ruissellement.

En effet, si nous ne possédons pas de détail des essais réalisés (pompage dans des forages, siphonage de source, tarissement), il semble toutefois que quelques confusions sur l'interprétation des phénomènes entachent d'erreur les résultats.

Tout d'abord, il semble que, dans les dépouillements d'essais de pompage dans les forages, on n'ait généralement pas tenu compte que ces forages se trouvaient pratiquement sur une limite imperméable de l'aquifère testé (cas des forages d'AMMIK et d'ANJAR par exemple).

Dans ce cas, le rabattement est double du rabattement obtenu, pour un même débit, dans un aquifère illimité latéralement (théorie des images ou de superposition des écoulements). Les valeurs de transmissivité proposées sont alors à multiplier par deux, ainsi que celles des coefficients d'emmagasinement.

Ensuite, les méthodes utilisées pour l'étude du tarissement des sources et de la baisse corrélative du niveau piézométrique dans un forage témoin ne sont pas valables (utilisation des formules de THEIS-JACOB pour un phénomène hydraulique absolument différent de celui pour lequel elles ont été établies).

Il paraît donc, à priori, aléatoire de vouloir utiliser telles quelles les valeurs des caractéristiques hydrodynamiques proposées pour les aquifères, pour déterminer l'influence des prélèvements envisagés, principalement sur les niveaux piézométriques des nappes et sur les rabattements dans les ouvrages de pompage.

Ce point sera repris plus loin, lors de l'analyse des possibilités d'exploitation de chaque aquifère.

## II - LES POSSIBILITES MOYENNES, LES PRELEVEMENTS ACTUELS, LES PROJETS DE PRELEVEMENTS

Pour les quatre aquifères dont l'exploitation pour l'irrigation est envisagée, les apports moyens annuels calculés sur une courte période (il semble qu'il s'agisse des 4 années 1962-1963 à 1965-1966 (1) qui sont elles-mêmes des années de pluviométrie moyenne donnant 716 mm - 666 mm - 631 mm - 643 mm soit 664 mm en moyenne à KSARA pour un module de 620 mm sur 40 ans) sont donc les suivants :

---

(1) L'année hydrologique commence au LIRAN en octobre.  
L'année 1962-1963 va donc du 1.10.1962 au 30.09.1963.

ANTI-LIBAN (ANJAR CHAMSINE) - 87 Mm<sup>3</sup> dont en moyenne 30 Mm<sup>3</sup> s'écoulent naturellement de fin avril à fin octobre.

BAROUK NIHA (QABB ELIAS - AMMIK) - 44 Mm<sup>3</sup> dont, en moyenne, 12 Mm<sup>3</sup> s'écoulent naturellement de fin avril à fin octobre (pour la partie du massif intéressant le projet).

BEKAA SUD (KAHMED LAUZE - TELL ZNOUB) - 37 Mm<sup>3</sup> (bassin englobant la retenue de KARAOUN et drainé de façon occulte).

BEKAA EST (TERBOL) - 14 Mm<sup>3</sup> dont 5,2 Mm<sup>3</sup> se seraient écoulés naturellement de fin avril à fin octobre (changement du régime d'été depuis le développement des pompages : les sources sont sèches plusieurs mois par an, même en année moyenne).

En regard de ces chiffres relativement importants, en particulier pour les 3 premiers bassins, il semble que les débits prélevés actuellement par pompage dans les aquifères sont assez moyens.

Les valeurs que nous indiquerons ci-après sont fournies dans un rapport du Ministère des Ressources Hydrauliques - Office des Eaux Souterraines - en date du 7 mars 1969 et en réponse à une demande officielle de l'Office du LITANI. Il semble, d'après les renseignements recueillis auprès de cet organisme en septembre 1970, qu'elles sont toujours valables.

Ces débits exploités, recensés par enquête sur le terrain, sont :

- ANTI-LIBAN (ANJAR CHAMSINE)	1,25 Mm <sup>3</sup> (1)
- BAROUK NIHA (QABB ELIAS - AMMIK)	5 Mm <sup>3</sup>
- BEKAA SUD	20 Mm <sup>3</sup>
- TERBOL	10 Mm <sup>3</sup>

La comparaison des 2 séries de valeurs incite naturellement à envisager d'exploiter de façon plus intensive au moins les 3 premiers aquifères et la note précitée propose d'augmenter les prélèvements par pompage. Actuellement, les valeurs des volumes annuels qu'on envisage d'exploiter sont, d'après les renseignements qui nous ont été fournis par la S.C.P. :

---

(1) Près de 25 Mm<sup>3</sup> du débit "superficiel" de la source seraient utilisés par ailleurs.



- ANTI-LIBAN	30 Mm <sup>3</sup>	)	) Ordre de grandeur
- BAROUK NIHA	20 Mm <sup>3</sup>	(	
- BEK/A SUD	40 Mm <sup>3</sup>	(	
- TERBOL	15 Mm <sup>3</sup>	)	

A priori, la première proposition semble raisonnable puisqu'elle correspond à l'écoulement moyen annuel entre avril et septembre.

La deuxième proposition paraît raisonnable si on pense que 15 Mm<sup>3</sup> environ s'évaporent (1) chaque année dans la zone des marécages d'AMMIK (ce qui est énorme et représente un débit fictif continu de 500 l/s) et doivent pouvoir être récupérés.

La troisième proposition, pour laquelle on peut préciser que 30 Mm<sup>3</sup> seraient prélevés en rive droite du LITANI (TELL ZNOUB) et 10 Mm<sup>3</sup> en rive gauche (KAHMED LAUZE) paraît également raisonnable.

La quatrième proposition est peut-être la plus hardie mais devrait pouvoir être retenue.

Cependant, toutes ces impressions premières ne sont valables que parce qu'on compare les propositions d'exploitation aux valeurs totales moyennes d'apport. Il faut donc les nuancer en tenant compte que :

- 1 - Les années réelles sont normalement différentes des années moyennes et peuvent fournir des apports bien inférieurs aux valeurs retenues pour les bilans.
- 2 - On n'est pas certain que les prélèvements pourraient dépasser de beaucoup les apports naturels de période sèche, c'est-à-dire que les aquifères sont exploitables en dessous du niveau des exutoires (exploitation des réserves profondes dont on ne connaît pas l'importance).

Ces deux hypothèses seront examinées successivement.

\*\*  
\*   \*  
\*\*

---

(1) D'après l'étude MOULARD et les services de l'O.N.E.

## 2ème partie - HYDROLOGIE DE LA BEKAA

Nous examinerons d'abord si les besoins peuvent être effectivement satisfaits, quelles que soient les conditions climatiques de l'année considérée. Autrement dit, en admettant les chiffres d'apports moyens annuels et les volumes en stock dans les aquifères au-dessus de leur exutoire au début de la période sèche, pour l'année moyenne 1957, nous chercherons dans quelles conditions serait faite l'exploitation de chacun d'entre eux entre 1957 et 1967.

### I - MESURES PLUVIOMETRIQUES

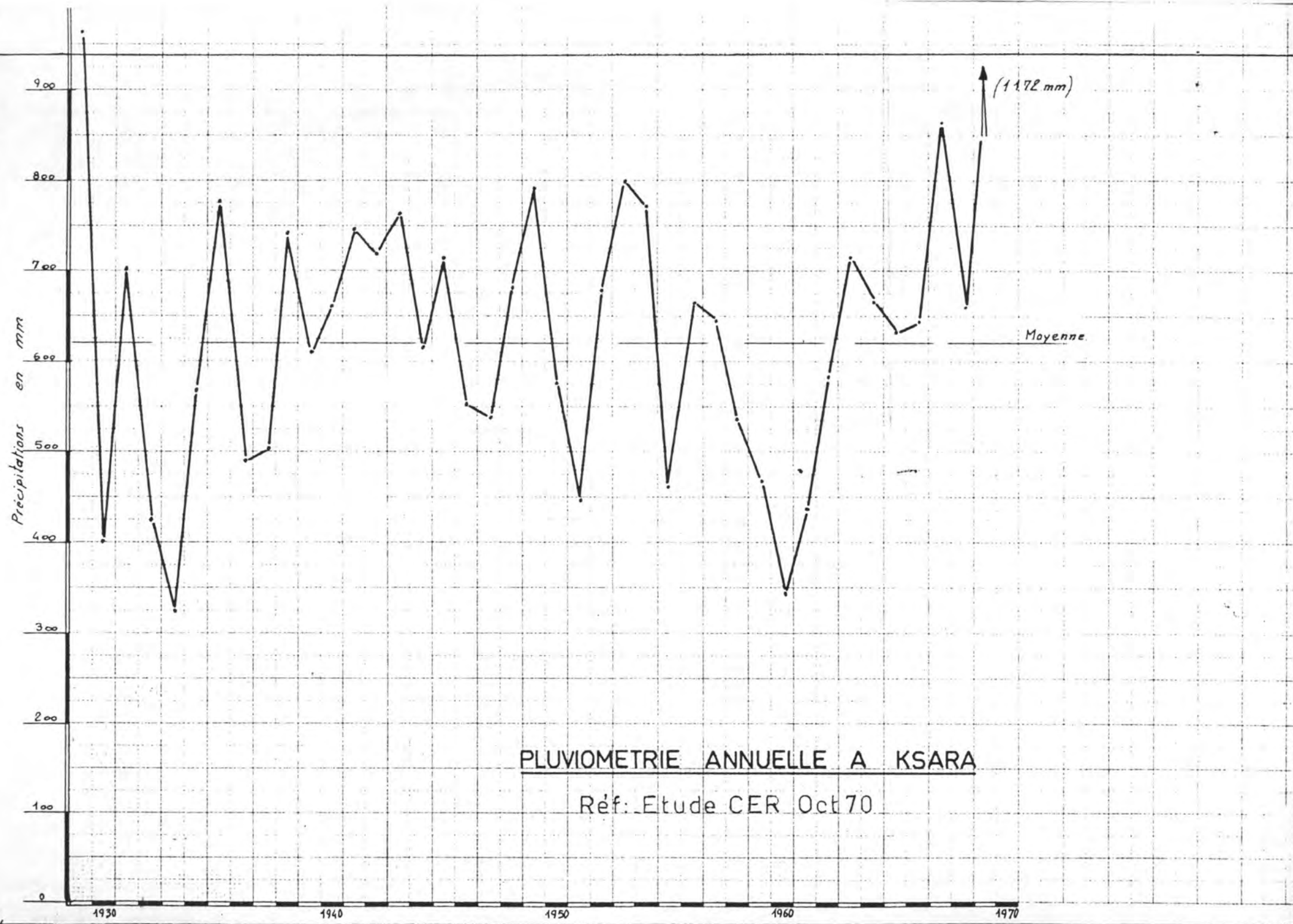
On l'a vu, tous les bilans ont été faits à partir de données pluviométriques moyennes extraites de la carte isohyète du LIBAN. Pour pouvoir passer de ces valeurs aux valeurs réellement obtenues lors d'une année quelconque, on dispose de relevés pluviométriques effectués en plusieurs stations réparties dans la BEKAA (1). L'une d'elles, KSARA (dans la BEKAA) est en service depuis 50 ans environ, les autres depuis moins longtemps mais on y dispose généralement des mesures suffisantes pour qu'une corrélation puisse être tentée entre elles et KSARA. Le tableau ci-après donne les résultats obtenus (méthode des moindres carrés) : ils sont généralement très bons sauf pour la station d'AMMIK où on ne dispose que de 6 années de mesures.

On remarquera que pour cette station comme pour les autres stations sud (JOUBB JANINE - KHERBET KANAFAR - KARAOUN) la pluviométrie annuelle est sensiblement plus abondante qu'à KSARA.

Quoiqu'il en soit, on peut admettre qu'en première approximation il est possible de caractériser la pluviométrie sur la zone de la BEKAA intéressée par l'étude, par une seule station pluviométrique, celle de KSARA.

---

(1) Cf. carte in fine.



PLUVIOMETRIE ANNUELLE A KSARA

Réf: Etude CER Oct 70

TABLEAU I

PLUVIOMETRIE TOTALE ANNUELLE A UNE STATION  
EN FONCTION DE LA PLUVIOMETRIE A KSARA.

STATIONS	RELATION AVEC KSARA	COEFFICIENT DE CORRELATION
BALBECK	0,722 P- 65	0,90
HAOUCH SNAID	0,818 P- 41	0,96
RAYAK	1,107 P- 93	0,95
TELL AMARA	0,879 P+ 54	0,98
ANJAR	0,904 P- 77	0,91
AMMIK	0,970 P+257	0,72
MANSOURAH	0,887 P+ 35	0,90
KHERBET KANAFAN	1,643 P+ 6	0,98
JOUBB JANINE	1,132 P- 16	0,96
KARACOUN	1,418 P-318	0,94

$\bar{P}$  : Pluviométrie à KSARA en mm.

Pour certaines stations, on a négligé 2 ou 3 mesures semblant particulièrement aberrantes.



## II - PLUVIOMETRIE A KSARA

La pluviométrie moyenne à KSARA, calculée sur 40 ans (1928-1929 à 1968-1969), est de 620 mm. Le graphique page 13 montre l'évolution de la pluviométrie dans le temps. On y note les valeurs minimales de 221 mm en 1932-1933 et de 340 mm en 1959-1960, ainsi que les groupes d'années consécutives inférieures à la moyenne : 1931-1932 - 1932-1933 - 1933-1934, puis 1935-1936 - 1936-1937, puis 1945-1946 - 1946-1947, enfin 1957-1958 à 1961-1962, soit 5 années, suivant elles-mêmes 2 années pendant lesquelles la pluviométrie n'avait pratiquement pas dépassé la moyenne.

Par rapport à l'année normale, ces 5 années ont respectivement un coefficient pluviométrique de : 0,86 - 0,75 - 0,55 - 0,705 - 0,94. L'année 1962-1963 a, elle, un coefficient de 1,15.

Une étude fine réalisée par la mission BIRD en 1960 (M. BONNIER) a montré que la probabilité d'obtenir 2 années très sèches consécutives comme 1959-1960 et 1960-1961 était de 0,008 (soit 1/125).

On reviendra plus loin sur ces diverses valeurs.

## III - MESURES HYDROLOGIQUES

Les débits des rivières sont mesurés depuis de nombreuses années mais les débits des sources, émergences des aquifères qui intéressent l'étude, ne sont mesurés régulièrement que depuis l'été 1962, après la dernière période de sécheresse (1).

En réalité certaines mesures de rivière pourraient peut-être, être utilisées pour caractériser les sources, mais elles nécessiteraient des corrections difficiles. La mesure "Rivière GHAZAYEL", par exemple, correspond à l'addition de 2 groupes de sources (TERBOL et ANJAR CHAMSINE) et d'un bassin versant. Par ailleurs, on y pompe pour l'irrigation. L'utilisation des valeurs de débit mesurées ne peut donc caractériser qu'un phénomène global.

---

(1) Pour la majorité d'entre elles tout au moins.

Les 6 années de mesure (de 1962-1963 à 1967-1968) que l'on possède sur les sources correspondent sensiblement à des années moyennes, sauf 1966-1967, (716 - 666 - 631 - 643 - 864 et 660 mm à KSARA.) (1). Elles ne sont pas directement exploitables pour caractériser ce qui risque de se passer sur un aquifère en année sèche et à fortiori à la suite de plusieurs années sèches.

Il a alors semblé intéressant de rechercher s'il existait une corrélation valable entre la pluviométrie de KSARA et le débit total d'un groupe de sources issues d'un même aquifère, pour essayer de reconstituer ce qui a pu se passer pendant les années sèches de 1958 à 1962 sur chacun de ceux-ci.

La corrélation mois par mois est médiocre ; les résultats ne sont pas plus satisfaisants avec des décalages de 1 à 3 mois entre pluie et débit.

Ces résultats ne sont pas surprenants si on se souvient qu'ils sont obtenus avec seulement 6 échantillons correspondant à des années peu différentes les unes des autres au point de vue hydrologique, et en travaillant sur des valeurs mensuelles.

D'autres corrélations ont été tentées, outre celle indiquée ci-dessus, entre débit ou volume total des mois pluvieux et pluviométrie correspondante, qui sont également très mauvaises. Les corrélations entre débit au début de la période de tarissement et pluviométrie totale de la saison humide ou encore entre volume écoulé et pluviométrie correspondante, ne donnent, elles non plus, rien de valable, pas plus que les corrélations entre les moyennes mobiles du débit annuel et de la pluviométrie annuelle, avec décalage de 0 à 3 mois.

Les conditions dans lesquelles la présente étude est réalisée ne permettent pas, au moins pour l'instant de pousser plus loin les investigations dans ce sens (essai de corrélations multiples par exemple).

Il nous est donc impossible de réaliser, pour les années antérieures à 1962, une étude détaillée des apports naturels des aquifères mois par mois, en utilisant des méthodes de corrélation simple pluie - débit.

Force nous est donc, pour ce faire, d'essayer d'utiliser une méthode basée sur les courbes de tarissement relevées pendant quelques années, en admettant que le pourcentage de pluie infiltrée est constant dans l'année.

---

(1) Elles ont d'ailleurs servi à la mission MOULARD pour établir ses bilans.

Cette hypothèse n'est pas rigoureuse ; en particulier quand plusieurs années sèches se suivent, les apports aux aquifères à partir de la seconde année sont probablement plus faibles que ceux qu'on admettra du fait d'une évapotranspiration plus forte et de la nécessité de reconstituer des réserves superficielles plus dégradées.

Par ailleurs, il est probable qu'en année très humide le ruissellement consomme une part plus grande des apports pluviométriques.

Enfin, on sait que suivant la façon dont tombe une averse (intensité plus ou moins grande pour un même total pluviométrique), l'infiltration et le ruissellement varient en proportion.

#### IV - CALCUL DE L'EVOLUTION DES RESERVES ET DES APPORTS DES AQUIFERES

##### 4.1. Méthode utilisée

La méthode de calcul utilisée, qui est assez grossière puisqu'on ne peut travailler que sur des moyennes faute d'une connaissance plus fine des données hydrologiques récentes, consiste à revenir aux coefficients de tarissement des diverses sources mesurées.

Le rapport MOULARD indique en effet un seul coefficient de tarissement par aquifère, celui qui correspond à la fin de la période de vidange, pendant la période sèche. Disposant de quelques années de mesures supplémentaires, nous avons repris l'étude de ces coefficients et constaté qu'un autre coefficient de tarissement peut être mis en évidence, au début de la vidange des aquifères, quand les réservoirs sont pleins (c'est un phénomène classique, le changement du régime de vidange se faisant généralement autour d'un volume de réserve assez bien défini).

On dispose donc :

- Du stock théorique en réserve à fin avril, à la fin d'une année pluviométrique moyenne prise comme année de départ (1957) proposé par MOULARD et contrôlé par nous-mêmes.
- Des coefficients de tarissement de l'aquifère.
- Des volumes mensuellement infiltrés proportionnels à la pluie à KSARA, le coefficient de proportionnalité étant le coefficient d'infiltration proposé dans le rapport MOULARD.

- Des besoins d'irrigation au stade exhaustif par la S.C.P.

On peut alors simuler la variation de la réserve, d'abord naturelle, en écrivant :

$$V_m = V_{m-1} - Q_m + P_m$$

Puis artificielle, en utilisant la formule précédente ou la formule suivante :

$$V_m = V_{m-1} - I_m + P_m$$

suivant que  $Q_m$  est supérieur ou inférieur à  $I_m$  avec :

$V_m$  et  $V_{m-1}$  : Volume en réserve à la fin du mois  $m$  et du mois  $m-1$

$Q_m$  : Débit naturel du mois  $m$  correspondant au volume  $V_{m-1}$

$I_m$  : Irrigations du mois  $m$

$P_m$  : Pluviométrie à KSARA du mois  $m$

et :

$$Q_m = \begin{cases} < V_{m-1} & \text{ou :} \end{cases}$$

$V_{m-1}$  suivant que le volume en réserve  $V_{m-1}$  est supérieur ou inférieur au volume "charnière" pour les coefficients de tarissement.

#### 4.2. Aquifère de BAROUK NIHA (AMMIK)

Deux coefficients de tarissement sont utilisés pour cet aquifère :

$$\alpha = 15,4 \cdot 10^{-3} \quad \text{pour } V > 5,2 \text{ Mm}^3$$

$$\alpha < = 7,7 \cdot 10^{-3} \quad \text{pour } V < 5,2 \text{ Mm}^3$$

Partant d'un volume en réserve de 26 Mm<sup>3</sup>, à fin avril 1957, au-dessus de l'exutoire (ou plutôt des 2 QASB ELIAS et d'AMMIK), on a reconstitué l'évolution de la réserve jusqu'en octobre 1968, avec et sans irrigation au volume annuel de 20 Mm<sup>3</sup> (1) (Planche 1).

---

(1) Répartition dans l'année : avril 0,5 Mm<sup>3</sup> - Mai 2,9 Mm<sup>3</sup>  
 Juin 4,6 Mm<sup>3</sup> - Août 4,6 Mm<sup>3</sup> - Septembre 1,3 Mm<sup>3</sup>.



# AMIK

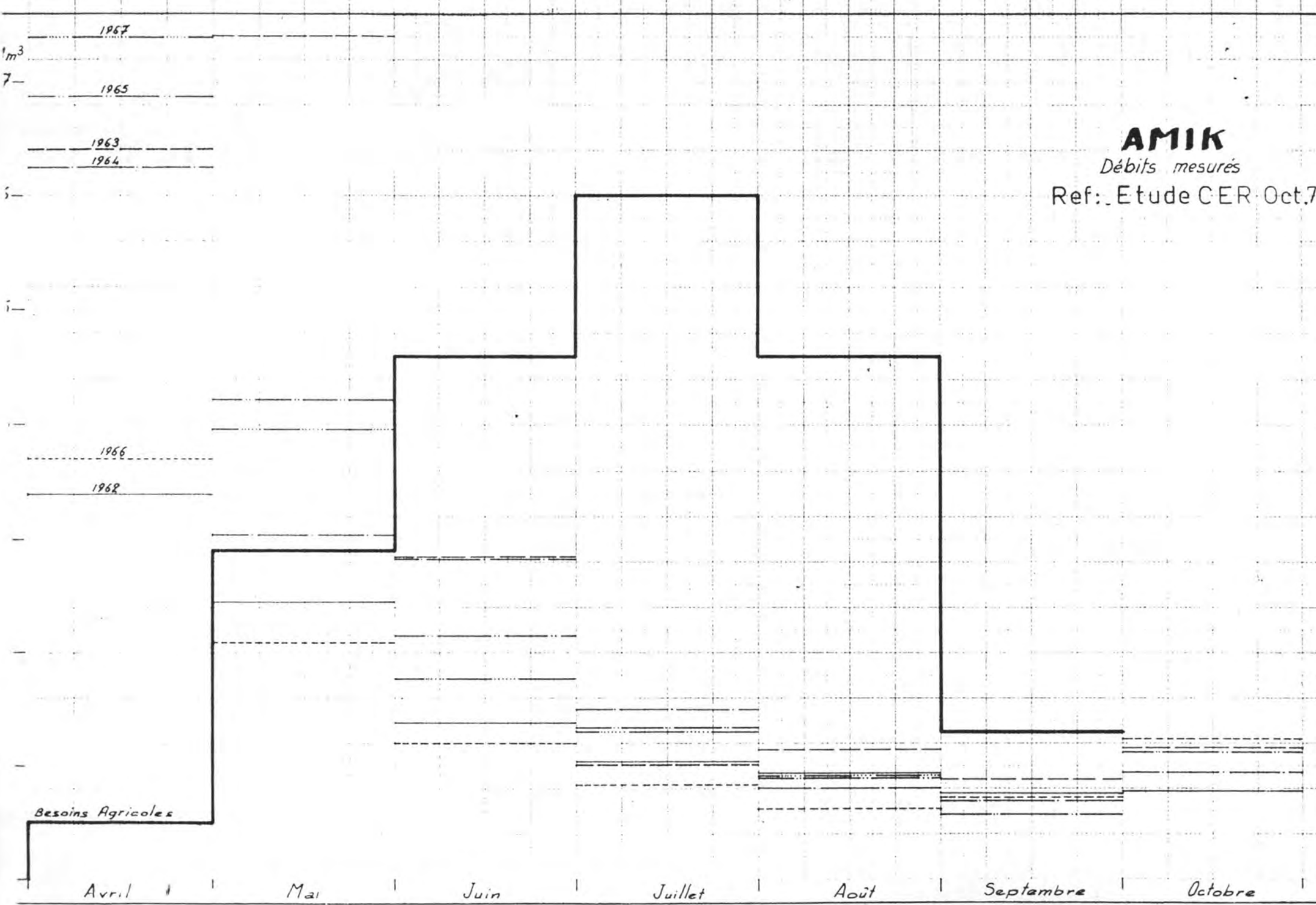
Débits mesurés

Ref: Etude CER Oct.70

1967  
1965  
1963  
1964

1966  
1962

Besoins Agricoles



A partir des calculs, on a également reporté l'évolution des débits moyens mensuels naturels, calculés et mesurés réellement, à titre de comparaison et de vérification. On voit que pour les bas débits, les courbes sont assez bien concordantes, les débits calculés étant plutôt pessimistes (plus faibles que les débits mesurés). Pour les forts débits, les divergences sont plus grandes mais restent acceptables si l'on pense qu'on travaille sur des moyennes, qu'on ne peut pas contrôler. Les maxima mesurés sont généralement supérieurs à ceux calculés, ce qui peut s'expliquer par le fait que la station hydrométrique de QABB ELIAS comporte une part de ruissellement. Il n'y a pas, en tous cas, de divergences fondamentales entre les deux courbes, ce qui implique que la courbe d'évolution de la réserve est acceptable et en particulier dans les bas volumes.

Enfin on a comparé sur le graphique ci-après les besoins mensuels agricoles avec les débits naturels du mois correspondant mesurés de 1962 à 1967.

On constate d'abord que, d'une façon générale, dès le mois de mai les apports naturels deviennent égaux ou inférieurs aux besoins d'irrigation : il est donc nécessaire de pomper.

On constate ensuite que les débits minimaux d'années sèches, même quand plusieurs se suivent, sont quasi identiques, ce qu'avait remarqué une note de l'O.N.L. d'avril 1970 (1).

On constate enfin que l'exploitation agricole modifiera l'évolution naturelle de la réserve, en la perturbant sensiblement.

Tous les ans, même en année normale, il est nécessaire de prélever un volume non négligeable sur les réserves profondes (8 à 10 Mm<sup>3</sup>). En année sèche ce prélèvement n'augmente que légèrement, la compensation se faisant en hiver où les volumes écoulés naturellement diminuent, eux, sensiblement. On notera, sur la planche 1, qu'il faut une année exceptionnellement humide (864 mm à KSARA en 1966-1967) pour que la réserve soit reconstituée à 26 Mm<sup>3</sup>, volume de départ.

---

(1) Note n° 112 -

Incidence de la pluviométrie sur les sources et rivières de la BEKA SUD. La note indique que, la 3<sup>ème</sup> année sèche, le débit diminue sensiblement mais on peut se demander si la valeur de débit utilisée n'est pas faussée par les prélèvements par pompage très importants en 1962.

A titre de comparaison, on a reporté sur la planche 1 la courbe d'évolution de la réserve si les prélèvements d'irrigation étaient augmentés de 50 %.

On voit que, dans notre simulation, les réserves profondes seraient très fortement entamées tous les ans (20 Mm<sup>3</sup> en année normale). Lors des 5 années sèches 1958-1962, elles n'auraient pas même pu être régénérées entièrement par les pluies d'hiver, c'est-à-dire que les sources auraient été tarées pendant 4 ans.

#### 4.3. Aquifère de l'ANTI-LIBAN (ANJAR)

Le problème est un peu différent pour cet aquifère où on se propose de n'utiliser que des débits inférieurs ou au plus égaux aux débits naturels pendant les mois d'été. Les valeurs des débits d'irrigation ont cependant été fixées d'après les années connues de 1962 à 1968 (planche 3) et il est bon de vérifier si elles peuvent être satisfaites les années sèches.

On a donc, là aussi, reconstitué l'évolution de la réserve avec deux coefficients de tarissement :

$$\begin{aligned} \alpha &= 10,5 \cdot 10^{-3} & V > 70 \text{ Mm}^3 \\ \alpha &= 2,73 \cdot 10^{-3} & \text{pour } V < 70 \text{ Mm}^3 \end{aligned}$$

A partir des calculs, on a reporté l'évolution des débits moyens mensuels naturels (planche 4) qu'on a comparé aux débits mesurés pendant les années 1962 à 1968. On a également reporté sur la même planche les débits mensuels pour l'irrigation.

On voit que les faibles débits mesurés et calculés sont assez bien concordants (1). Les débits maximaux sont, eux, un peu différents. Les remarques faites pour l'aquifère d'AMMIK sont encore valables.

Pour les années 1962 à 1966, les débits calculés sont plutôt un peu pessimistes. Si on admet qu'il en est de même pour les années sèches, on voit que les besoins d'irrigation auraient été tout juste satisfaits. Il serait peut-être bon, quand même, d'envisager pour certaines années déficientes, soit de pomper dans les griffons des sources pour augmenter le gradient de l'écoulement, soit d'assurer par une autre réserve la satisfaction des besoins manquants.

---

(1) Sauf 1967, année très pluvieuse.

#### 4.4. Aquifère de TERBOL

Pour l'aquifère de TERBOL, la reconstitution de l'évolution des réserves est malheureusement impossible pour deux raisons :

- La première est que des pompages importants sont effectués dans l'aquifère et que ceux-ci n'ont fait que croître depuis les années sèches 1959-1960-1961. Le rapport MOULARD signale un pompage de 1,8 Mm<sup>3</sup> annuel, mais sans indiquer l'année de référence. Actuellement, le Ministère des Ressources en Eau avance le chiffre de 10 Mm<sup>3</sup> pour les prélèvements. Les mesures de débit des sources sont donc entachées d'une erreur dont on ne peut tenir compte puisque le pompage a évolué au cours des années.
- La seconde est que, même si on connaissait la répartition des pompages, on ne pourrait quand même pas reconstituer l'évolution naturelle des débits puisqu'il arrive que les sources s'assèchent plusieurs mois par an, ce qui implique que les réserves profondes sont utilisées, au moins, pour un transfert de débit, comme on le verra plus loin.

Il est alors impossible de calculer un coefficient de tarissement naturel et nous émettons des doutes sur la valeur du coefficient avancé dans le rapport MOULARD (que nous n'avons pas retrouvé par calcul) donc sur les volumes en réserve, et même sur les apports annuels à l'aquifère qui doivent être sous-estimés (le coefficient d'infiltration proposé n'est d'ailleurs que de 12 % alors qu'il dépasse 35 % dans les autres aquifères).

#### 4.5. Aquifères de la BEKAA SUD (TELL ZNOUB - KAHMED LAUZE)

Ces aquifères n'ont pas d'exutoire apparent et de plus leurs "niveaux de base" sont constitués par la retenue de KARAOUN dont la cote est essentiellement variable. Il est donc impossible de reconstituer l'évolution des réserves.

### V - CONCLUSION DE LA 2ème PARTIE

Les mesures pluviométriques et hydrométriques qu'on possède jusqu'à maintenant sont insuffisantes pour reconstituer avec précision l'évolution des réserves des aquifères.

Cependant, il se dégage de l'analyse réalisée que :

- Pour l'aquifère de BAROUK NIHA (AMMIK) la reconstitution des réserves est assurée même après une série d'années sèches comme celles de 1958-1962.
- Pour l'aquifère de l'ANTI-LIBAN (ANJAR) les réserves ne sont jamais sérieusement touchées.
- Pour l'aquifère de TERBOL, le problème reste entier, les mesures dont on dispose étant douteuses.
- Pour les aquifères de la BEKAA SUD, l'analyse n'est pas applicable.

\*\*  
\*   \*  
\*\*



### 3ème partie - LES RESERVES PROFONDES

La deuxième question que nous posions à la fin de la première partie de cette note concernait l'existence de réserves profondes et la possibilité physique de les exploiter.

En effet, dans un aquifère, il est nécessaire qu'il existe un gradient hydraulique continu du coeur du massif vers l'exutoire pour que l'écoulement puisse se faire. Soutirer plus de débit que le débit naturel à un instant donné implique qu'on augmente ce gradient en abaissant le niveau de l'exutoire, c'est-à-dire en provoquant un rabattement. Il est donc nécessaire d'abord de pomper, ensuite et pour pouvoir le faire, qu'une fissuration suffisante existe en dessous de l'exutoire pour que l'écoulement puisse se réaliser, c'est-à-dire qu'il existe des réserves profondes sous le niveau de l'exutoire. Une partie qui peut être importante de ces réserves sera alors mise à contribution par le pompage pour provoquer un rabattement suffisant et assurer un transfert de débit. Si même le prélèvement envisagé est important, les réserves profondes pourront être utilisées en supplément des réserves normales, pourvu qu'elles puissent être annuellement régénérées, naturellement ou artificiellement, pour que le "capital" ne soit pas progressivement consommé. On a vu que ce serait le cas par exemple pour l'aquifère de BAROUK NIHA (AMMIK).

Ces réserves existent-elles et si oui, comment se présentent-elles ?

#### I - NATURE DES RESERVES PROFONDES

Deux types de réserves peuvent se rencontrer en milieu calcaire :

- les réserves karstiques
- et les réserves d'interstices.

- 1.1. Les calcaires karstiques sont ceux qui présentent une porosité de chenaux, dans les joints et diaclases de la roche. Ces chenaux peuvent aller de quelques centimètres à plusieurs mètres de largeur, et même former des cavernes.

D'une façon générale, on ne connaît pas de chenaux de grande dimension au-delà de 500 m environ à l'intérieur du terrain (mesurés perpendiculairement à la surface du sol). Les chenaux de plus petite dimension doivent, eux, exister partout. Cependant, même s'il existe des volumes de cavernes importants, la porosité totale de la roche karstique n'est généralement pas très élevée (moins de 1 à 2 %).

Les karsts existent au-dessus de la cote des exutoires et ne sont alors généralement pas saturés s'ils sont de grande dimension. Ils peuvent aussi exister au-dessous des exutoires, si ceux-ci se sont trouvés remontés du fait des conditions géologiques (sédimentation ultérieure à leur formation par exemple). Ce serait le cas dans la vallée de la BEKAA où on sait que le remplissage alluvial quaternaire a, par endroits, une épaisseur considérable.

- 1.2. Quand les fissures sont très petites, les calcaires présentent une porosité dite d'interstices, les dimensions de ceux-ci pouvant aller de quelques microns à quelques centimètres. Il est évident que l'on passe progressivement d'une porosité d'interstice à une porosité karstique et que les karsts peuvent être entourés de zones à porosité d'interstices.

Dans ce cas, la porosité totale de la roche peut être beaucoup plus importante (de 1 à 10 %) mais la perméabilité est aussi plus faible (circulation plus difficile de l'eau).

## II - LES RESERVES PROFONDES DANS LA BEKAA

Dans le bassin de la BEKAA, les quelques renseignements que l'on possède sur les rares sondages exécutés sur les aquifères de BAROUK NIHA, de l'ANTI-LIBAN et de TELL ZNOUB indiqueraient plutôt des roches à porosité de chenaux, sinon des karsts vrais. Il semble en effet que les venues d'eau constatées dans ces sondages lors d'essais de pompage aient été très localisées. On sait par ailleurs que les dolomies et les calcaires crétacés du CENOMANIEN TURONIEN sont généralement du type à porosité de chenaux.

La fissuration existerait en profondeur et on sait que des forages privés sont déjà exploités ; leurs débits unitaires et les rabattements qu'il provoquent sont cependant inconnus actuellement. On n'a donc aucune donnée sur l'importance des réserves qu'elle représente.

Sur l'éocène de TERBOL ou de KAHMED LAUZE, on n'a, par contre, pas de données par sondages récents. Il existe pourtant là aussi des forages privés exploités mais dont on ne connaît pas non plus ni le débit unitaire, ni le rabattement. Il semblerait qu'à TERBOL tout au moins on se trouve encore dans un aquifère à porosité de chenaux ceux-ci descendant assez profondément.

En dépit de la précarité des renseignements qu'on possède, il semble toutefois raisonnable d'admettre que, dans tous les aquifères de la BEKAA dont on envisage l'exploitation, il existe des réserves profondes dans des porosités de chenaux de dimensions au moins centimétriques.

Quelle est l'importance de ces réserves ? Il est difficile de le dire exactement mais on peut essayer un calcul simple et prudent en supposant que sur 100 Km<sup>2</sup> d'un aquifère, l'épaisseur du terrain fissuré sous le niveau de l'exutoire est de 100 mètres et que sa porosité est de 0,5 % (elle est probablement supérieure, mais une partie peut être remplie plus ou moins totalement d'argile de décomposition, surtout en profondeur dans des zones où l'eau ne circule pas ou circule peu).

Le volume d'eau en réserve profonde pour ces 100 km<sup>2</sup> est alors de 50 Mm<sup>3</sup>.

On verra dans la 4ème partie comment ces réserves pourraient être mises à contribution. On indiquera seulement ici que l'exploitation posera des problèmes parce que la distribution des chenaux n'est pas homogène et que l'intersection d'un ou plusieurs de ceux-ci par un ouvrage de captage est aléatoire.

L'étude plus fine du projet d'irrigation et en particulier de localisation exacte des forages d'exploitation ainsi que la détermination de leur nombre nécessitera que des sondages de reconnaissance avec pompes d'essai soient exécutés en plusieurs points des différents aquifères. Une note en annexe propose un projet de réalisation de ces sondages.

\*\*  
\*   \*  
\*\*

4ème partie - LES POSSIBILITES D'EXPLOITATION DES  
AQUIFERES DE LA BEKAA

Les diverses considérations développées dans les deux premières parties de cette note permettent de formuler les conclusions ci-après sur les possibilités d'exploitation des divers aquifères de la BEKAA. Ces conclusions ne peuvent être formelles, le manque de renseignements solides et précis sur les caractéristiques hydrodynamiques des formations ne le permettent pas. Elles présentent cependant une crédibilité suffisante pour pouvoir orienter les options qui ont été retenues pour le projet d'irrigation.

I - AQUIFERE DE BAROUK NIHA (AMMIK QABB ELIAS)

- 1.1. La partie de l'aquifère jurassique de BAROUK NIHA qui intéresse le projet est convenablement alimentée chaque année. Même en année très sèche comme 1959-1960, elle a dû recevoir un volume d'apport par infiltration d'environ 25 Mm<sup>3</sup>.

L'aquifère est drainé vers la plaine de la BEKAA par deux grosses sources mais présente surtout l'avantage d'être bordé en limite de celle-ci par la grande faille du LIBAN qui, par l'intermédiaire des terrains plus ou moins broyés qui la constituent, sert à la fois de drain pour le massif et de moyen de transport de l'eau pour les sources.

La fissuration au droit de la faille doit être profonde, puisque le rejet de celle-ci atteint plusieurs centaines de mètres.

Avec les hypothèses formulées au 2ème chapitre on calcule qu'un volume de 35 Mm<sup>3</sup> peut se trouver en réserve sous le niveau des exutoires (pour une superficie d'affleurement de 70 km<sup>2</sup>). C'est certainement un minimum dans le cas de cet aquifère car la porosité de la roche profonde doit dépasser 0,5 %.

Quoi qu'il en soit il semble que, du point de vue volume, il ne se pose pas de problème pour cet aquifère pour un prélèvement de 20 Mm<sup>3</sup>.



1.2. Les prélèvements pourraient se faire tout le long de la faille, c'est-à-dire pratiquement tout le long de la route de AANA à QABB ELIAS. Mais en réalité, on doit avoir intérêt à les grouper à proximité des deux grosses sources, dans des zones où on est certain, a priori, qu'il existe une bonne fissuration (AMMIK comme QABB ELIAS sont capables de débiter jusqu'à 2.000 l/s). Eventuellement, une troisième zone d'exploitation pourrait être envisagée entre les deux premières, à proximité d'une petite source (AIN EL KHANE). Une autre exploitation pourrait également être recherchée vers le village de AAN.

L'exploitation se ferait par forages de 100 à 150 m de profondeur, afin qu'ils recoupent suffisamment de fissures pour s'assurer une bonne alimentation. Dans de bonnes conditions d'implantation, il se peut qu'on arrive à prélever une centaine de litres par forage, peut-être plus, avec un rabattement raisonnable. Il semble raisonnable de tabler sur un débit moyen de 70 l/s (0,18 Mm<sup>3</sup>/mois).

1.3. Quel rabattement obtiendrait-on en fin de pompage ?

C'est évidemment la question la plus difficile à résoudre, étant donné le manque d'informations valables, mais avec quelques hypothèses, on peut essayer de répondre en se plaçant dans des conditions défavorables pour obtenir des résultats plutôt pessimistes. Ces hypothèses sont les suivantes :

- l'aquifère est limité verticalement à l'est par les alluvions imperméables (ou presque) de la BEKAA, la limite étant pratiquement rectiligne.
- la transmissivité de l'aquifère est de  $4 \cdot 10^{-2}$  m/s et la porosité de 1 %.
- le pompage n'a lieu qu'en 2 points (AMMIK et QABB ELIAS) et les forages de pompage sont tous groupés dans un rayon de 100 m autour du point central de la source.
- le débit est réparti par moitié sur chaque emplacement et se répartit comme suit : mai 0,48 m<sup>3</sup>/s - juin 0,82 m<sup>3</sup>/s - juillet 1,16 m<sup>3</sup>/s - août 0,89 m<sup>3</sup>/s - septembre 0,25 m<sup>3</sup>/s, on néglige avril dont le débit doit pouvoir être fourni par l'écoulement naturel des sources.
- l'aquifère est horizontal au niveau de la source, sur toute son étendue au début du pompage. Cette hypothèse est très pessimiste puisqu'elle consiste à négliger les réserves dynamiques situées au-dessus des exutoires. Mais c'est la seule possible pour pouvoir faire un calcul valable du rabattement par une formule d'écoulement non permanent (THEIS) en considérant l'évolution du pompage comme une superposition de plusieurs écoulements (théorie des images et de superposition des écoulements).

On trouve ainsi les rabattements suivants en limite du cercle de 100 m de rayon sur lequel se trouvent les forages hypothétiques, c'est-à-dire pratiquement dans les forages eux-mêmes :

- fin mai	16 m
- fin juin	31 m
- fin juillet	42 m
- fin août	35 m
- fin septembre	14 m

On peut donc tabler, dans l'hypothèse retenue, sur un rabattement maximum d'une quarantaine de mètres lors des années les plus sèches (réserve minimum au-dessus de l'exutoire).

- 1.4. Ceci semble acceptable mais pourrait en tous cas être réduit en prévoyant un ou deux centres de pompage supplémentaires.

De toutes façons, seul des sondages de reconnaissance avec essais de pompage sérieux (gros débit - plusieurs jours de pompage) permettraient de définir plus précisément les hypothèses donc les conclusions.

Rappelons enfin que, si la transmissivité ou la porosité de l'aquifère sont meilleures que celles supposées dans nos calculs, il n'est pas impossible qu'on puisse augmenter les prélèvements de 0 à 50 % ; les apports annuels pourraient le permettre en principe en année moyenne.

En année sèche, il faudrait compenser le surplus de prélèvement par une alimentation artificielle l'hiver suivant, mais le problème serait de trouver une source d'alimentation pas trop éloignée et de débit suffisant.

## II - AQUIFERE DE L'ANTI-LIBAN (ANJAR)

- 2.1. L'aquifère CENOMANIEN TURONIEN de l'ANTI-LIBAN a des réserves et une alimentation annuelle qui font que, quel que soit le régime hydrologique de l'année considérée, les besoins agricoles prévus seraient alimentés sans difficulté.

Le problème pour cet aquifère vient du fait qu'on ne voudrait utiliser que les débits naturels. On l'a vu, les besoins prévus sont en principe satisfaits par les débits des années moyennes ou à peine supérieures à la moyenne (1962 à 1968). Le graphique ci-joint montre que, sauf en 1966 pendant 4 mois, une partie du débit des sources se serait écoulée vers le LITANI.

En année sèche, il est probable qu'on manquerait un peu de débit pendant tout l'été. Un pompage serait alors nécessaire si l'on veut satisfaire les besoins en permanence. Comme il est probable qu'on envisagera de transiter l'eau par canalisation depuis les sources jusqu'aux réservoirs de mise en charge, on peut se demander si, moyennant un aménagement minime des griffons de sortie, l'aspiration des pompes de refoulement ne pourrait pas se trouver dans les exutoires eux-mêmes, ce qui permettrait de gagner, par aspiration 5 à 6 m sur le niveau d'émergence de l'eau et par conséquent d'augmenter le débit des faibles quantités qui risquent de manquer.

- 2.2. La fissuration rencontrée dans quelques forages de reconnaissance et le fait que les prélèvements supplémentaires seraient effectués aux sources elles-mêmes, qui sont capables de très forts débits (5 à 6 m<sup>3</sup>/s à ANJAF) à certaines périodes de l'année, montrent qu'il ne se poserait aucun problème de pompage ou de rabattement.
- 2.3. Si les débits prélevés devaient devenir plus importants que ceux actuellement prévus (et ils pourraient l'être) il serait alors nécessaire de pomper la totalité des débits dont on aurait besoin en dessous du niveau des exutoires. Ceci ne devrait pas poser de gros problèmes car il semble que la transmissivité soit meilleure dans cet aquifère que dans celui de BAPOUK NIHA : les rabattements seraient alors moins importants à débit égal que ceux calculés pour ce dernier aquifère (§ 1.3.).

Quoi qu'il en soit, une campagne de sondages de reconnaissance serait nécessaire (1) avant tout projet d'exploitation par pompage, parce qu'il pourrait peut-être être intéressant "d'établir" la zone de prélèvement le long du contact nord - sud cénoomanien/alluvions de la BEKIA.

---

(1) en cours fin 1970.

### III - AQUIFERE DE TERBOL

3.1. C'est l'aquifère sur lequel les renseignements hydrologiques font le plus défaut. On l'a vu, c'est même le seul aquifère sur lequel on ne soit pas certain du bilan hydrologique. Cependant :

- On y préleverait actuellement 10 Mm<sup>3</sup> pendant l'été.
- Pendant plusieurs mois les sources s'assèchent mais coulent aussi pendant plusieurs mois d'hiver et du printemps.
- Certains forages particuliers, descendus à 100 m, ont trouvé des terrains fissurés à cette profondeur et débiteraient 100 l/s, (probablement pas continu) sans beaucoup de rabattement (?) pendant 5 à 6 mois d'été.

On peut donc penser qu'une partie de la réserve profonde est déjà largement entamée. Quel peut être le volume total de celle-ci ? Avec nos hypothèses du chapitre 2, et compte tenu d'une surface d'affleurement des calcaires éocènes de 20 km<sup>2</sup> : 10 Mm<sup>3</sup>, chiffre probablement sous-estimé car il faudrait tenir compte de la réserve qui doit également exister dans les conglomérats sus-jacents à l'éocène dans le nord du massif.

Toutefois, l'écoulement de ces ressources lointaines vers les zones de prélèvement envisagées (partie sud du massif) ne doit pas être facile. De plus, on ne peut pas exploiter complètement la réserve profonde.

3.2. Il semble donc, qu'en l'absence de renseignements plus précis, il soit imprudent de supputer des prélèvements trop forts. Les 15 à 16 Mm<sup>3</sup> envisagés actuellement nous paraissent un grand maximum dans l'état actuel de nos connaissances. Encore n'est-il pas du tout certain qu'ils soient compensés par la totalité des apports en année moyenne, et, à fortiori, en année sèche.

Il est donc nécessaire d'envisager une recharge artificielle de l'aquifère en hiver, pendant la saison des pluies, l'eau pouvant être fournie par la source d'ANJAR et amenée aux points d'injection (les forages de captage eux-mêmes) par le dispositif d'irrigation qui sera mis en place.

Une partie de l'alimentation artificielle pourrait aussi être fournie par la rivière YAFOULA dont on sait qu'actuellement déjà une partie du débit se perd dans la traversée de l'éocène.



- 3.3. Trois sources drainent le massif éocène dans sa partie sud : RAS EL AIN au droit du village de TERBOL, AIN FAOUR 3 à 4 km plus au sud, AIN EL BEIDA à l'extrémité sud du massif.

Les forages d'exploitation pourraient être alignés le long du contact éocène/alluvions quaternaires, avec concentration plus importante autour des sources (AIN EL BEIDA en particulier). Mais des reconnaissances sérieuses sont nécessaires là plus qu'ailleurs, à la fois pour localiser les points de prélèvements et pour déterminer les équipements de pompage à installer. A priori, on peut envisager 5 à 6 forages à proximité de chacune des 3 sources, les autres étant répartis le long du contact.

Un périmètre pilote d'irrigation doit être réalisé dans un futur proche. Les forages nécessaires à son alimentation permettront déjà de se faire une bonne idée des possibilités de l'aquifère, pourvu qu'on prévoit de les réaliser en sondages de reconnaissance transformables en forage d'exploitation après coup.

Pour les 300 l/s nécessaires au périmètre, il semble que 3 à 4 forages doivent suffire (70 à 100 l/s par forage). Ils devront être descendus à une profondeur de 150 m et il semble prudent de prévoir dès maintenant de placer les pompes vers 50 m de profondeur pour être assuré qu'elles resteront immergées même en années sèches.

- 3.4. L'indication de profondeur ci-dessus est intuitive car, en effet, un calcul de rabattement est pratiquement impossible dans le cas de cet aquifère : il n'a, en effet, qu'une largeur inférieure à 2 km et les rabattements se feront sentir rapidement d'un côté à l'autre du réservoir, impliquant la prise en compte dans les calculs d'images multiples (réflexion sur les parois imperméables). Comme il faudrait considérer en plus une ligne de puits, les calculs deviendraient rapidement inextricables.
- 3.5. Il semble que l'exploitation de TERBOL devrait être intimement liée à celle d'ANJAR. Connaissant par les reconnaissances à venir les possibilités de l'aquifère, et tenant compte du fait que les besoins agricoles se développeront progressivement, on pourrait exploiter d'abord de façon intensive l'aquifère TERBOL en mettant en service de nouveaux forages les uns après les autres. On en déduirait ainsi assez vite (4 à 5 ans) les possibilités totales de l'aquifère et on se rendrait compte s'il est nécessaire de revoir les hypothèses sur l'exploitation de celui d'ANJAR.

IV - AQUIFERES DE LA BEKAA SUD (KAHMED LAUZE - TELL ZNOUD)

- 4.1. On a vu dans la première partie de cette note que les deux formations éocène et crétacée qui composent la BEKAA SUD doivent être reliées entre elles et ne former qu'un aquifère unique d'une superficie d'affleurement de 122 km<sup>2</sup> au total, une partie se trouvant à l'aval du barrage de KARAOUN.

L'alimentation de l'ensemble atteindrait 35 Mm<sup>3</sup> d'après le rapport MOULARD. Les sources anciennes qui drainaient les massifs seraient noyées dans la retenue de KARAOUN, à une profondeur d'une cinquantaine de mètres (cote 800 à 810 par conséquent).

La surface piézométrique de la nappe est assez plate d'après la carte du rapport MOULARD et d'après les quelques relevés de forages témoins qu'on possède. Elle semble très liée au niveau de la retenue (cf. plus loin) mais présente cependant un axe de drainage sensiblement le long du fleuve. On peut noter également que dans la partie amont de la formation, le LITANI coule dans ses alluvions plusieurs mètres au-dessus du niveau piézométrique de l'aquifère.

Comme par ailleurs l'éocène (situé sur la rive gauche) n'est en contact direct avec la retenue que par la "queue" de celle-ci (1) et que, par conséquent, il ne peut en recevoir d'alimentation éventuelle directe que quand elle est pleine (ou presque) il nous semble prudent de séparer les deux formations pour l'étude de leur exploitation par pompage.

- 4.2. L'éocène de la rive gauche a une superficie de 50 km<sup>2</sup> et s'étend de MADJEL ANJAR au nord jusqu'au droit du barrage. Aucune source n'existe le long du contact avec les alluvions de la vallée du LITANI, ce qui implique que le massif est drainé en profondeur vers le sud. Quelques forages témoins y sont relevés et un graphique d'évolution de 1963 à 1969 montre une similitude avec l'évolution de la retenue de KARAOUN mais avec un niveau minimum qui reste nettement supérieur (2). On remarque aussi sur ce graphique qu'à la fin d'une année pluvieuse (1968-1969) certains niveaux piézométriques sont montés pratiquement jusqu'à la surface du sol. Il est impossible de mettre en évidence la baisse de niveau due aux pompages qui existent déjà,

---

(1) Ceci mériterait d'être vérifié sur place par un géologue.

(2) Graphique accompagnant une note (MM. CHAMWIS et KANSOU) en réponse à une demande de la direction de l'O.N.L. en date du 2.12.1969.

parce que pratiquement la retenue commence à baisser en même temps que les pompages démarrent (avril-mai) (1). La baisse saisonnière annuelle atteint une dizaine de mètres sur l'ensemble des points pour lesquels on possède des mesures, mais les niveaux ne semblent pas descendre au-dessous de 840 (cote maximum de la retenue 858). Est-ce la cote des exutoires dans la retenue ? Nous n'avons pas de renseignements à ce sujet.

En plus de la couche de terrain fissurée qui contenait autrefois les réserves profondes de l'éocène, on dispose donc maintenant de réserves nouvelles qui peuvent être relativement importantes parce que la fissuration doit être plus ouverte (karst au-dessus de l'ancien niveau de base).

Avec nos hypothèses de la 2ème partie de ce rapport, on peut penser qu'aux réserves initiales de base de 25 Mm<sup>3</sup>, sont venus s'ajouter peut-être 20 Mm<sup>3</sup>, peut-être plus encore.

- 4.3. On sait que 20 Mm<sup>3</sup> seraient déjà prélevés dans l'ensemble de la BEKAA SUD, mais on ne sait pas exactement quelle est la part prélevée dans l'éocène. Cependant une note MOULARD du 7 octobre 1967 indique qu'il existerait à cette date 83 forages d'exploitation, dont 66 dans l'éocène soit les 3/4. On peut donc admettre qu'ils prélèvent également les 3/4 du débit soit 15 Mm<sup>3</sup>. Ceci semble corroboré par un document O.N.L. récent (carte au 1/50.000) indiquant les "zones d'irrigation et les origines des eaux".

Comme on se propose de prélever, en phase exhaustive 10 Mm<sup>3</sup> seulement dans cet aquifère de KAHMED LAUZE, on se trouverait donc en deçà des conditions d'exploitation actuelles.

Les prélèvements ne se feraient pas aux mêmes emplacements (zones de pompage futures proches du canal issu de KARAOUN). Ceci ne devrait pas poser de problème mais nécessitera cependant de réaliser quelques sondages de reconnaissance avant tous travaux d'envergure, pour s'assurer de la fissuration et des possibilités hydrodynamiques.

A priori, on peut penser que les zones proches du contact éocène/alluvions sont plus favorables que les zones situées au coeur du massif (GHASSE ou SOULTANE YAAQOUB par exemple plutôt que KAHMED LAUZE proprement dit). La zone de contact direct avec le crétacé (si elle existe ?) doit aussi être favorable (JOUBB JANINE).

---

(1) Il semble cependant d'après les graphiques que le début de la baisse des niveaux piézométriques précède de quelques semaines celui de la baisse du niveau de la retenue.

- 4.4. Le calcul des rabattements est, comme pour TERBOL, assez hasardeux. Les services de l'Office du LITANI ont essayé de supputer ceux-ci dans le cas de plusieurs années sèches consécutives. Compte tenu des renseignements qu'on possède, les hypothèses avancées sont très valables, bien que nous semblant à la fois optimistes parce qu'elles raisonnent sur l'ensemble des 2 aquifères éocène et crétacé et pessimistes parce qu'elles supposent qu'il n'y a pas de liaison dans le sens retenue-aquifère et qu'elles utilisent un coefficient d'emmagasinement (porosité) assez faible. Seule une connaissance plus fine des prélèvements actuels pourrait permettre de les confirmer ou non à posteriori.

Il semble en tous cas que les 10 Mm<sup>3</sup> prévus doivent pouvoir être tirés sans difficulté, et qu'ils pourraient même être augmentés.

- 4.5. Le crétacé de la rive droite pose un peu plus de problèmes du fait qu'on envisage d'en extraire 30 Mm<sup>3</sup>. Sa superficie utile, c'est-à-dire jusqu'au droit du barrage, ne représente qu'une trentaine de km<sup>2</sup>, mais pour l'essentiel il s'étend sur les deux rives de la retenue de KARAOUN, ce qui le place dans une situation privilégiée.

L'extrémité nord des affleurements se trouve pratiquement au droit du village de TELL ZNOUB ; l'écoulement de la nappe se fait de cette zone vers le sud-est, c'est-à-dire qu'elle se trouve en tête de l'écoulement donc dans des conditions plutôt défavorables d'alimentation. La profondeur naturelle du niveau pézométrique sous le sol semble y être relativement importante (20 m environ dans un forage témoin à TELL ZNOUB). La variation saisonnière atteint une dizaine de mètres et, comme dans l'éocène, l'aquifère semble avoir été complètement saturé à la fin de l'année pluvieuse 1968-1969.

- 4.6. Les niveaux minimums ne descendent pas en dessous de 340 (pour les années où on possède des mesures) comme dans l'éocène. Mais il reste certainement une réserve importante en dessous de cette cote : on se souviendra en effet que, lors de la construction du barrage de KARAOUN, le voile au large a dû être injecté jusqu'à 250 m de profondeur dans le crétacé.

Les prélèvements actuels doivent être faibles d'après la note citée plus haut (4-3) et ne pas dépasser 5 Mm<sup>3</sup>. Une partie de ceux-ci semble d'ailleurs, d'après le document O.N.L. déjà cité, être prélevée au nord de TELL ZNOUB, dans une zone où le crétacé s'ennoie sous les alluvions récentes du LITANI.



Peut-être est-ce à cause de la mauvaise alimentation de la zone déjà évoquée plus haut ? Peut-être plus simplement est-ce parce que les terrains crétacés s'élèvent assez rapidement et sont assez dénudés, rendant le pompage plus onéreux (plus grande profondeur de forage et plus grande hauteur de refoulement) et les cultures plus difficiles ?

Quoi qu'il en soit, il semble qu'on pourrait augmenter sensiblement les volumes prélevés, pourvu qu'on implante judicieusement les captages. Le passage de 5 à 30 Mm<sup>3</sup> risque néanmoins d'être difficile.

- 4.7. Les prélèvements doivent être utilisés en complément de ceux pratiqués sur l'aquifère de BAROUK NIHA (MAIK). On a donc intérêt à ce qu'ils se placent le plus au nord possible, en direction de TELL ENOUB. Il semble difficile cependant de se cantonner dans cette zone et au contraire il serait de beaucoup préférable de se rapprocher de la retenue, pour profiter au maximum de la recharge induite qu'un rabattement important provoquera à partir de celle-ci, pendant le pompage mais aussi et surtout pendant la période pluvieuse.

Quelques forages pourront être implantés à proximité de la route de TELL ZNOUB à AANA, certains même à proximité de la route de MANZOURA à AANA. D'autres devront être descendus plus au sud, le long du contact crétacé/alluvions récentes ou même dans les alluvions récentes en bordure du LITANI pourvu qu'on soit certain que le crétacé est à une profondeur raisonnable (route JOUBB JANINE - KEFRAYA). Là, plus qu'ailleurs encore, sondages et essais préalables seront nécessaires.

Afin d'exploiter cet aquifère au maximum mais dans des conditions raisonnables, il serait intéressant, puisque les besoins ne croîtront que lentement, d'exploiter d'abord à fond celui de BAROUK NIHA, puis de mettre en place et d'exploiter les forages en s'éloignant progressivement de la zone d'utilisation. On n'arrivera certainement pas, malgré tout, à prélever les 30 Mm<sup>3</sup> nécessaires à la satisfaction des besoins. Il faudra alors envisager des captages en rive gauche du LITANI, soit toujours dans le crétacé, soit plutôt dans l'éocène qui se trouve plus proche des zones d'irrigation, puisqu'on a vu plus haut que l'exploitation de cet aquifère, telle qu'elle est prévue, doit rester inférieure à ses possibilités.

- 4.8. La détermination des rabattements, comme d'ailleurs la répartition des débits à pomper de part et d'autre du LITANI, est impossible en l'absence de tout renseignement hydrodynamique valable sur les aquifères, en particulier sur la façon dont se ferait une recharge induite à partir de la retenue. Une trentaine de mètres en dessous du niveau minimum connu actuellement (soit la cote 810) semble en tous cas un maximum raisonnable à ne pas dépasser.
- 4.9. En résumé, les 40 Mm3 de prélèvements envisagés sur les aquifères éocène et crétacé de la BEKAA SUD doivent pouvoir être obtenus, pourvu que les points de prélèvements soient judicieusement répartis. A priori, on peut penser que sur la rive gauche, les besoins seront satisfaits sans difficulté à proximité des lieux d'utilisation. Il n'en sera pas de même en rive droite où on aura intérêt à se rapprocher au maximum de la retenue. Il sera même très certainement nécessaire d'envisager de prélever une partie des besoins de cette rive sur la rive opposée, dans l'éocène probablement.

\*\*  
\*   \*  
\*\*

## 5ème partie - CONCLUSION GENERALE

Suivant les aquifères considérés, les prélèvements envisagés seront plus ou moins faciles. On peut dire, en résumé:

### a) Volumes prélevés

- BAROUK NIHA (AMMIK) prélèvement de 20 Mm<sup>3</sup> - mise en oeuvre des réserves profondes - forages groupés autour des sources existantes - profondeur des forages atteignant certainement 150 m.
- ANTI-LIBAN (ANJAR) prélèvement de 30 Mm<sup>3</sup> sans problème - prélèvement "au fil de l'eau" aux sources existantes mais avec peut-être nécessité d'un faible pompage certaines années.
- TERBOL prélèvement de 15 Mm<sup>3</sup> probablement possible, prélèvement supérieur aléatoire - mise en oeuvre des réserves profondes avec certainement obligation de recharge artificielle en hiver - forages en principe groupés autour des 3 sources existantes - profondeur des forages atteignant 150 m.
- BEKAA SUD prélèvement de 40 Mm<sup>3</sup> certainement possible, mais répartition des forages liée aux caractéristiques donc aux possibilités des deux aquifères crétacé et éocène, et pas liée aux besoins sur une rive ou sur l'autre - mise en oeuvre des réserves profondes, mais influence probable de la retenue pour une recharge induite des nappes - profondeur des forages pouvant atteindre 150 m dans l'éocène, peut-être plus dans le crétacé.

### b) Rabattements et débits

Un calcul a pu être fait pour BAROUK NIHA à partir d'hypothèses raisonnables. Le rabattement dans les forages devrait être inférieur à 40 m (sous le niveau des exutoires) pendant la période la plus défavorable (débit maximum, année sèche). Le débit "prudent" serait de 70 l/s mais il pourra peut-être être dépassé.

Pour les autres aquifères (TERBOL - BEKAA SUD) aucun calcul n'est possible faute de données valables. Il est prudent de tabler sur des valeurs semblables pour BEKAA SUD, mais il faudra peut-être envisager un rabattement supérieur à TERBOL.

c) - Travaux préliminaires

Dans tous les aquifères il est nécessaire de commencer par réaliser quelques sondages de reconnaissance sérieux, dans lesquels des pompages d'essai seraient réalisés. Ces sondages pourront d'ailleurs être ensuite transformés en forages d'exploitation. Une note en annexe donne des précisions sur l'implantation de ces sondages et la façon de les réaliser.

\* \*  
\* \*  
\* \*

6ème partie - INFLUENCE DES NAPPES SUR LA ZONE  
MARECAGEUSE DE LA PLAINE DU LITANI  
A L'EST DE LA SOURCE D'AMMIK

La plaine du LITANI présente un profil en travers relativement plat. Le fleuve et ses affluents s'y écoulent plus ou moins facilement, surtout qu'ils sont souvent encombrés de végétation ou qu'ils ne sont pas ou qu'ils sont mal entretenus. Il en est de même des fossés ou rigoles destinés à assainir les terrains.

Les crues du LITANI s'étalent donc, chaque année, sur une superficie importante évaluée à 5.000 hectares environ, où le ressuyage se fait mal pendant de longues semaines du fait de la concentration des pluies pendant celles-ci.

Un aménagement hydraulique de surface est donc nécessaire pour améliorer la situation dans ces zones, et, indépendamment même des problèmes agronomiques posés par la submersion prolongée, son étude relève d'abord de l'hydrologie.

Indépendamment de ces inondations, une partie assez importante de la plaine reste marécageuse pratiquement en toutes saisons ; elle se situe à l'est de la source d'AMMIK et couvre environ un millier d'hectares. Les cotes du terrain y sont relativement basses par rapport aux cotes voisines et la nappe phréatique y est donc très proche du sol sinon affleurante ou déversante. L'assainissement de cette zone ne relève donc pas uniquement de l'hydraulique de surface mais aussi de l'hydraulique souterraine.

I - ORIGINE DE LA NAPPE PHREATIQUE

Le problème est en effet l'origine de cette nappe phréatique.

Elle peut être alimentée par les infiltrations sur place ou par les infiltrations dans les zones voisines avec écoulement vers les points bas de la plaine qui forment drain.

Les études antérieures ont montré que les alluvions de la plaine du LITANI sont généralement peu perméables, et particulièrement dans cette zone. L'infiltration in situ doit être faible mais le ressuyage également (limons argileux).



La nappe peut aussi être alimentée "per ascensum", à partir du substratum des alluvions. En effet ceux-ci reposent, dans la zone considérée, sur des calcaires probablement cénomaniens fissurés relativement peu profonds par rapport au reste de la plaine alluviale. Des études géophysiques avaient indiqué (rapport MOULARD) une profondeur d'une cinquantaine de mètres (contre 250 et plus ailleurs). Nous avons eu connaissance d'un forage particulier, un peu au sud de la zone, où le substratum cénomancien avait été trouvé à 35 mètres environ.

Or ce substratum cénomancien est cassé à l'ouest par la grande faille du LIBAN, d'où jaillissent de nombreuses sources et où s'alimentent de nombreux forages. La source d'AMMIK, par exemple, en sort à une cote supérieure à celle de bien des points de la zone intéressée.

Il n'est donc pas exclu qu'une nappe profonde se trouve "en charge" sous les alluvions et les tienne saturées en permanence.

Si le niveau piézométrique dans cette nappe profonde est en effet le même que celui du sol, le gradient de charge de l'écoulement qu'elle peut provoquer à travers les alluvions est en effet de 1.

Même avec une perméabilité de  $10^{-6}$  m/s, ceci représente un débit de  $10^{-6} \times 1 \times 10^{-4} = 10^{-2}$  m<sup>3</sup>/s/ha = 10 l/s à l'hectare, ou encore en une journée, une "sortie" de  $10^{-6} \times 1 \times 10^{-5} = 10^{-1}$  m ou 100 mm/jour ce qui est loin d'être négligeable, même en période de forte évapotranspiration !.

Avec une perméabilité de  $10^{-7}$  m/s cette "sortie" serait encore de 10 mm/jour.

## II - ETUDES A REALISER POUR UN AVANT-PROJET D'ASSAINISSEMENT DE LA ZONE

En supposant même que les émissaires principaux vers le LITANI soient suffisants pour évacuer les débits d'apport, l'assainissement superficiel nécessite, on l'a dit plus haut, des études hydrologiques:

- Connaissance détaillée de la pluviométrie in situ (hauteurs journalières mais aussi intensités).
- Bonne connaissance de la topographie de la zone.
- Perméabilité des terrains superficiels (au cas où la nappe ne serait alimentée que par la surface).

- Connaissance d'un hydrogramme de crue de l'émissaire principal et du hétérogramme qui lui a donné naissance.

Lors de notre étude de 1970, nous avons noté que la station pluviométrique d'AMMIK était récente (1964) et que la corrélation des mesures qui y sont faites avec celles faites à KSARA (qui existe depuis une cinquantaine d'années) n'était pas très bonne (coefficient 0,72). On pourrait tout de même utiliser KSARA en première approximation mais il faudrait y disposer des mesures journalières. Par ailleurs, il faudrait installer un pluviographe à AMMIK, pour y connaître les intensités instantanées.

La connaissance d'un hydrogramme de crue est plus délicate, surtout que les émissaires ne sont pas en bon état d'entretien. La mise en place d'un limnigraphe dans une zone sujette aux inondations, donc inaccessible par moments, est aléatoire.

Quant à la perméabilité des sols de surface, on pourrait l'obtenir par les méthodes pédologiques classiques.

Le drainage en profondeur, lui, nécessite la connaissance de la perméabilité des alluvions sur toute leur hauteur, perméabilité qui peut être obtenue par des essais type MANDEL LEFRANC exécutés par une entreprise compétente dans quelques sondages de reconnaissance en petit diamètre (8 pouces maximum au départ) ou par des pompages d'essai réalisés dans 2 ou 3 forages en gros diamètre n'ayant pas atteint le substratum ou en étant correctement isolés.

Il nécessite aussi la reconnaissance de ce substratum : profondeur, fissuration, niveau piézométrique de la nappe qu'il contient, pompage d'essai pour en déterminer les caractéristiques hydrodynamiques.

Etant donné l'importance de la surface concernée, 3 à 4 sondages seraient nécessaires, il serait bon toutefois pour les implanter correctement de prévoir une campagne géophysique préalable (résistive) avec étalonnage par un sondage mécanique.

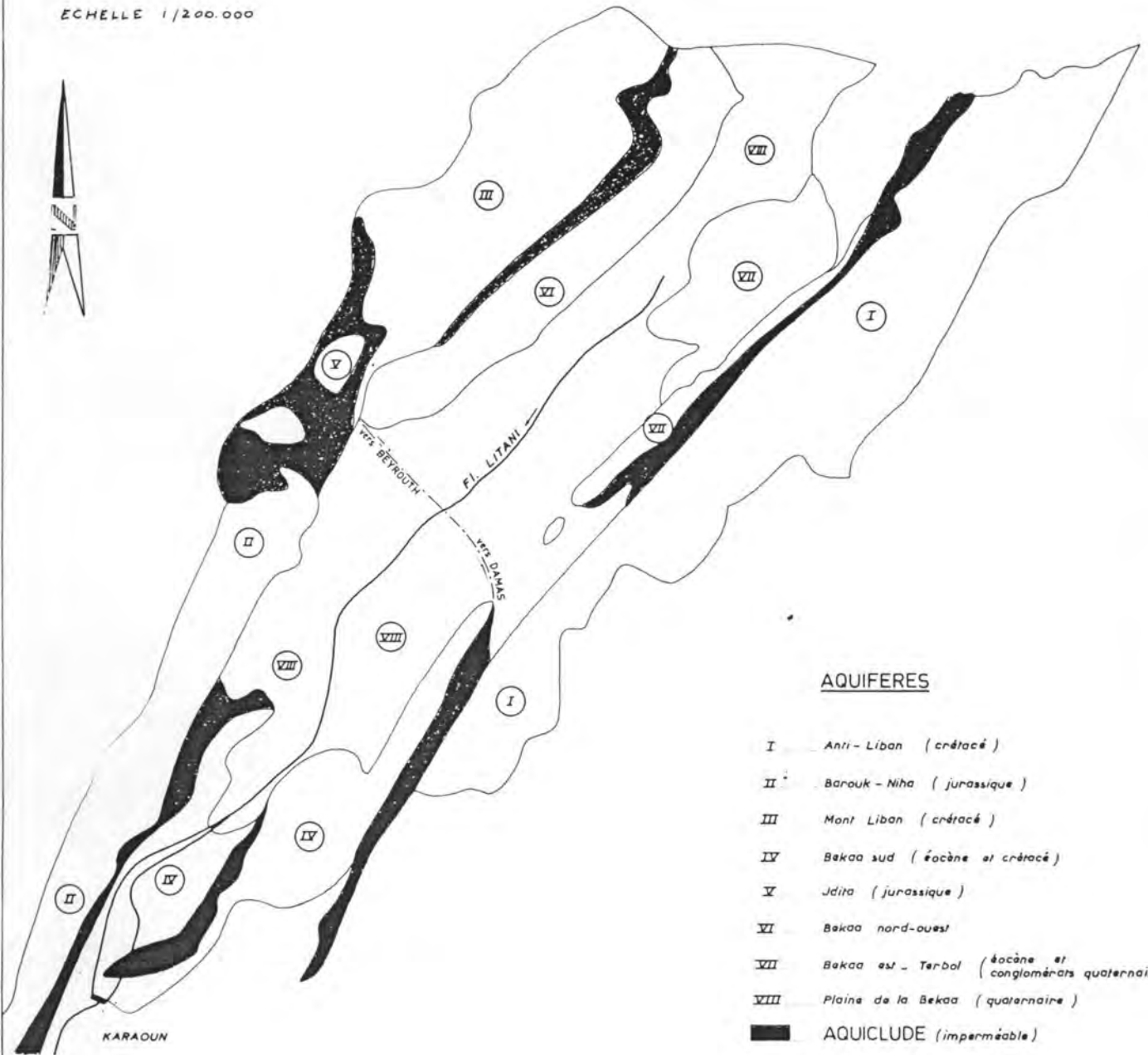
Enfin, pour les deux types d'étude (hydrologique et hydrogéologique) une bonne connaissance de la piézométrie et de son évolution dans le temps, ainsi que de l'évolution des niveaux dans les émissaires, serait nécessaire (en cotes absolues). Quelques piézomètres et échelles limnimétriques judicieusement implantés (accessibilité) devraient permettre de les obtenir.

o o  
o

Nous rappellerons en terminant que, dès notre note de novembre 1970, nous avons préconisé l'exécution d'un sondage de reconnaissance du substratum dans la zone intéressée (F. 54 de notre proposition). Son but, en même temps que celui indiqué ci-dessus, était de voir si un débit d'irrigation intéressant pouvait être trouvé directement dans le cénomaniens en dehors de la grande faille du LIBAN. Il n'a malheureusement pas été réalisé à ce jour à notre connaissance. Nous avons aussi préconisé un essai de pompage dans le forage privé, qui a rencontré le cénomaniens à 35 m de profondeur comme nous l'avons signalé plus haut (ferme de HAMBAT EL BIR). Nous ignorons si une suite a été donnée à cette proposition.

\*\*  
\* \*  
\*\*

ECHELLE 1/200.000

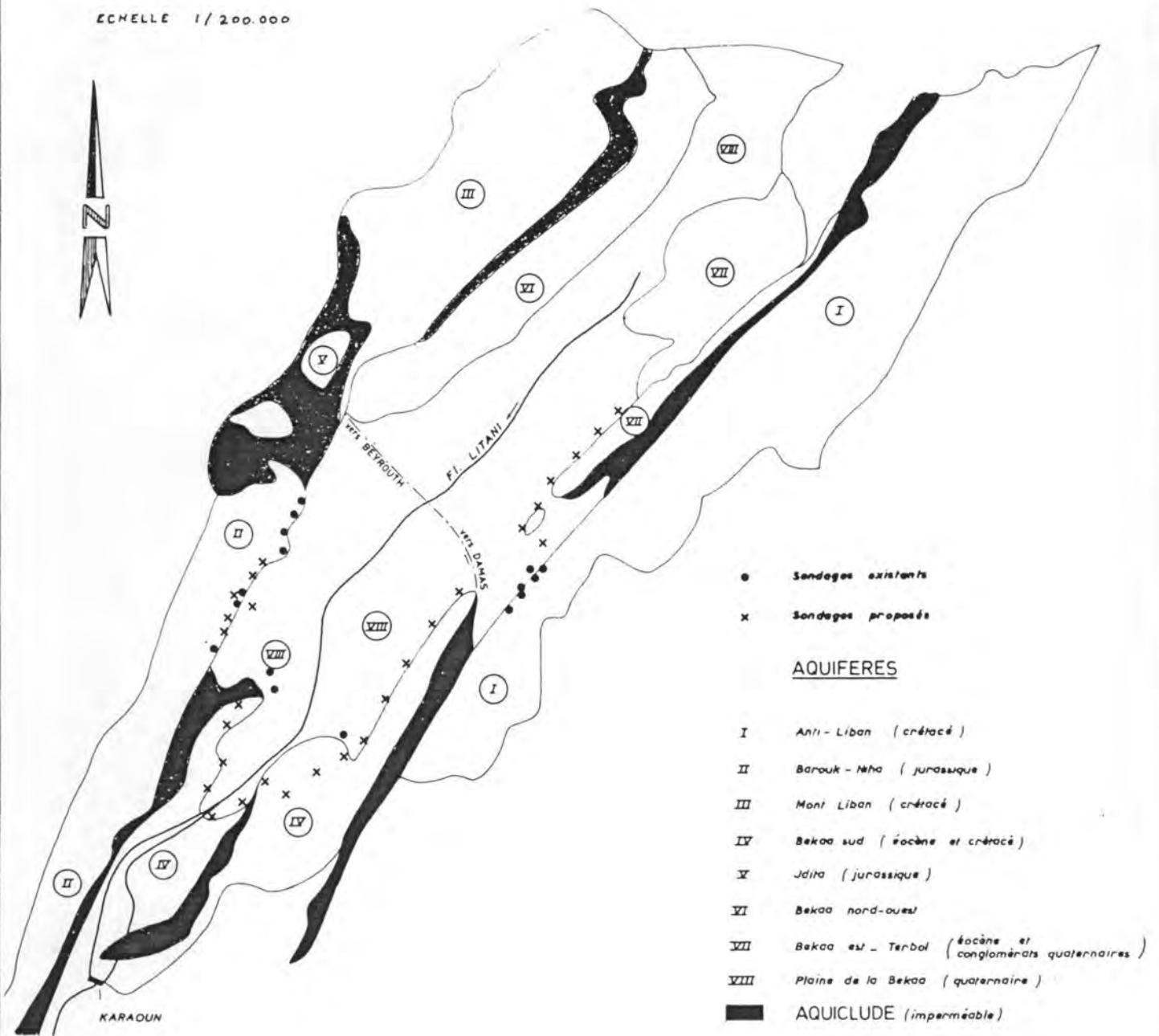


**AQUIFERES**

- I Anti-Liban (crétacé)
  - II Barouk-Niha (jurassique)
  - III Mont Liban (crétacé)
  - IV Bekaa sud (éocène et crétacé)
  - V Jdita (jurassique)
  - VI Bekaa nord-ouest
  - VII Bekaa est - Terbol (éocène et conglomérats quaternaires)
  - VIII Plaine de la Bekaa (quaternaire)
- AQUICLUDE (impermeable)

ECHELLE 0 2 4 6 8 10 km

ECHELLE 1/200.000



● Sondages existants

x Sondages proposés

### AQUIFERES

I Anti-Liban (crétacé)

II Barouk-Nha (jurassique)

III Mont Liban (crétacé)

IV Bekaa sud (éocène et crétacé)

V Jdida (jurassique)

VI Bekaa nord-ouest

VII Bekaa est - Terbol (éocène et conglomérats quaternaires)

VIII Plaine de la Bekaa (quaternaire)

■ AQUICLUDE (impermeable)

ECHELLE

