

Envasement du barrage Ighil Emda (Algérie)

B. Remini

Institut du Génie Rural, Université de Blida

A. Kettab

E.N.P.

H. Hihat

Université de Blida

I ■ IMPORTANCE DE L'ENVASEMENT DES BARRAGES ALGÉRIENS ■

En Algérie, du fait de l'aridité du climat, l'eau constitue un facteur de développement socio-économique important.

Sur les 100 milliards m^3 d'eau qui tombent chaque année sur l'ensemble du territoire, les eaux de ruissellements ne représentent que 12,5 milliards de m^3 , le reste des précipitations étant dispersé par évaporation (85 %) et infiltration dans le sol (15 %).

Ces chiffres montrent tous l'intérêt de disposer d'ouvrages de stockage des eaux tant pour l'irrigation que pour la production d'énergie électrique et l'industrie.

L'Algérie dispose actuellement de 98 barrages en exploitation, dont 43 ayant une capacité de plus de 10 millions de m^3 , totalisant une capacité totale de 4,5 milliards de m^3 d'eau et permettant de régulariser un volume annuel de 2 milliards de m^3 .

Ces barrages, du fait de la forte érosion de leurs bassins versants, accumulent chaque année des volumes de vase importants estimés à 20 millions de m^3 par an, entraînant une réduction progressive de la capacité de stockage des eaux dont l'intérêt est vital pour le pays. On estime qu'actuellement 500 millions de m^3 de vase se sont déposés dans les retenues représentant 11 % de leurs capacités.

Cette sédimentation est due aux apports solides des oueds qui proviennent eux-mêmes de l'érosion générale des sols. En arrivant dans la retenue d'un barrage, ces eaux boueuses qui peuvent atteindre des concentrations en particules solides de plus de 100 g de matières sèches par litre d'eau turbide, forment des courants de densité qui parcourent les réservoirs au voisinage du fond entraînant avec eux les sédiments jusqu'au barrage où ils se déposent formant un lac de boue horizontal et comblant progressivement la retenue.

Pour réduire l'envasement de ces barrages, différents moyens ont été utilisés ou envisagés : protection des sols, extraction des dépôts par dragage, soutirage des eaux très turbides apportées par les courants de densité etc. Parallèlement une surélévation de la hauteur du barrage a été réalisée dans certains cas pour compenser la réduction de la capacité de la retenue par suite de son envasement.

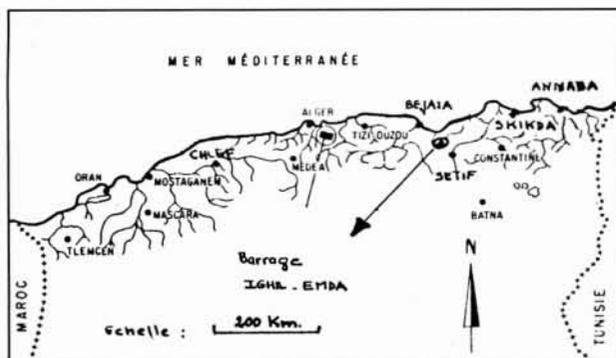
L'exemple du barrage d'Ighil Emda montre l'intérêt du soutirage « du courant de turbidité » pour réduire l'envasement d'un barrage.

II ■ PRÉSENTATION DU BARRAGE ■

Le barrage d'Ighil Emda est situé à l'Est de l'Algérie dans la petite Kabylie à 60 km de Béjaïa (fig. 1).

Choking up of Ighil Emda dam with mud

This paper deals with the problem of dam shifting of alluvial deposits, in particular with the case of Ighil Emda (Algeria) dam. This dam amasses each year important quantities of mud. The authors examine the means engaged to stuggle against this phenomenon : drainage basin retimbering and density stream draining off thanks to a special clarifying device.



1. Carte de situation.



Photo 1. Vue générale de la retenue d'Ighil Emda de capacité de 156 Mm³ qui contient environ 52 Mm³ de vase (1992).

La mise en eau du barrage a débuté en septembre 1953 ; ce barrage est destiné au stockage d'une importante quantité d'eau (156 millions de m³) pour l'alimentation de deux usines hydroélectriques (fig. 2 et photo 1).

Il est intéressant de noter que le barrage d'Ighil Emda est probablement parmi les premiers à être équipés d'un dispositif destiné au soutirage des vases par courant de densité.

Ce dispositif comprend :

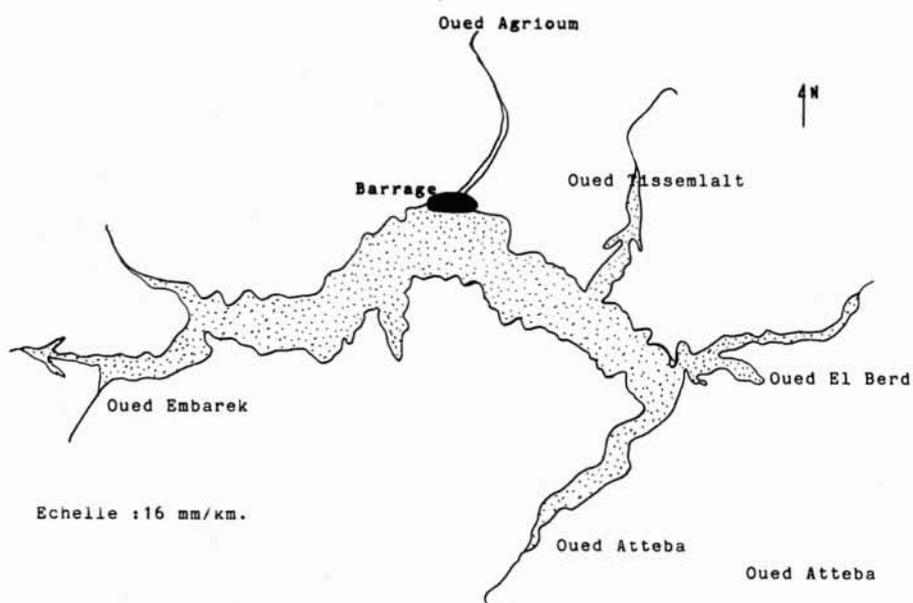
- trois vannes dites de dégrèvement de 2,75 m de hauteur et 1,80 m de largeur ;
- 08 pertuis dites de dévasement de 40 cm de diamètre (voir fig. 3, photo n° 2 et tabl. 1).

L'ouverture et la fermeture des vannettes de dévasement est subordonnée aux mesures de densité d'échantillons d'eau prélevés systématiquement par 10 prises étagées.

Lorsque la densité de l'eau chargée de sédiments dépasse 1,025, soit une concentration en matières solides (M.E.S.) supérieure à 40 g/l, les vannettes de dévasement



Photo 2. Barrage d'Ighil Emda : dispositif de soutirage. Le système a permis d'évacuer plus de 45 Mm³ entre 1953 et 1992.



2. Retenue du barrage Ighil Emda de capacité 156 Mm³.

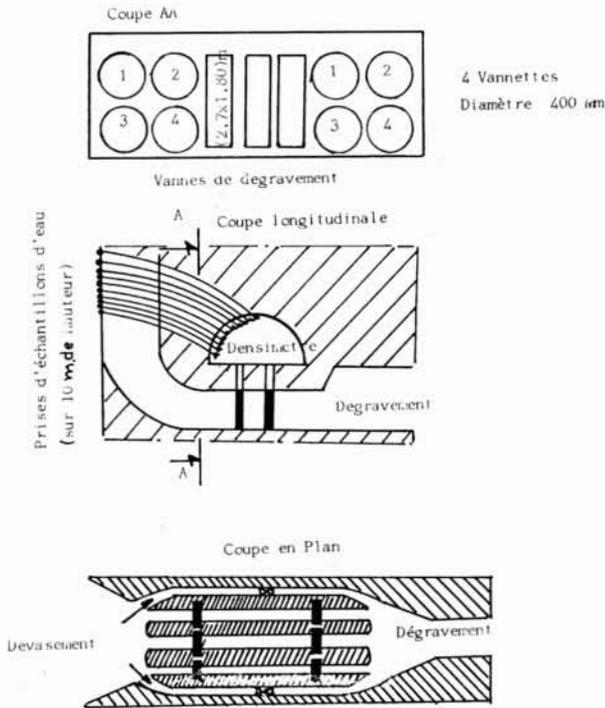


Photo 3. Une partie du bassin versant d'Ighil Emda montrant le danger d'érosion hydrique.



Photo 4. Cas d'un éboulement de terrain.

3. Dispositif de soutirage des vases. Barrage Ighil Emda.

Tableau 1

Type de l'ouvrage	Nombre	Débit unitaire à la côte 530	Débit total à la côte 530
Vannettes de dévasement	8	150 m ³ /h	1 200 m ³ /h
Vannes de dégrèvement	3	160 m ³ /s	480 m ³ /s

sont ouvertes et elles le restent tant que la densité de l'eau reste supérieure à cette valeur.

Précisons que des études rhéologiques faites sur les mixtures de la vase d'Ighil Emda ont montré que le passage d'un état « à fluide visqueux » à un état « à fluide plastique » s'effectuait pour une densité d'environ 1,06 (100 g de sédiments secs par litre de mixture) ; le soutirage des vases devient très difficile lorsque l'on dépasse cette limite.

III ■ PRÉSENTATION DU BASSIN VERSANT

Le bassin versant d'Ighil Emda (fig. 4 et photo n° 3 à 6), s'étend sur une superficie de 63 900 ha, répartie entre les massifs de la petite Kabylie et les hauts plateaux constantinois.

Au sein de ce milieu montagneux étroitement lié au climat et surtout au régime pluviométrique, s'est développée en fonction de la situation géographique une végétation naturelle caractérisée par :

— La présence d'un couvert végétal arborescent parfois

dense au pied des montagnes Babor et Tabador (petite Kabylie).

— La présence d'un couvert ligneux bas et dégradé, réduit à des lieux de pacage sur l'ensemble des sommets des monticules des hauts plateaux constantinois, où l'homme a sérieusement endommagé la nature en faisant disparaître toute végétation naturelle de type arborescent, arbustif et même buissonneux. On peut le constater sur le terrain : l'équilibre écologique du milieu est rompu sur toute la partie des hauts plateaux constantinois et plus ou moins maintenu sur les massifs de la petite Kabylie grâce à son armature forestière. Cette rupture est la résultante d'une dégradation générale provoquée par une série de facteurs naturels et artificiels, essentiellement :

— Les pentes : le relief est très accidenté puisqu'il est caractérisé par la prédominance de pentes de plus de 25 % qui représentent près de 77 % de l'ensemble du bassin et couvrent ainsi une superficie près de 50 000 ha.

— Le réseau hydrographique : conditionné par le climat, la topographie, la couverture végétale et la nature du substratum géologique, ce réseau hydrographique est dense (33,6 %) dépassant 4 km/km², est caractérisé par la

Echelle: 1:200.000



4. Bassin versant du barrage Ighil Emda.



Photo 5. Quantités importantes de terre traversant la route nationale Sétif-Béjaïa.



Photo 6. Les quantités de terre sont jetées par les ouvriers dans la branche de l'oued Tissmillalat débouchant dans la retenue d'Ighil Emda.

dominance des cours d'eau d'ordre 1 soit près de 63 % (environ 10 900 km).

— Les caractéristiques climatiques : le bassin versant d'Ighil Emda jouit d'un climat subtempéré ; il est sous l'influence d'une pluviométrie à caractère méditerranéen, souvent irrégulière, variant annuellement entre 800 et 1 500 mm et marquée par des pluies torrentielles.

— La lithologie : au niveau du bassin versant d'Ighil Emda, les roches tendres facilement érodables prédominent. Elles couvrent près de 83 % de la superficie, et sont constituées de marnes schisteuses. Cette lithologie fragile caractérise des versants escarpés et dénudés à relief très élevé et accidenté.

— Les cultures : prédominance des terrains agricoles à caractère céréalier (50 % de la superficie totale), qui ne se trouvent recouverts que saisonnièrement (printemps) et restent nus à la merci des agents atmosphériques le reste de l'année.

— Les terrains nus non occupés par une quelconque végétation sont répartis sur 22 % de la superficie totale du bassin versant représentant près de 13 500 ha.

Ces différents facteurs, naturels ou humains, conduisent à une érosion intense du bassin versant d'Ighil Emda. Les apports de matières solides arrivant dans la retenue du barrage ont été estimés, pour la période 1976 à 1992, à plus de 36 millions de m³, soit une érosion moyenne de plus de 25 900 m³ par km² et par an.

IV ■ ÉVOLUTION DE L'ENVASEMENT ■

Il a été effectué sur le barrage d'Ighil Emda 8 campagnes de mesures d'envasement respectivement en 1954, 1955, 1957, 1958, puis en 1974, 1981, 1984 et finalement 1992.

Le résultat de ces mesures montre que la retenue a fait l'objet d'une sédimentation croissante à des vitesses va-

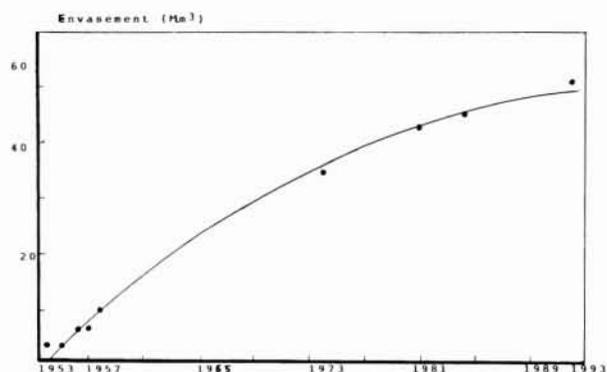
riables à un rythme moyen de 1 353 000 m³/an, soit une perte de capacité moyenne de 0,87 %. La *figure 5* illustre l'évolution temporelle de l'envasement et montre que pendant la période 1974-1992 la vitesse de l'envasement accuse un certain ralentissement d'où l'allure logarithmique de la courbe. Depuis sa mise en service en 1953 le barrage d'Ighil Emda a accumulé près de 52 millions de m³ de vase et accuse ainsi une perte de capacité de 35 %.

**V ■ MOYENS DE LUTTE CONTRE L'ENVA-
SEMENT AU NIVEAU DU BARRAGE
D'IGHIL EMDA ■**

Les moyens de lutte contre l'envasement ont été préventifs et curatifs.

● **5.1 Moyens préventifs**

Jusqu'à 1986, l'intervention de l'homme par l'action de reboisement en vue de protéger les sols contre l'érosion et de réduire ainsi l'envasement du barrage est limitée à 3,08 % de la superficie totale du bassin versant.



5. Evolution temporelle de l'envasement (barrage d'Ighil Emda).

Parallèlement les travaux de défense et de restauration des sols (D.R.S.), sous forme de banquettes et de murettes ne représentent que 2,2 % de la superficie du bassin versant.

Depuis 1986 des opérations de lutte contre l'érosion et de conservation des sols ont été recensées dans la zone nord du bassin versant. Les résultats de cette lutte sont indiqués dans le *tableau 2*.

La superficie reboisée depuis 1986 représente 9,16 % de la surface totale du bassin versant.

● **5.2 Moyens curatifs**

Le seul moyen curatif que présente le barrage est l'évacuation des courants de densité par le moyen du dispositif décrit précédemment et préconisé initialement par H. DUQUENNOIS.

Les opérations de soutirage sont systématiquement lancées dès que l'on détecte l'arrivée du courant de densité.

De tels courants de densité ont pu être mesurés dans la retenue du barrage d'Ighil Emda avec des vitesses atteignant au maximum 1,2 m/s, le courant de turbidité se propage au voisinage du fond jusqu'aux abords des ouvrages et transporte des masses importantes de sédiments fins.

La quantité de vases soutirées varie considérablement d'une année à une autre et d'une saison à une autre comme le montre le graphique de la *figure 6*. Le maximum de soutirage a lieu en automne avec une réduction en hiver puis au printemps.

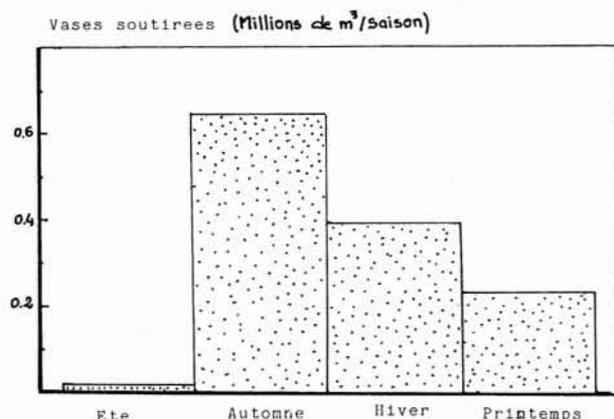
A l'échelle mensuelle, le soutirage maximum est en octobre avec une quantité de 330 000 m³ de vase, le volume total des vases évacuées par soutirage atteint 1 380 000 m³/an en moyenne (*fig. 7*).

**VI ■ ÉVOLUTION TEMPORELLE DE L'EF-
FICACITÉ DU SOUTIRAGE ■**

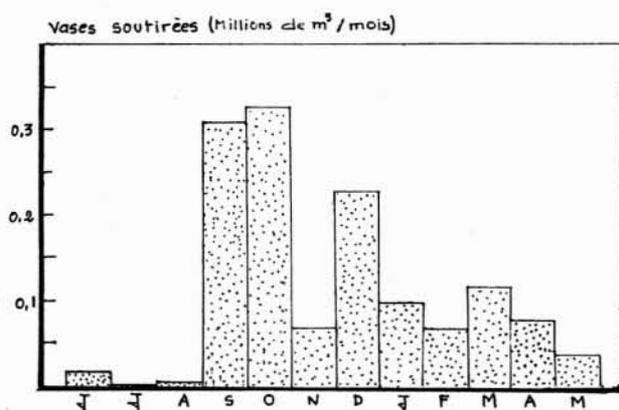
Comme le montre la *figure 8*, plus de 50 % des apports de vase arrivant dans la retenue des barrages d'Ighil Emda sont évacués par le soutirage des eaux très turbides provenant des courants de turbidité.

Tableau 2

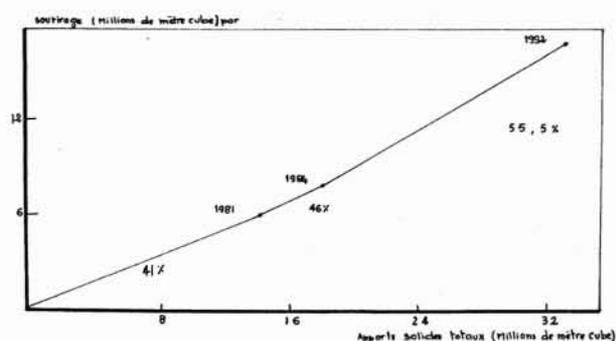
Année de réalisation	Espèce d'arbre utilisée	Superficie d'arbrisseau	Observation
Réalisateur (EMIFOR) 1986	Pin d'Alep	130 ha	Lieu de mobilisation commune de Draa El Kaïd
Réalisateur (ORDF) 1988	Pin Pigeon Pin d'Alep Peuplier Tomarix	500 ha	Lieu de mobilisation commune de Draa El Kaïd
Réalisateur (ORDF) 1989	Pin d'Alep Frêne Peuplier Saule	200 ha 50 ha	Lieu de mobilisation commune de Kherrata, fixation des berges de Kherrata
Réalisateur (EMIFOR) 1990	Pin d'Alep Tomarix	100 ha	Fixation de berge à Draa El Kaïd
1988	Peuplier Amandier Pommier Poirier	40 ha	Plantation fruitierie à Draa El Kaïd
Réalisateur (ORDF) 1991	—	1000 ha	Correction forestier à Kherrata



6. Quantités de vases saisonnières soutirées sur une période d'observation de 27 ans (1965-1992).



7. Quantités de vases mensuelles soutirées sur une période de 27 ans (1965-1992).



8. Soutirage par rapport aux apports solides totaux.

L'efficacité de cette technique de lutte contre l'envasement du barrage tend à augmenter sensiblement au cours

du temps c'est-à-dire que la réduction des profondeurs d'eau dans la retenue, passant de 40 à 45 % au cours des premières années de mise en eau du barrage (1955-1974) à plus de 55 % au cours des huit dernières années (1984-1992).

VII ■ CONCLUSION ■

La retenue d'Ighil Emda est soumise à un envasement considérable puisqu'elle a accumulé après 40 ans près de 52 millions de m³ de vase et se trouve ainsi diminuée de près de 35 % de sa capacité initiale.

La cause essentielle de cet envasement rapide de la retenue du barrage provient de la nature même des caractéristiques de son bassin versant formé de roches tendres avec un couvert végétal mince et dégradé par l'homme.

La prédominance du domaine agricole à caractère céréalière (50 % de la surface totale) accentue ce phénomène et conduit à une érosion spécifique atteignant en moyenne 2 900 m³ par km² par an.

Un reboisement d'une partie d'un bassin versant et une protection des terres agricoles par des banquettes et murettes, apporterait une première amélioration mais, en Algérie, les efforts entrepris depuis 1986 par les travaux préventifs restent encore limités à 3,5 % de la superficie du bassin versant.

Le soutirage systématique des vases transportées par les courants de turbidité traversant la retenue et arrivant jusqu'aux ouvrages a permis de réduire l'envasement à condition d'ouvrir les vanettes de soutirage dès que la concentration en particules solides dépasse 40 g/l dans la retenue. Cela a permis d'évacuer vers l'aval plus de 50 % des apports solides.

Cette technique préconisée par H. DUQUENNOIS en 1953 trouve toute son efficacité au cours du temps, ayant même tendance à s'améliorer par suite de la réduction des profondeurs dans la retenue.

Bibliographie

- [1] B.N.E.F. — « Etude d'aménagement et mise en valeur du bassin versant d'Ighil Emda ». B.N.E.F. 1986.
- [2] CHADIA. — « Erosion des sols et envasement des barrages ». Revue Algérie Equipement n° 5, juillet 1992.
- [3] DUQUENNOIS H. — « Lutte contre la sédimentation des barrages réservoirs ». Compte rendu n° 3, août 1955.
- [4] LAMBERT A. — « Eléments de technologie des barrages Algériens ». XIX^e congrès géologique International Alger, 1952.
- [5] LARRAS J. — « Fleuves et rivières non aménagés ». Edition Eyrolles 1977.
- [6] REMINI B. — « Processus de l'envasement et moyens de lutte ». Revue Algérie Equipement n° 8, avril 1993.
- [7] REMINI B. — « Etude du mécanisme de l'envasement ». Thèse de Magister Ecole Nationale Polytechnique, Alger 1990.

EAUX MINÉRALES ET EAUX THERMALES

**A partir du colloque « Eaux minérales et thermales »
organisé par la Société Hydrotechnique de France
les 16 et 17 novembre 1994**

Allocution d'ouverture du colloque « Eaux minérales et thermales »

Messieurs les élus, Messieurs les Présidents et Directeurs,
Mesdames et Messieurs, Chers amis hydrauliciens,

Je déclare aujourd'hui ouverte la 150^e session du Comité Scientifique et Technique de la Société Hydrotechnique de France.

En plus des membres habituels de notre société, l'Assemblée comporte d'autres collègues appartenant au monde de l'hydrologie médicale, regroupés en plusieurs familles, et auxquels j'adresse très chaleureusement la bienvenue.

Pour cette raison, je ne développerai pas vraiment la vie courante de notre société, traitée par divers documents que ceux que cela intéresse trouveront sur les tables du hall.

Je dirai seulement que notre association, née il y a plus de 80 ans au démarrage de l'hydroélectricité française s'est dès le début de son activité fortement intéressée à l'hydrologie, au sens des ressources en eau considérées principalement comme une ressource énergétique. Au fil du temps, et très rapidement, cette notion s'est élargie, pour passer de la simple étude des bassins versants, des relations entre les précipitations et les écoulements, avec tous les échanges entre les milieux, superficiel, souterrain, atmosphérique, puis à l'ouverture à toutes les méthodes statistiques et mathématiques permettant de caractériser et de prévoir quantitativement ces échanges, à des notions de plus en plus tournées vers la qualité des eaux, avec leurs méthodes de modélisation, en intégrant l'étude de tous les phénomènes physiques, chimiques, et plus récemment biologiques touchant les divers milieux aquatiques. C'est donc tout naturellement qu'au cours du congrès sur les Eaux Souterraines que la S.H.F. a organisé en 1990 à Sophia Antipolis, a émergé l'idée de faire le point sur les connaissances scientifiques relatives aux Eaux Minérales et Thermales qui jouent un rôle très important dans l'économie des eaux.

Mais en dehors des aspects de connaissance et de protection de la ressource, qui sont familiers aux experts habituels de la S.H.F., nous devons aborder également, ne serait-ce qu'au niveau des définitions, les aspects thérapeutiques qui caractérisent ces eaux, et qui en font de fait une classe distincte de toutes les autres. Il nous fallait donc le concours d'autres associations, et je remercie vivement tous les syndicats et fédérations qui regroupent ce milieu, de nous avoir aidés à informer toutes les familles qui le composent, ainsi que les conseillers qui nous ont aidés à toucher le monde scientifique qui s'exprimera aujourd'hui.

Je remercie tous les orateurs qui prendront aujourd'hui la parole, les présidents de Séance, et particulièrement le groupe qui m'a aidé plus précisément à organiser ces journées, en particulier Messieurs les Professeurs BLAVOUX, CANELLAS et POUCHAN, ainsi que Messieurs LOPOUKHINE et HONEGGER, qui ont été autour de moi les véritables architectes de ces journées.

J'y associe Messieurs MARGAT (AIH) et de MARSILY, éminents fidèles de la S.H.F. qui nous ont apporté conseils et concours.

J'ajoute des remerciements particulièrement chaleureux à Monsieur le Professeur EBRARD, président des Fédérations nationale et internationale du thermalisme, qui a bien voulu nous assurer le copatronage de son Association. A ce titre, je lui passe, sans tarder, la parole.

P. Cazenave
Président du Comité scientifique et
technique de la S.H.F.

Introduction

Guy Ebrard

Fédérations nationale et internationale du thermalisme

La parution de la Loi sur l'eau n° 92 du 3 janvier 1992, a rendu à celle-ci son unité.

La définition de l'eau minérale a été donnée, dans le passé, par divers textes réglementaires qui gardent leur actualité, en attendant que les décrets du Conseil d'Etat aient déterminé les conditions dans lesquelles l'autorité administrative peut fixer les dispositions applicables aux sources, gisements d'eau minérale et à leur protection.

D'ici le 4 janvier 1995, le Décret de 1957 est applicable. La Loi énonce de nouveaux principes et la nécessité « de fixer les règles de répartition des eaux de manière à concilier les intérêts des diverses catégories d'utilisateurs ».

Au demeurant, l'intérêt que n'a jamais cessé d'apporter à l'Hydrologie, la Société Hydrotechnique de France, tenait, surtout, au témoignage d'un prix annuel attribué avec une évidente fidélité.

Il convenait, sans doute, d'approfondir ce champ d'actions ; ajouter au caractère traditionnel ou mythique de l'eau, sa composante thérapeutique ; tenter d'expliquer, s'il se peut, au regard des composantes des eaux minérales, les mécanismes supposés de son action dans ce vaste chapitre, balayé, dans le monde entier, par la recherche clinique et expérimentale relative à l'action thérapeutique des eaux thermales.

Voici ouvert par la Société Hydrotechnique de France dont on sait la prestigieuse contribution qu'elle a apportée à l'Hydrologie, le vaste chapitre de la ressource hydro-minérale et ses incidences sur la Santé et l'Economie.

Connaissances géologiques des gisements, chimie des eaux minérales, relations entre structures géologiques, composition des eaux minérales, et orientations thérapeutiques, tel est le vaste domaine de la connaissance de la ressource, jusqu'à son émergence thermominérale, y compris des moyens techniques les plus appropriés à réaliser

des captages aptes à assurer une meilleure qualité de l'eau.

Tous les aspects sont abordés y compris celui de la microflore des eaux thermales et celui, essentiel, de la protection de la ressource, que seule, jusqu'ici, légitimait réglementairement la reconnaissance déjà ancienne du caractère d'intérêt public..., alors qu'il est de l'intérêt du public que la protection de la ressource soit le corollaire d'une ressource.

— *Composition si variable, au demeurant, des eaux minérales et thermales qui permettra d'en confronter le classement avec la doctrine allemande, polonaise, pays si riches en sources thermales, et l'expérience belge, si particulière, dans la région de Spa.*

— *Incidences économiques essentielles, par la production des eaux minérales conditionnées par le développement du thermalisme thérapeutique dans sa double incidence médicale et sociale et son accompagnement économique.*

Messieurs TRICARD et MASSON conduiront, tour à tour, ces débats dans l'exercice de leur responsabilité administrative avant que le Directeur de l'Unité hydrologique du Laboratoire National d'Hygiène, dans les perspectives et l'attente du rattachement de son Laboratoire à la Direction Générale de la Santé, n'ouvre les discussions sur d'intéressantes particularités.

Le Professeur BOULANGÉ, dans la pluralité de sa formation scientifique, de ses responsabilités universitaires et administratives, était tout désigné pour présider au vaste débat sur l'environnement, qui parachèvera ces journées.

Merci donc à la Société Hydrotechnique de France, dont on sait les contributions essentielles qu'elle a apportées à l'eau en général, d'avoir pris le nouveau chemin de l'eau minérale, itinéraire renouvelé qui l'a conduite au plus ancien des messages, celui de l'eau de santé.