

# Aménagement du Bas-Rhône: contribution à l'étude de la nappe phréatique de la plaine du Rhône

Autor(en): **Rescher, O.J. / Urech, M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **96 (1970)**

Heft 17

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-70867>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Aménagement du Bas-Rhône

## Contribution à l'étude de la nappe phréatique de la plaine du Rhône<sup>1</sup>

par O. J. RESCHER et M. URECH

### 1. Introduction

Dans le cadre de l'élaboration du projet de l'aménagement hydro-électrique du Bas-Rhône, les questions relatives à la protection de la nappe phréatique de la plaine du Rhône ont joué un rôle important (fig. 1).

Cet aménagement a fait l'objet depuis longtemps de nombreuses études, tant du côté vaudois que valaisan, mais ce n'est qu'en 1962, à une époque où les besoins croissants en énergie du pays exigèrent l'étude de la mise en valeur des dernières ressources hydro-électriques disponibles, que la Compagnie Vaudoise d'Electricité et les Forces Motrices Valaisannes décidèrent d'étudier en commun l'aménagement du Bas-Rhône. Cette étude fut confiée au Bureau du Rhône, communauté de bureaux d'ingénieurs-conseils composés de la Compagnie d'Etudes de Travaux Publics S.A., Lausanne, d'une part, et d'Electro-Watt Ingénieurs-Conseils S.A., Zurich, d'autre part.

En raison de l'importance du développement tant agricole qu'industriel de la plaine du Rhône entre Saint-Maurice et le Léman, il était nécessaire de prévoir toutes les mesures de protection de la nappe aquifère, afin d'éviter toutes perturbations importantes de son régime. Si, toutefois, des modifications devaient intervenir, il fallait que cela soit dans un sens favorable aux exploitations agricoles. Le projet définitif, qui a permis de satisfaire aux diverses conditions imposées, comporte quatre paliers dans le lit même du fleuve (fig. 2), sur une longueur de 27 km environ ; chaque palier est créé par une usine-barrage dont les deux groupes sont installés dans les deux piles de l'ouvrage de retenue. Cette solution, qui permet de réaliser des paliers de chute égale, nécessite la surélévation des digues du Rhône et, par endroit, un dragage du lit.

La plaine du Rhône est composée de matériaux meubles d'origine détritique. Les formations alluvionnaires amenées par le fleuve, dont le cours a vagabondé entre les deux flancs de la vallée, peuvent atteindre 15 à 50 m d'épaisseur, caractérisées souvent par des zones bien distinctes. En surface de 1 à 5 m, on trouve des limons d'épandage récents (lit majeur) recouvrant des graviers souvent grossiers. Plus en profondeur, on rencontre des graviers à intercalations de sables (lits rhodaniens très anciens, éventuellement deltas). Entre ces deux formations graveleuses apparaissent, par places (Chessel, Yverne, etc.), des dépôts marécageux lentiformes (tourbe, parfois associés à des limons argileux) pouvant atteindre 5 m d'épaisseur. Au-dessous de 15 à 50 m, on trouve des dépôts lacustres (limons sablonneux ou légèrement argileux) de l'ancien Léman qui s'étendait jusqu'à Saint-Maurice.

Un vaste programme d'endiguement du Rhône et d'assainissement de la plaine a été réalisé au cours des années 30 et a donné à la plaine du Rhône sa physionomie

actuelle. Sur le tronçon considéré, le Rhône est endigué sur toute sa longueur et les plans d'eau au cours de l'année sont souvent supérieurs au niveau de la plaine. Le réseau de drainage est caractérisé par deux canaux artificiels importants, le Grand-Canal, sur la rive vaudoise, et le canal Stockalper, sur la rive valaisanne. C'est grâce à l'existence de ces deux canaux que la mise en valeur agricole de la plaine du Rhône a pu être réalisée.

Au début de l'étude de l'aménagement envisagé, le comportement de la nappe phréatique était assez mal connu ; on savait qu'à certaines périodes pluvieuses, le niveau de la nappe était par endroit très proche de la surface du terrain et que des variations importantes de ce niveau étaient observées au cours de l'année. Afin de recueillir le plus grand nombre possible de renseignements sur le comportement de la nappe phréatique de la plaine du Rhône, diverses prospections et études furent entreprises.

### 2. But des prospections et études effectuées

Les campagnes de prospection géologique et géotechnique ainsi que l'étude de la nappe aquifère effectuée devaient permettre de définir d'une part les caractéristiques des sols dans les zones d'influence des ouvrages envisagés et, d'autre part, de définir les mesures de protection de la nappe phréatique.

L'interdépendance du cours d'eau et de la nappe influence dans une large mesure la fondation des ouvrages situés dans le lit du fleuve, les méthodes de construction ainsi que le mode de surélévation des digues (fig. 3). En outre, il était également nécessaire d'étudier l'effet du pavage et du colmatage du lit du Rhône, de même que les conséquences des dragages actuels et envisagés.

Dans le cadre de cet article, seuls les problèmes relatifs à la nappe phréatique seront abordés ; les études géotechniques elles-mêmes ne seront pas traitées. Les prospections effectuées par le Bureau du Rhône, dans le but de permettre une étude plus approfondie de la nappe phréatique, ont été les suivantes :

- Observation à partir de 1963 des mouvements de la nappe à l'aide d'un réseau piézométrique.
- Essais de perméabilité dans les forages de reconnaissances exécutés en 1964 aux emplacements des futures usines.
- Essais de corrélation des niveaux du Rhône et de la nappe à l'emplacement de l'usine de Massongex.
- Essais de pompage à grande échelle à proximité des emplacements des usines d'Yverne et de Port-Valais.

En outre, le Bureau du Rhône disposait des résultats de l'étude du chimisme de la nappe, effectuée sur territoire vaudois par L. Mornod, géologue à Bulle, dans le cadre des études de l'autoroute, ainsi que des résultats de la campagne de mesure de perméabilité des sols réalisée par le Service des améliorations foncières du canton de Vaud.

<sup>1</sup> Exposé donné dans le cadre des Journées de printemps à Neuchâtel, les 2 et 3 mai 1969, organisées par la Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation.

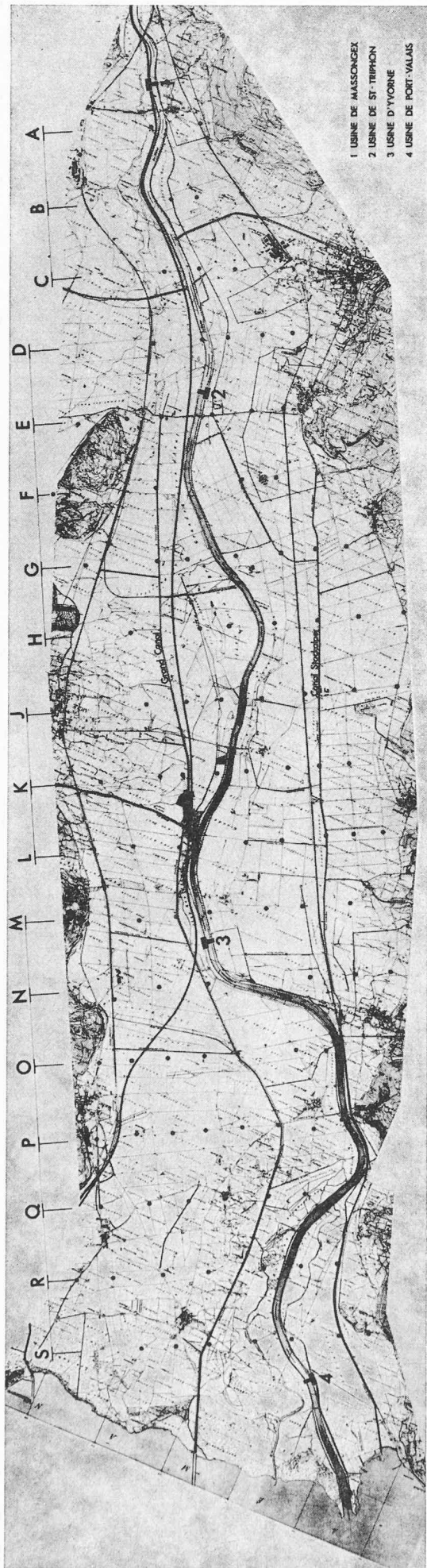


Fig. 1. — Situation de la plaine du Rhône avec indication des usines prévues et du réseau piézométrique.

### 3. Résultats des études effectuées

#### 3.1 Observation des mouvements de la nappe phréatique à l'aide d'un réseau piézométrique (1963-1967)

En 1963, un réseau de points d'observation de la nappe phréatique relativement dense fut réalisé par la mise en place de 115 piézomètres disposés en quinconce, suivant dix-huit profils en travers, distants les uns des autres de 1000 m environ (voir fig. 1). Le réseau d'observation comportait, en plus, des piézomètres battus dans le sol, des limnimètres installés partout où la nappe phréatique affleurerait dans la plaine, ainsi qu'en différents points le long des canaux de drainage et dans le cours d'eau. Les piézomètres, composés d'un tube crépiné de 3 pouces de diamètre, ont été battus dans le sol jusqu'à une profondeur de 3 à 4 m au-dessous du niveau de la nappe phréatique.

Les relevés de niveaux, exécutés à partir de juin 1963 tous les quinze jours, ont été espacés par la suite, et n'ont été effectués qu'une fois par mois lorsqu'on a pu constater que les variations de niveau étaient relativement faibles au cours d'un mois.

Après la première année de mesures, il était déjà possible de faire quelques constatations, dont certaines se sont confirmées par la suite.

Les cinq années d'observation ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- La plaine du Rhône peut être divisée en trois zones bien distinctes : la première, comprenant le fleuve, est située au milieu de la plaine entre le canal Stockalper et le Grand-Canal. Les deux autres zones sont situées entre les canaux et les versants de la vallée du Rhône.
- Dans la première, la nappe phréatique est en général directement influencée et alimentée par le Rhône. Son niveau se trouve constamment au-dessous de celui du fleuve, sur toute la longueur du parcours considéré.
- Un court tronçon, situé à la Porte-du-Scex, fait exception à cette constatation. En effet, le rapprochement des flancs de la vallée et l'étranglement du lit alluvionnaire provoquent une surélévation du plan d'eau de la nappe aquifère ; il se peut qu'en période de basses eaux son niveau soit légèrement au-dessus de celui du fleuve.
- Pour les deux autres zones, la nappe est indépendante du Rhône, son alimentation est assurée par les apports provenant des versants.
- L'effet du rabattement de la nappe par les canaux de drainage a été constaté dans tous les profils d'observation comme le montrent par exemple les profils des figures 4 et 5. Les mouvements du plan d'eau dans les canaux sont nettement amortis par rapport à ceux du Rhône et il existe un léger déphasage dans le temps entre ces deux mouvements.
- L'interdépendance entre les niveaux du Rhône et de la nappe est bien marquée dans deux régions : l'une située en amont de l'emplacement projeté pour l'usine de Saint-Triphon, l'autre en aval de celui de l'usine d'Yvorne (fig. 6) ; dans ces deux régions, la nappe phréatique suit de près les variations du Rhône, alors que dans la partie centrale du parcours (fig. 7), la nappe varie peu et l'influence du fleuve est beaucoup plus faible.
- La densité du réseau piézométrique a permis d'établir des cartes des courbes de niveaux de la nappe pour deux périodes distinctes pendant lesquelles le plan d'eau du Rhône a peu varié ; l'une de basses eaux, février 1964 (fig. 8), et l'autre de hautes eaux, juillet-

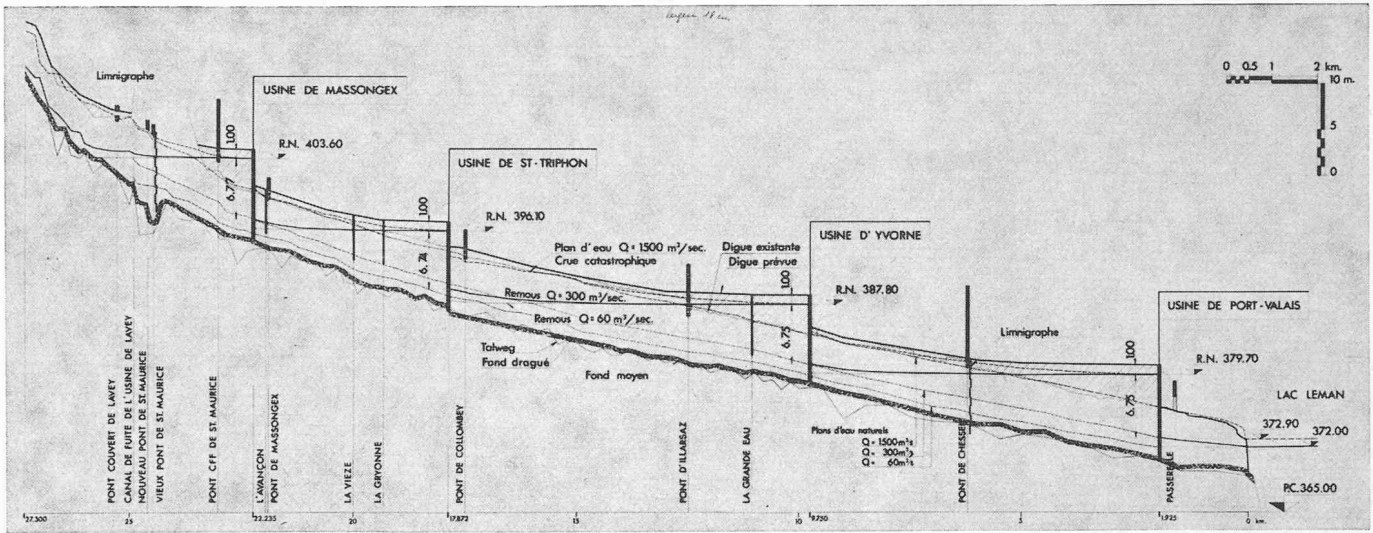


Fig. 2. — Profil en long du Rhône avec indication des usines prévues.

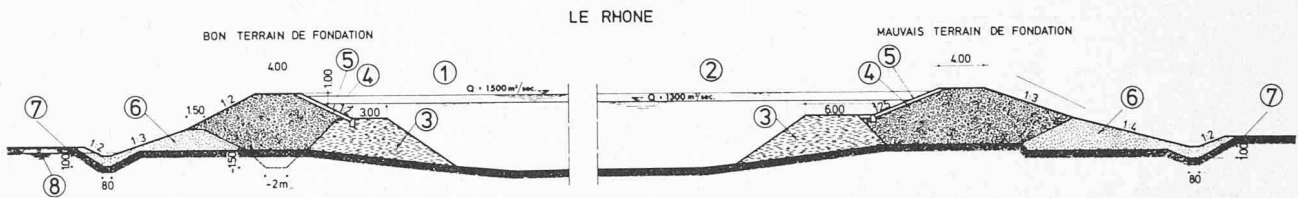


Fig. 3. — Profils types prévus pour les nouvelles digues du Rhône.

1. Crue millénaire catastrophique  $Q = 1500 \text{ m}^3/\text{s}$  à la Porte-du-Scex.
2. Crue exceptionnelle  $Q = 1300 \text{ m}^3/\text{s}$  à la Porte-du-Scex.
3. Digue existante.
4. Couche filtrante.
5. Revêtement de battillage.
6. Alluvions.
7. Terrain naturel.
8. Nappe phréatique.

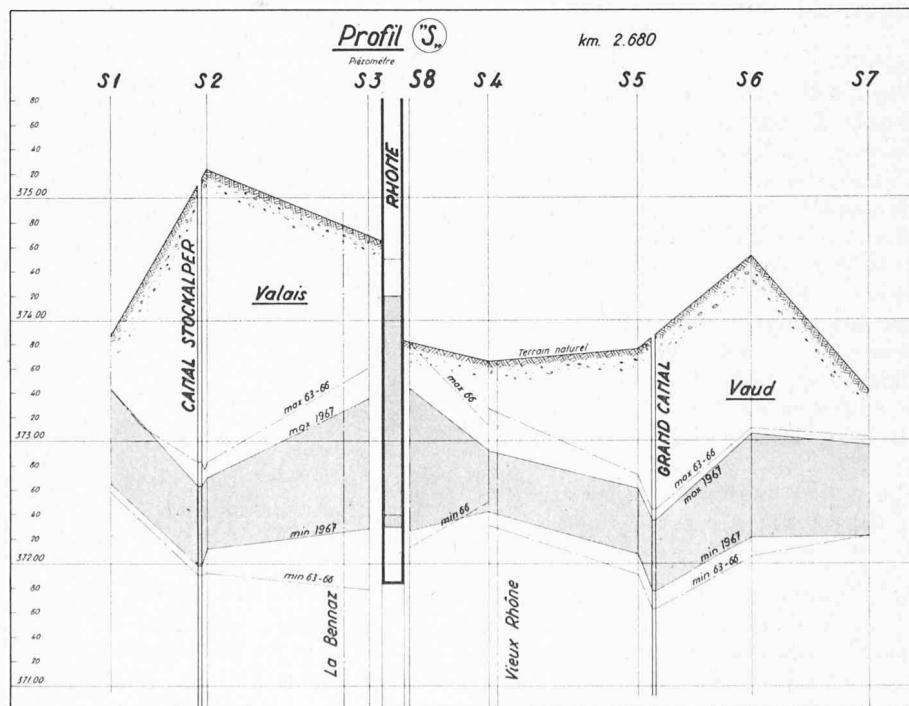


Fig. 4. — Profil d'observation dans la région de Port-Valais (profil S km 2.680 - Année hydrologique 1967).



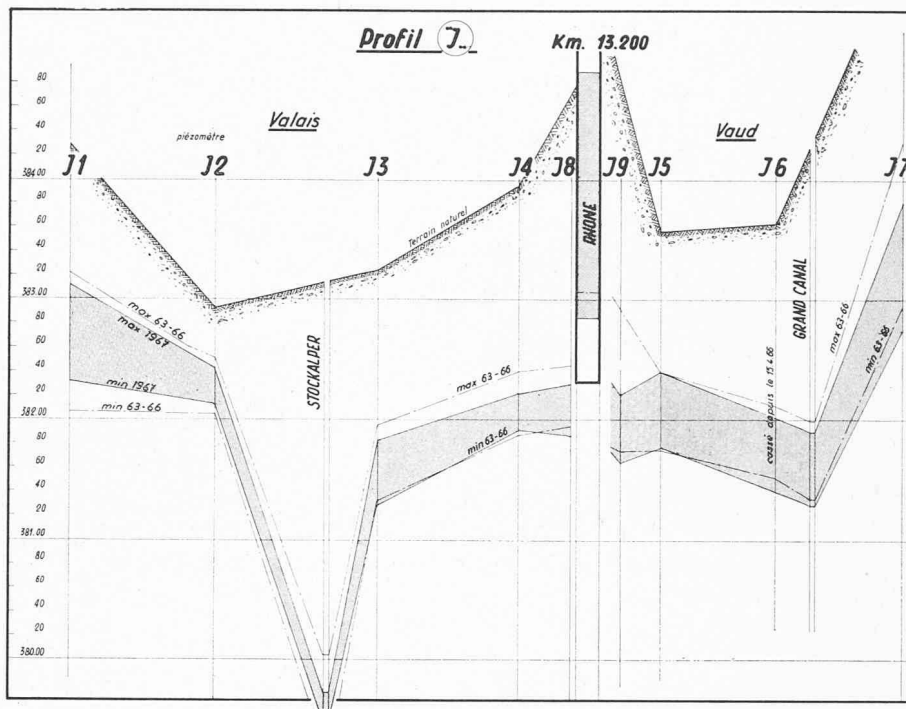


Fig. 5. — Profil d'observation à l'amont d'Yverne (profil J km 13.230 - Année hydrologique 1967).

août 1964 (fig. 9). Ces figures montrent clairement les variations saisonnières de la nappe, la direction et la pente de l'écoulement vers le Léman, l'effet de drainage réalisé par les canaux ainsi que les zones où la nappe est alimentée par le fleuve. Dans les grandes lignes, ces constatations se sont confirmées chaque année.

- Les observations pluviométriques, trop peu nombreuses pour la superficie à étudier, n'ont pas permis de déterminer clairement l'influence des conditions météorologiques sur le comportement de la nappe.

### 3.2 Essais de perméabilité

Le choix de l'emplacement des usines a été fait sur la base des résultats d'une étude géoélectrique des sols. Cette étude a permis de constater que les terrains situés près du lac (région de Port-Valais) étaient essentiellement constitués de fractions sableuses et limoneuses, alors que dans la région de Massongex on avait affaire à des terrains graveleux, formés de blocs et de gros éléments. De l'amont vers l'aval, la granulométrie décroît.

Les sondages mécaniques aux emplacements des barrages ont servi également à déterminer la perméabilité du terrain. Leur but était d'évaluer l'importance des installations de pompage à prévoir pendant la durée des travaux et de définir pour chaque usine le dispositif d'étanchement nécessaire.

A titre indicatif, les valeurs moyennes suivantes de la perméabilité ont été déterminées à partir des essais de pompage :

Massongex :	(formation graveleuse)
	$K = 17 \cdot 10^{-2}$ cm/s
Saint-Triphon :	(galets et sables fins)
	$K = 6 \cdot 10^{-2}$ cm/s

Dans le cadre d'une étude agricole d'ensemble, le Service des améliorations foncières du canton de Vaud a également

procédé à des mesures de perméabilité aux abords des digues dans toute la plaine ; elles ont été limitées aux couches superficielles du terrain intéressant plus particulièrement l'agriculture. Les mesures effectuées à proximité des digues du Rhône ont confirmé les résultats des mesures antérieures.

### 3.3 Essais de pompage de Port-Valais et d'Yverne

L'exploitation des résultats des observations faites en 1963 et 1964 a mis en évidence l'existence d'une corrélation entre les niveaux de la nappe souterraine et ceux du Rhône dans la partie de la plaine comprise entre les deux canaux de drainage. En règle générale, on a pu constater que le fleuve alimente la nappe phréatique, mais que l'importance de cette alimentation dépend à la fois de la perméabilité du sous-sol et du degré de colmatage du lit du fleuve en fonction de la profondeur d'eau. Actuellement, le lit peut être considéré en équilibre et une croûte, composée de blocs plus ou moins cimentés, s'est formée. On a pu se rendre compte de l'effet du colmatage à proximité des gravières où, pour l'exploitation, cette croûte avait été détruite pour permettre la création d'une fosse à graviers. Dans la zone d'influence de ces gravières, l'interdépendance des niveaux du fleuve et de la nappe s'est révélée beaucoup plus étroite.

La conception du projet de l'aménagement du Bas-Rhône devait tenir compte de ces caractéristiques de la nappe. C'est pourquoi les premières solutions envisagées, qui consistaient à réaliser un certain nombre d'usines-canaux parallèlement au Rhône, furent abandonnées. En effet, l'action de drainage des canaux de fuite aurait été trop importante et n'aurait pu être évitée que par des travaux coûteux. En augmentant à quatre le nombre des paliers des usines situées dans le lit du fleuve, on chercha à limiter l'importance de la surélévation du plan d'eau du Rhône.

Le projet sous cette forme fut mis en 1965 à l'enquête publique et l'on a pu constater l'importance que les pro-

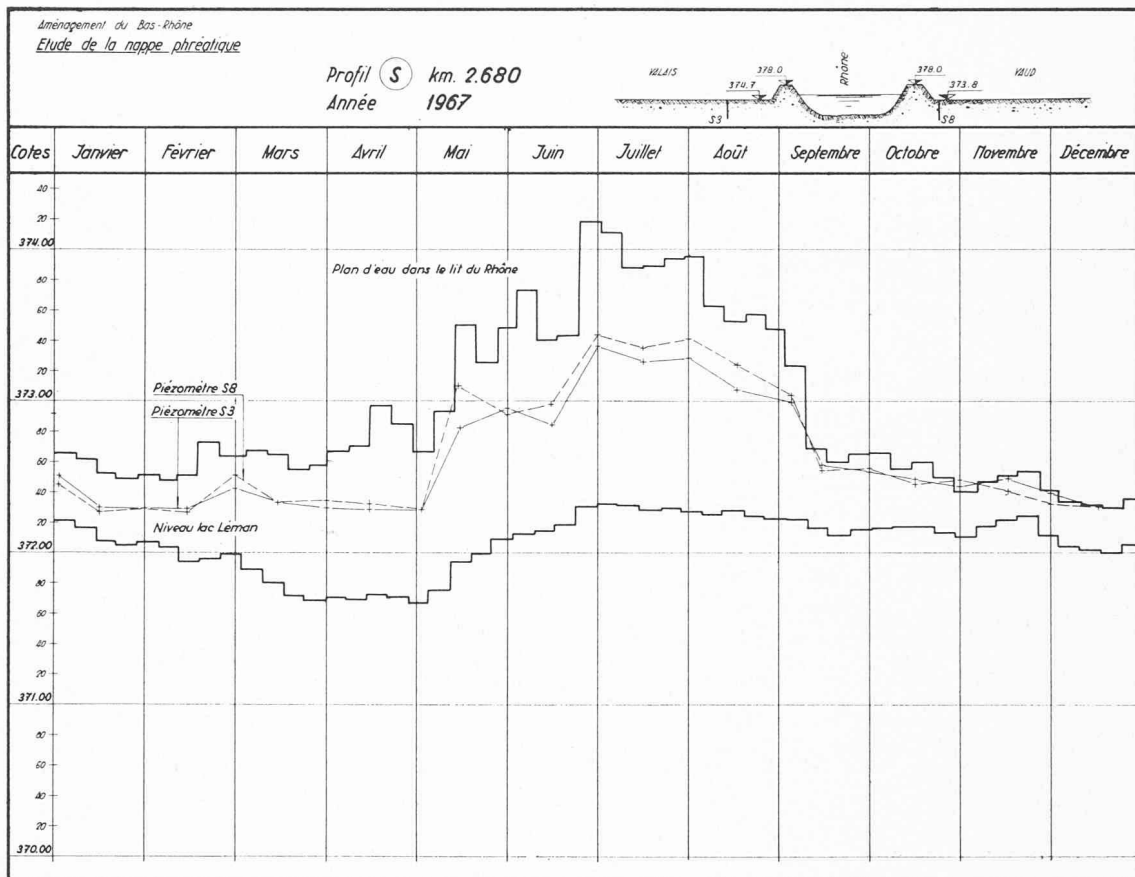


Fig. 6. — Variation du plan d'eau du Rhône et de la nappe aquifère au pied des digues (profil S km 2.680 - Année hydrologique 1967).

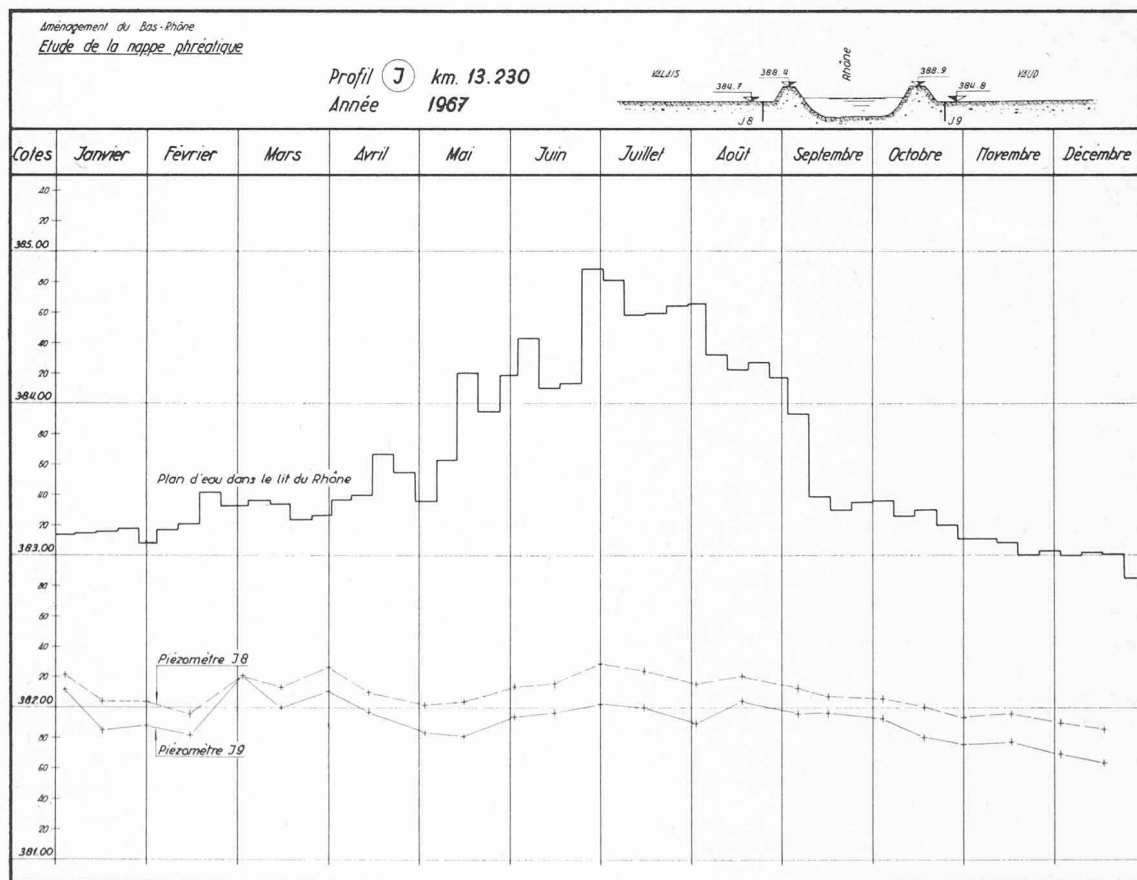


Fig. 7. — Variation du plan du Rhône et de la nappe aquifère au pied des digues (profil J km 13.230 - Année hydrologique 1967).

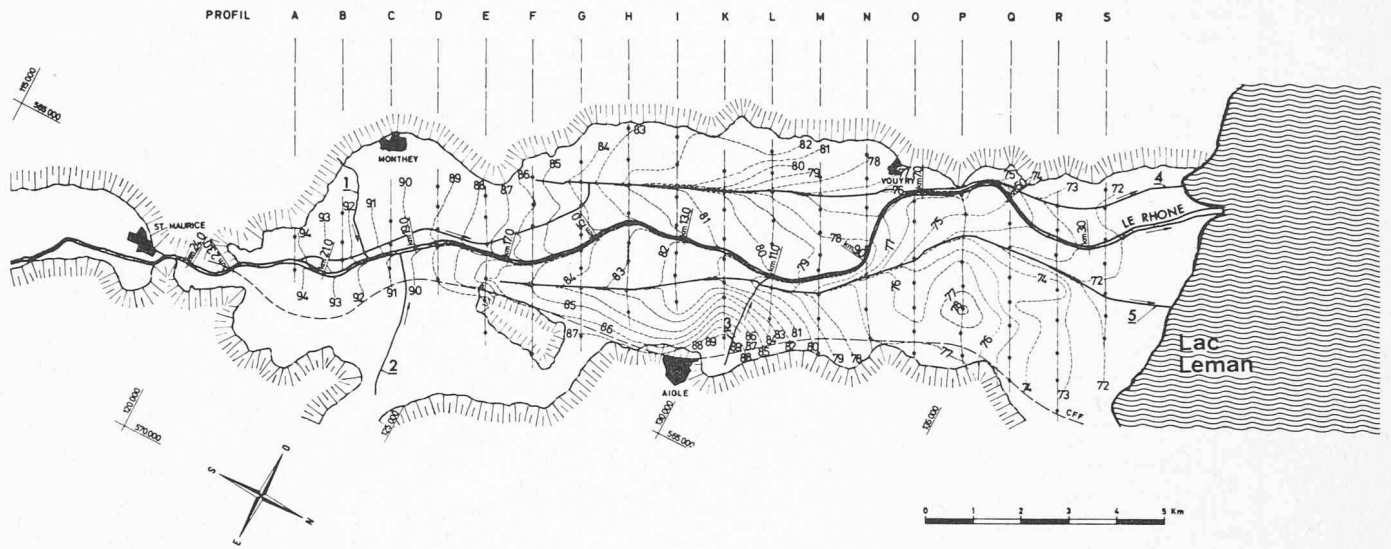


Fig. 8. — Courbes de niveau de la nappe phréatique, hiver 1964 (10.2-28.2.1964).  
1. La Vièze. 2. La Gryonne. 3. La Grande-Eau. 4. Canal Stockalper. 5. Grand-Canal.

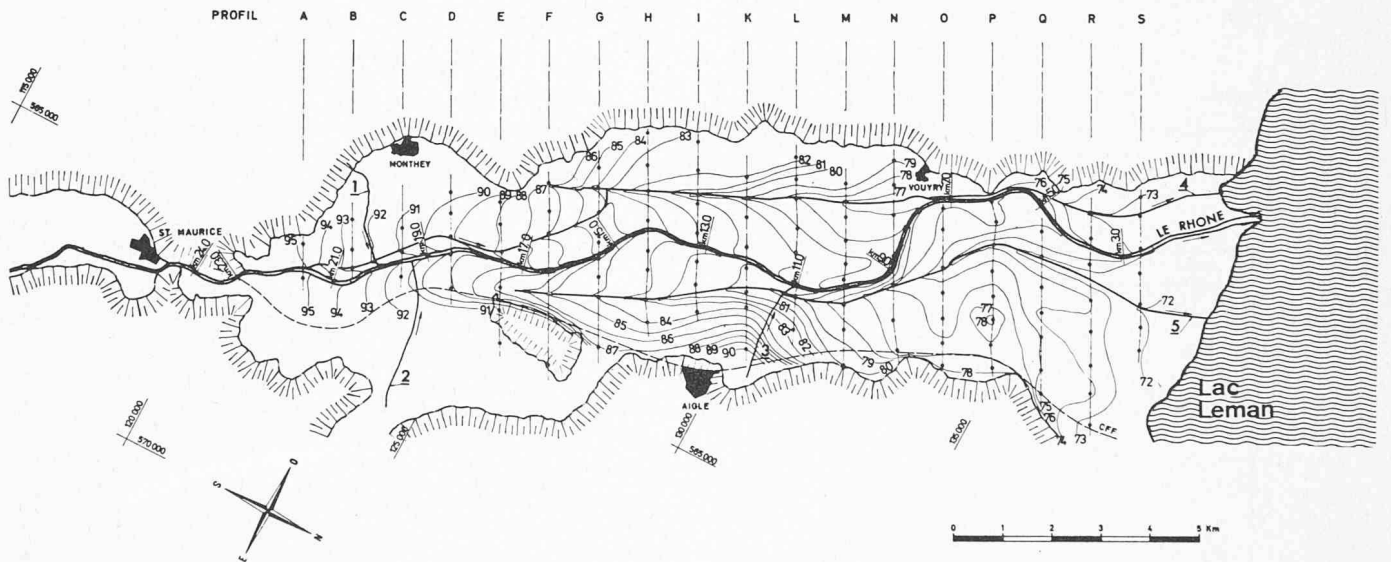


Fig. 9. — Courbes de niveau de la nappe phréatique, été 1964 (19.7-9.8.1964).  
1-5. Comme figure 8.

priétaires riverains accordaient à la nappe phréatique. En effet, 69 oppositions furent enregistrées de la part de gens qui craignaient qu'en dépit des contre-canaux prévus, une modification de l'état actuel de la nappe phréatique ne se manifeste. Il fallait donc prouver aux instances intéressées l'efficacité des mesures constructives envisagées pour obtenir de la part de celles-ci la levée des oppositions. C'est pourquoi, seul un essai en vraie grandeur s'imposait pour démontrer le fonctionnement des contre-canaux prévus. Diverses possibilités pouvaient être envisagées :

a) Réalisation d'un tronçon de contre-canal au pied des digues existantes les plus élevées. Puis matérialisation d'un plan d'eau surélevé du Rhône, au moyen d'une tranchée excavée au sommet de la digue, dans laquelle un niveau d'eau serait maintenu constant

par pompage. Cette méthode présentait toutefois un inconvénient, car les percolations à partir de la tranchée auraient alimenté aussi bien la nappe phréatique que le Rhône lui-même.

b) Réalisation au voisinage du Rhône d'un plot d'essai constitué par une enceinte de digue circulaire, à l'intérieur de laquelle un niveau constant serait maintenu par pompage. Un contre-canal, également circulaire, serait réalisé au pied aval des digues. Cette méthode, cependant, présente l'inconvénient de ne pas tenir compte de l'effet de colmatage du lit du fleuve.

c) Matérialisation du contre-canal par une rangée de forages de gros diamètre au pied des digues, abaissement par pompage du niveau de la nappe phréatique

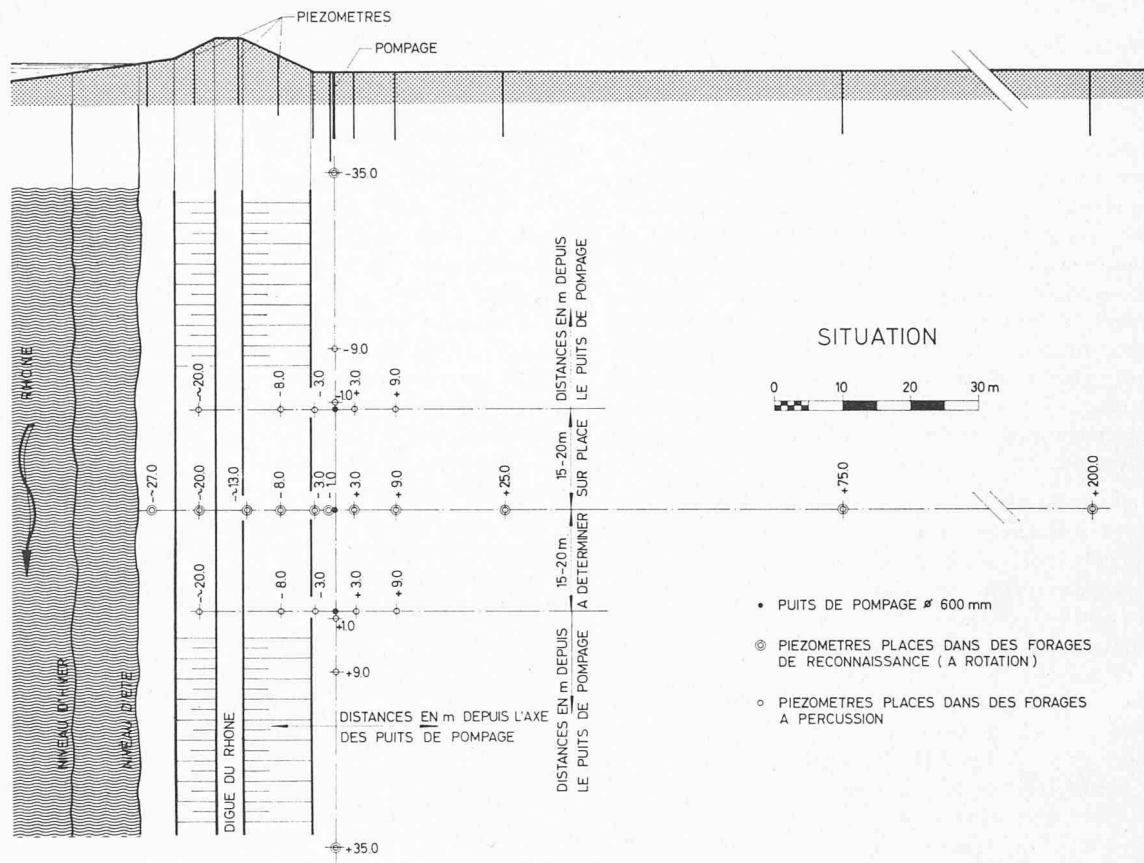


Fig. 10. — Essai de pompage d'Yvorne et de Port-Valais. Situation et profil en travers.

dans la zone des puits et réglage du niveau de celle-ci de manière à obtenir, entre ce dernier et le niveau du Rhône, une différence de hauteur égale à celle qui se présentera après la réalisation des usines du Bas-Rhône.

C'est finalement cette troisième méthode qui fut mise au point, en collaboration avec MM. H.-B. de Cérenville, ingénieur-conseil en géotechnique, et J. Norbert, géologue, et qui fut proposée aux services fédéraux et cantonaux compétents. Dans ses grandes lignes, l'essai consistait à réaliser un abaissement de la nappe à proximité du Rhône à l'aide de plusieurs puits de pompage et de déterminer, grâce à la mise en place d'un réseau de piézomètres, les perméabilités relatives du sous-sol et, dans les débits évacués par pompage, la part des eaux provenant du Rhône.

L'essai a été réalisé par la mise en place de trois puits de pompage de 10,50 m de profondeur, disposés sur une parallèle au Rhône et entourés de 29 piézomètres d'une profondeur variant de 10 à 15 m. Une partie des piézomètres a été mise en place dans des forages de reconnaissance, qui ont permis de déterminer d'une manière précise la nature et l'importance des diverses couches composant le sous-sol.

La figure 10 indique la disposition des forages et des piézomètres qui a été adoptée pour la réalisation des deux essais de pompage effectués. En effet, l'ampleur du dispositif d'essai et l'importance des frais engagés pour la réalisation de celui-ci avaient limité à deux le nombre des emplacements d'essais. Le premier dispositif a été implanté sur territoire vaudois, au km 2 du Rhône, et le second a été mis en place sur territoire valaisan, au km 8,9 du Rhône. Ces deux emplacements ont été choisis pour les raisons suivantes :

- Ils sont situés tous deux 100 m en amont de ceux fixés pour les futures usines de Port-Valais et d'Yvorne, c'est-à-dire, dans des zones où la surélévation des digues due au projet sera la plus grande.
- Ils se trouvent dans des zones correspondant à celles où de très nombreuses oppositions et réserves ont été élevées contre le projet par les communes et les exploitations agricoles riveraines.
- Du point de vue géologique, ils sont représentatifs de zones aussi différentes que possible l'une de l'autre, et peuvent être considérés comme deux cas extrêmes.

Pour conférer à ces essais un caractère de neutralité, le Bureau du Rhône décida d'en confier la supervision et l'interprétation à M. J.-C. Ott, qui traitera les problèmes posés lors des mesures et de leur interprétation dans un article particulier.

Au cours de ces essais, des prospections et des mesures très différentes les unes des autres ont été réalisées. Les plus importantes sont les suivantes :

- Levé géologique de la zone d'essai au moyen de forages de reconnaissance à rotation.
- Observations avant pompage des mouvements de la nappe phréatique et du niveau du Rhône.
- Essais d'abaissement de la nappe par pompage dans un, deux et trois puits et observations simultanées aussi bien des piézomètres que du limnimètre installé dans le Rhône.
- Mesures de résistivité dans les puits avant, pendant et après pompage.
- Injection d'une solution saline dans un piézomètre situé à proximité du Rhône lors d'un essai de pompage et observation de la progression de l'onde salée.



- Mesures, à la suite d'un essai de pompage, des vitesses ascensionnelles dans le puits à l'aide d'un micro-moulinet.

L'exécution des mesures de résistivité a été confiée à M. Treyvaud, de Géo-Consult, et les mesures de vitesse au micro-moulinet ont été réalisées par un spécialiste de Solétanche. La diversité des méthodes utilisées pour la détermination des caractéristiques du sous-sol a permis de réunir un nombre considérable de résultats de mesures. Ces derniers, toutefois, n'ont pas encore été exploités entièrement, cet important travail ne devant être effectué qu'une fois prise la décision de construire l'aménagement du Bas-Rhône.

Il est cependant possible de tirer les quelques conclusions préliminaires suivantes :

- Le lit du Rhône et la nappe sont séparés par une couche d'alluvions semi-perméables plus ou moins colmatées (pavage). Dans les tronçons, où le pavage est peu perméable, un abaissement de la nappe sur une rive se répercute sur l'autre.
- L'importance de l'alimentation de la nappe par le fleuve est différente selon les endroits considérés. Pour des essais du genre de ceux qui ont été réalisés, la part des eaux du Rhône varie entre 30 % (Yvorne) et 60 % (Port-Valais) des débits pompés.
- Les débits récoltés par les contre-canaux prévus au pied des digues dans les zones de surélévation maximum du plan d'eau actuel du Rhône seront de l'ordre de quelques mètres cubes/seconde par kilomètre de digue et ne devraient nulle part excéder  $10 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ .

L'objectif fixé, qui consistait à démontrer que des mesures de protection de la nappe étaient réalisables, a été entièrement atteint. Le dispositif choisi a permis de prouver l'efficacité des contre-canaux et a montré qu'il était possible de dimensionner ceux-ci sans risques d'erreur. En raison des conditions particulières de la plaine du Bas-Rhône, il sera même possible d'améliorer la situation actuelle en réglant le niveau de la nappe phréatique à une cote optimale. Ce réglage sera relativement aisé, car il ne s'agira que de contrebalancer l'influence des précipitations, les débits en provenance du Rhône étant en effet constants, puisque le niveau de ce dernier le sera également. D'autre part, au cas où la réalisation de retenues dans le lit du Rhône favoriserait le colmatage de ce dernier au cours des années et entraînerait de la sorte une diminution de l'alimentation de la nappe phréatique et un abaissement de celle-ci, il serait possible de procéder à une alimentation artificielle de la nappe à partir des contre-canaux.

## Bibliographie

**Mathématiques de l'informatique. — Tome I**, par M<sup>me</sup> J. Boittiaux, maître assistant à l'IUT de Grenoble. Paris, Dunod, 1969. — Un volume  $15 \times 24 \text{ cm}$ , x + 125 pages, 48 figures. Prix : broché, 12 F.

Cet ouvrage en deux volumes traite une partie du programme de mathématiques des Instituts universitaires de technologie (section informatique), la théorie des ensembles, l'algèbre de Boole, l'algèbre des relations, le dénombrement, les structures algébriques.

Dans ce livre, l'exposé et le choix des exemples ont été étudiés pour tenter d'éveiller chez le lecteur l'idée que l'esprit mathématique peut développer sa capacité à construire des modèles et l'inviter à réfléchir, à étudier, à inventer et le préparer à reconnaître la structure formelle

Les résultats positifs obtenus auraient permis aux autorités compétentes de procéder à la levée des oppositions si, entre-temps, le maître de l'œuvre n'avait pris la décision de surseoir à la construction de l'aménagement du Bas-Rhône.

### 3.4 Analyses chimiques de la nappe aquifère

Dans le cadre de l'étude du projet de l'autoroute Lausanne - Saint-Maurice, des analyses chimiques de la nappe aquifère ont été faites par M. Léon Mornod, géologue-conseil à Bulle.

En ce qui concerne le projet de l'aménagement hydro-électrique du Bas-Rhône, on a constaté qu'en règle générale, la qualité de l'eau est bonne dans la zone de la plaine située entre le Rhône et le Grand-Canal, où la nappe est alimentée par le fleuve.

Dans la zone située entre le Grand-Canal et les versants des Alpes, la nappe n'est pratiquement plus influencée par le Rhône et sa composition chimique est nettement moins bonne. D'autre part, il semble que la perméabilité du terrain de la plaine et la distance des versants par rapport au lit du Rhône jouent un rôle sur la composition chimique de la nappe. On constate ainsi qu'à une augmentation de la perméabilité du sol proche du Rhône correspond une diminution du résidu sec, et vice versa.

D'après ce qui précède, on peut conclure que la qualité de l'eau de la nappe phréatique est favorablement influencée par le Rhône. De ce fait, le danger d'une pollution éventuelle de la nappe, à la suite de la réalisation des usines envisagées, n'est pas à craindre.

## 4. Conclusions

L'aménagement hydro-électrique du Bas-Rhône est caractérisé par une chaîne d'usines au fil de l'eau dans une plaine agricole et industrielle. Les problèmes à résoudre pour garantir la sauvegarde de la nappe phréatique sont nombreux et nécessitent une étude approfondie. Il apparaît cependant qu'il est possible de prévoir à l'avance les mesures propres à assurer cette sauvegarde. La réalisation des ouvrages de protection nécessaires entraîne souvent des frais relativement élevés qui ont, dans certains cas, une influence prépondérante sur la rentabilité d'un tel aménagement.

Adresses des auteurs :

O. J. Rescher, D<sup>r</sup> ès sc. techn., Compagnie d'études de travaux publics S.A. Lausanne, Chargé de cours EPFL et Dozent der Technischen Hochschule Wien.

M. Urech, ingénieur diplômé EPF, Electro-Watt Ingénieurs-Conseils S.A., Zurich.

d'un algorithme, de la conception d'un imprimé, du cheminement de la pensée conduisant à une prise de décision, d'un planning.

Des exemples tirés de la réalité et, si possible, de la réalité que connaît professionnellement un programmeur, illustrent les chapitres de mathématiques classiques.

La lecture de ce livre nécessite le niveau mathématique d'un baccalauréat scientifique. Il intéressera non seulement les élèves des IUT, mais également les analystes programmeurs soucieux de se recycler et tous ceux que préoccupe l'utilisation des modèles mathématiques dans l'étude des sciences humaines ou des techniques d'organisation. Il sera également utile aux professeurs et assistants qui recherchent des exemples pour illustrer leur cours et aux spécialistes qui pourront y trouver quelques idées nouvelles pour l'application de sujets classiques.