SYNTHÈSE DES ÉTUDES SUR LE SYSTÈME MULTICOUCHE DES NAPPES TERTIAIRES DU NORD DE L'AQUITAINE

Communication
présentée au Comité technique
de la Société Hydrotechnique de France
le 12 juin 1969

PAR MM. ASTIÉ¹, AUBIC², BELLEGARDE¹, BOURGEOIS¹
CAZAL², EMSELLEM³, LAVIGNE¹, MARIONNAUD¹, M^{me} C. MOUSSIÉ²
MM. B. MOUSSIÉ², POUCHAN², PRUDHOMME⁴, ROUSSELOT⁵
H. SCHOELLER², M. SCHOELLER², TRUPIN¹

Avant-propos

La synthèse qui va être présentée est avant tout le travail d'une équipe qui s'est constituée pour répondre à un objectif précis : la protection des ressources en eau souterraine du nord de l'Aquitaine occidentale.

En effet, l'abaissement important du niveau piézométrique de la grande nappe des sables éocènes avait amené l'un d'entre nous (H. Schœller) à attirer nettement l'attention sur le risque d'invasion par les eaux salées bordant le département de la Gironde, des nappes d'eau souterraine car l'exploitation augmentait très rapidement en suivant le développement des collectivités, de l'industrie et de l'agriculture.

Le décret-loi de 1935, protégeant les eaux souterraines, a été étendu en 1959 au département de la Gironde, et son exécution a provoqué la mise en place d'un Comité de protection des ressources en eau souterraine de la Gironde, présidé par le préfet et dont le secrétariat a été confié à l'Arrondissement minéralogique de Bordeaux.

Les études entreprises dès cette époque ont été marquées par une évolution, très nette dans le temps, de la représentation que l'on peut se faire d'une telle exploitation.

Les travaux ont pu être menés à bien grâce à la collaboration de tous les organismes responsables,

c'est-à-dire du Comité de protection des eaux souterraines de la Gironde, qui a confié au B.R.G.M. la mission de réaliser l'inventaire des ressources en eau souterraine de la Gironde, grâce aux crédits provenant de la convention passée entre l'Etat, représenté par le Ministère de l'Industrie et le B.R.G.M. et à l'intérieur duquel se retrouvaient les services des Mines, de l'Équipement, de l'Agriculture, le Centre d'hydrogéologie de Bordeaux, l'Institut de géologie du bassin d'Aquitaine, la Communauté urbaine de Bordeaux, grâce au concours de Géohydraulique, la Compagnie Générale de Géophysique et le Centre d'informatique géologique de l'Ecole des mines de Paris.

Les moyens financiers des différents partenaires ont été renforcés par l'appui du Conseil général de la Gironde, de la Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale (DATAR) pour les problèmes d'aménagements régionaux, et de la Délégation Générale pour la Recherche Scientifique et Technique (DGRST), qui a permis de mettre l'accent sur les implications méthodologiques des opérations.

Les objectifs

Le cadre général.

Le nord de l'Aquitaine occidentale est bordé par deux étendues salées, la Gironde et l'Océan Atlantique. Les eaux souterraines y sont exploitées depuis de nombreuses années, à partir de plusieurs niveaux aquifères actuellement bien connus, grâce à de nombreux forages réalisés pour la recherche de l'eau ou

1. B.R.G.M.

2. Centre d'hydrogéologie de Bordeaux.

3. Arrondissement minéralogique de Bordeaux.

4. Géohydraulique.

5. Centre d'Information géologique de l'E.N.S.M.P.

A/ Carte piézométrique des sables éocènes.
Piezometric chart for eocene sand.

du pétrole et par les études géologiques et hydrogéologiques régionales.

En se référant à la géologie, les principales entités sont, successivement :

- Le plioquaternaire;
- Le miocène;
- L'oligocène;
- L'éocène.

Ces différents niveaux contiennent, la plupart du temps, des inclusions constituées par des formations, plus ou moins imperméables, dont l'extension est toujours limitée et qui, de ce fait, ne constituent jamais un obstacle absolu, à l'échelle du bassin, à la circulation verticale de l'eau.

Les besoins.

Plus qu'ailleurs, la notion de besoin doit être distinguée de celle de la production. A l'heure actuelle, en effet, le débit exploité en Gironde représente environ 4,4 m³/s dont 40 % proviennent de l'oligocène et 25 % de la nappe des sables éocènes.

L'exploitation de cette dernière formation (*sensu lato*) fournit un exemple particulièrement net de la nécessité de cette distinction : l'exploitation de ce niveau a, en effet, commencé au siècle dernier et très rapidement, vers 1890, dépassait 100 000 m³/j grâce au seul artésianisme. Le débit prélevé était très largement supérieur aux besoins et la baisse de l'artésianisme — malgré l'augmentation régulière du nombre de captages — entraînait une baisse de 30 % du débit total extrait, ce qui réduisait le soutirage moyen aux alentours de 70 000 m³/j en 1956.

Le développement de la consommation s'accroissait à nouveau et, en 1967, la production revenait à 100 000 m³/j pour 148 forages productifs dont les 3/5^{es} dans le secteur de Bordeaux.

Le second aspect des besoins porte sur la localisation des prélèvements et des ressources utilisables.

En effet, l'Aquitaine est un pays gorgé d'eau, grâce à son climat relativement humide et sa géologie caractéristique d'un secteur où la côte, au cours des époques géologiques, a balayé d'énormes étendues où des faciès poreux et perméables ont pu se déposer : le volume des sédiments susceptible d'emmagasiner l'eau est donc important, tant en surface qu'en profondeur.

Or, l'habitat et l'industrie se sont seulement développés dans les vallées. Parallèlement, le long des côtes, des collectivités importantes se sont progressivement implantées. Si l'on compare donc la superficie totale de l'Aquitaine et la surface couverte par le réseau de consommateurs, on arrive à un report extrêmement grand. C'est dans ces termes que s'exprime la notion de surexploitation des nappes.

Les risques spécifiques.

Le premier risque, bien connu, est celui de la chute de pression inéluctable d'une nappe d'eau souterraine exploitée. Cette chute de pression a un effet bénéfique que nous venons de voir, la diminution des gaspillages, et une incidence économique défavorable, l'accroissement des frais de pompage et l'augmentation des investissements de forage.

Le second risque concerne l'eau salée. En effet, l'invasion des nappes d'eau douce par l'eau salée est un phénomène particulièrement classique, dans le cas des aquifères monocouches débouchant sous le niveau de la mer.

L'Aquitaine a pour caractéristiques d'être un multicouche, c'est-à-dire que les différents horizons aquifères sont liés verticalement, soit qu'ils reposent les uns sur les autres, soit qu'ils soient séparés par des horizons qui ne sont imperméables qu'en première approximation.

Dans ces conditions, on constate que les nappes superficielles sont directement liées au domaine marin et les nappes profondes affleurent sous l'estuaire de la Gironde. En d'autres termes, l'invasion peut se faire soit directement, à partir des exutoires sous la Gironde, soit indirectement, par liaison entre la Gironde et les nappes superficielles et percolation verticale depuis ces nappes superficielles vers les nappes profondes.

De plus, la dernière transgression flandrienne a salé les petites vallées perpendiculaires à la Gironde (H. Schoeller), de telle sorte que, dès que la pression des nappes profondes est inférieure à la pression des nappes superficielles, l'eau salée a tendance à descendre directement depuis ces alluvions flandriennes vers les nappes profondes.

Dans d'autres secteurs, notamment sur la bordure atlantique, (Arcachon, Cazaux, Mimizan) on note, en plus des niveaux salés des aquifères « ouverts » sur l'Océan, la présence, dans les couches profondes, sans exutoires sous-marins, de niveaux à forte concentration des eaux dans les fosses de l'aquifère tertiaire créées par l'histoire géologique du bassin, notamment au Trias.

Ces masses salées constituent un risque d'autant plus sérieux qu'elles sont, en équilibre hydrodynamique précaire, en relation avec des zones dont les dépressions piézométriques naturelles sont accentuées par les pompages intensifs.

La drainance ainsi provoquée risque d'attirer la-

téralement, et *per ascensum* des eaux à salure plus grande que celle de l'eau de mer, dans des régions où la faible minéralisation peut être considérée comme le terme d'une évolution physico-chimique où le rôle des niveaux argileux est prépondérant.

La drainance, dont la notion intervient de plus en plus depuis quelques années dans l'estimation des ressources en eau disponible, marque donc, de son caractère propre, les risques spécifiques d'invasion des nappes d'eau douce de l'Aquitaine par l'eau salée.

La synthèse

Une masse considérable d'informations était disponible en 1966, époque à laquelle, sous la direction scientifique du Professeur Schœller, la D.G.R.S.T. a lancé l'action concertée sur la méthodologie d'étude des multicouches. L'Aquitaine, particulièrement représentative de ce type de schéma, a fourni le support de l'action. La synthèse a porté sur plusieurs domaines :

Les données d'inventaire.

Plusieurs milliers de forages étaient répertoriés, décrits et suivis par le B.R.G.M. et l'Université. Sur les différentes nappes, les données piézométriques, relevées sur plusieurs milliers de points, souvent à plusieurs reprises, étaient enregistrées en permanence sur les ouvrages caractéristiques. Deux cent cinquante essais de débit en régime transitoire avaient été suivis et interprétés pour déterminer les paramètres hydrauliques; les prélèvements actuels et anciens étaient répertoriés, et quelques centaines d'analyses chimiques nouvelles étaient faites et également interprétées. Tous ces éléments cartographiés s'étaient réciproquement pour constituer une documentation de base étoffée et parfaitement homogène.

Les conditions aux limites.

Les affleurements de la nappe des sables éocènes et des calcaires crétacés ont fait l'objet d'études hydrogéologiques locales, de façon à déterminer la nature des conditions aux limites du multicouche.

Schématiquement, on peut dire que, sur les affleurements, les nappes débordent, c'est-à-dire que l'infiltration ne peut absorber la totalité de la pluviométrie. De plus, à l'affleurement, les nappes libres s'écoulent vers les rivières, et les prélèvements en profondeur en sont suffisamment éloignés pour ne pas influencer la piézométrie aux limites, donc cet écoulement.

Il était donc licite d'admettre, pour le niveau actuel des prélèvements, que les zones d'affleurements libres constituent des limites pratiquement à potentiel constant, étroitement tributaire du reste de la topographie.

Analyse hydrogéologique.

Le territoire d'étude débordait sensiblement le département de la Gironde au nord et à l'est pour couvrir une superficie de l'ordre de 12 à 15 000 km².

Dans une première phase, le B.R.G.M. a réalisé

B/

1/ Nappe phréatique. Piézométrie relevée en 1965.

Observed piezometer data for the water table in 1965.

seize coupes lithostratigraphiques interprétatives orthogonales, à la maille de 20 km environ, de façon à représenter le multicouche par un réseau mettant en évidence la nature des réservoirs, leur extension latérale et leur disposition relative.

Ces coupes, déjà simplifiées à l'origine, ont été jugées relativement complexes pour une exploitation directe; le Centre d'hydrogéologie a donc procédé à deux schématisations successives regroupant en ensembles perméables et imperméables les différents lithofaciès.

Enfin, une dernière simplification était faite par les deux organismes, en collaboration avec Géohydrologique chargé de la construction du modèle analogique, de façon à réduire ces ensembles à cinq entités aquifères au maximum, désignées : S_2 , S_1 , C_2 , C_1 et P (cf. figures 1 à 21).

Parallèlement, les « imperméables » ont été rassemblés en ensembles « imperméables », auxquels une estimation de la perméabilité a été effectuée; estimation étroitement dépendante de la connaissance pétrographique que l'on en avait, de leur nature et de leur structure.

Une échelle d'imperméabilité a été dressée à cet

SIMPLIFICATION DES COUPES LITHOSTRATIGRAPHIQUES

2/ Aquifère C_1 . Piézométrie relevée en 1965.

Aquifer C_1 . Piezometer observations in 1965.

effet pour tenir compte des idées dont l'analyse de terrain permettait de disposer sur la drainance.

Par ailleurs, les transmissivités, utilisées pour la construction du modèle analogique, ont été extraites soit des cartes de transmissivités et de perméabilité existantes, soit à partir des valeurs ponctuelles de ces caractéristiques, pondérées en fonction de divers critères applicables aux nappes captives : épaisseur et degré d'anisotropie en particulier.

Cette phase d'estimation des caractéristiques hydrauliques choisies tant sur les aquifères que sur les « imperméables », est certainement celle où la part d'interprétation est la plus grande, en particulier pour ces derniers.

Les modèles.

Deux modèles ont été construits à partir de l'ensemble des données synthétisées : un modèle analogique et un modèle numérique.

Le modèle analogique a été réalisé par Géohydrologique qui a, de plus, reporté sur réseau maillé un premier jeu de perméabilités entre nœuds. Le modèle numérique a été mis au point par le laboratoire d'hydrogéologie mathématique du Centre d'informatique géologique de l'Ecole nationale supérieure des mines de Paris.

3/ Aquifère C₁ / Aquifer C₁. 4/ Aquifère C₂. Relevé des pressions en 1965.
Aquifer C₂. Pressure observations in 1965.

Cinq ensembles aquifères, connectés latéralement, verticalement ou par l'intermédiaire d'imperméables ont été traités simultanément : ces cinq ensembles sont respectivement :

- La nappe des sables inférieurs de l'éocène, la plus étendue, dénommée S₂;
- La nappe des calcaires éocènes et de l'oligocène C₂, qui est reliée localement à l'éocène S₂;
- La nappe des sables supérieurs S₁, qui surmonte la nappe S₂ dans le secteur de Libourne et Langon et en est séparée par un semi-imperméable;
- La nappe C₁, essentiellement miocène, qui surmonte, dans tout le secteur de la côte atlantique, les calcaires C₂;
- La nappe phréatique qui surmonte, sur l'ouest du modèle, l'ensemble des nappes et en est localement séparée par des imperméables.

La structure réelle est très complexe et cette ébauche a exigé plus de 500 mailles.

D'emblée, les premiers essais effectués ont montré l'exigence de ces modèles d'une cohérence de l'ensemble des données. En effet, deux groupes d'erreurs se sont révélés. Le premier consiste bien évidemment dans la transcription inégale, inexacte, de prélèvements et de piézométrie et la discordance globale entre les résultats de la simulation, et la réalité a permis de retrouver des erreurs et d'injecter

des données plus précises, plus nombreuses et plus complètes.

Par ailleurs, certaines hypothèses faites sur la perméabilité sont apparues, à l'usage, inexactes.

Après la première simulation analogique, les ajustements se sont poursuivis très rapidement sur modèle numérique *en régime permanent*. Cette première simplification était rendue licite par le fait que, d'une part, comme nous l'avons vu précédemment, le niveau des prélèvements a peu varié au cours des dernières années et que, d'autre part, le schéma même de la drainance conduit à des stabilisations beaucoup plus rapides que pour les nappes isolées. Le modèle numérique permanent a été modifié à plusieurs reprises, tout d'abord en utilisant les différences de structures de la piézométrie entre réalité et simulation, qui apparaissaient dans des secteurs très étendus, puis en analysant les variations plus fines après modification des grands ensembles.

Par exemple, il a été nécessaire de revoir, beaucoup plus finement, à partir des coupes hydrogéologiques de base, le passage de S₂ à C₂, dont l'influence est particulièrement déterminante dans le secteur de Bordeaux. La piézométrie de l'éocène et de l'oligocène n'est en effet identique que sur une partie du domaine de C₂.

5/

6/

7/

5/ Aquifère C_2 . Avant ajustement.
Aquifer C_2 . Before adjustment.

6/ Aquifère S_1 . Piézométrie relevée en 1965.
Aquifer S_1 . Piezometer observations in 1965.

7/ Aquifère S_1 / Aquifer S_1 .

8/ Aquifère S_2 . Piézométrie relevée en 1965.
Aquifer S_2 . Piezometer observations in 1965.

8/

Par ailleurs, sur la partie est du domaine, dans la nappe des Sables S_2 , on avait une grande plage de pression pratiquement constante, après une chute extrêmement brutale aux affleurements. On s'est alors aperçu que les perméabilités à la frontière étaient extrêmement basses, au point que, sur un secteur relativement peu étendu, on observait des contrastes de 1 à 100.

Cette anomalie ne provenait pas du terrain, mais de la représentation trop simple que l'on en avait faite. En effet, une première étude avait été effectuée au moment où l'on supposait que l'on pouvait traiter le complexe nappe par nappe, en monocouche, et où l'on avait négligé les liaisons verticales. Cette première étude, fondée sur les interprétations d'essais de débits, et utilisant une cuve rhéométrique construite chez Géohydraulique, avait du reste mis en évidence, dans le secteur de Libourne, la nécessité d'un flux vertical pour obtenir une meilleure cohérence entre la simulation et la réalité. Dans ces conditions, l'image de transmis-

9/ Aquifère S_2 / Aquifer S_2 .

10/ Aquifère C_1 . Pressions simulées avant ajustement (modèle mathématique) / Aquifer C_1 . Simulated pressures before adjustment (mathematic model).

11/ Aquifère C_2 . Pressions simulées avant ajustement (modèle mathématique) / Aquifer C_2 . Simulated pressures before adjustment (mathematic model).

12/ Aquifère S_1 . Pressions simulées avant ajustement (modèle mathématique) / Aquifer S_1 . Simulated pressures before adjustment (mathematic model).

sivité initiale sur laquelle on avait travaillé, ne prenant pas en compte une drainance verticale entre S_2 et S_1 , la perméabilité horizontale de S_2 que l'on avait dû afficher pour obtenir une concordance acceptable, était surestimée à l'aplomb de S_1 . Pour compenser globalement cette surestimation, il avait été nécessaire, sur les affleurements où la drainance ne joue pas, de sous-estimer les perméabilités affichées.

Enfin, diverses conditions aux limites trop schématisées ont dû être reprises, en particulier la liaison avec le domaine marin et certaines conditions d'alimentation qui ont dû être reprises, à la lumière des coupes géologiques de base.

À l'heure actuelle, le régime permanent, établi sur modèle mathématique (*), présente une bonne concordance d'ensemble avec l'état piézométrique, que l'on connaît pour l'ensemble des nappes souterraines de la région.

Après le régime permanent, le régime transitoire a été simulé. Des données nombreuses, mais très hétérogènes et inégales, étaient disponibles sur la piézométrie de 1870 à 1969, et la simulation s'est

(*) Une simulation en régime permanent sur modèle mathématique demande moins de 3 mn de 360-40 (moins de 50 F), impression des résultats comprise, et 55 mn pour la simulation en régime transitoire de cent années avec stockage des résultats de trois mois en trois mois.

14/ Aquifère C_1 . Pressions simulées après ajustement (modèle mathématique) / Aquifer C_1 . Simulated pressures after adjustment (mathematic model).

15/ Aquifère C_2 . Conditions aux limites après ajustement (modèle mathématique) / Aquifer C_2 . Boundary conditions after adjustment (mathematic model).

appuyée sur cet historique connu pour obtenir un bon ajustement du modèle à la réalité. Un très gros travail de dépouillement des archives a été nécessaire pour mettre en forme l'information disponible.

Le transitoire dure, en fait, très peu de temps, un à deux ans au maximum du fait de la drainance. La conséquence pratique est importante, car il est possible désormais de travailler sur le multicouche de deux façons différentes, pour prévoir le comportement des nappes soumises à de nouveaux prélèvements. Si l'on dispose d'hypothèses schématiques sur les débits nouveaux qui seront prélevés, on peut se contenter d'utiliser le modèle permanent, qui fournit donc les résultats en trois minutes d'ordinateur.

Si, par contre, l'historique futur des prélèvements est relativement bien connu, on peut obtenir davantage de précision en utilisant le modèle transitoire. Les résultats sont donc obtenus et stockés sur disque au rythme de cinq minutes et demie pour dix ans.

13/ Aquifère S_2 . Piézométrie simulée avant ajustement (modèle mathématique) / Aquifer S_2 . Simulated piezometer observation before adjustment (mathematic model).

16/ Aquifère C_2 . Piézométrie simulée après ajustement (modèle mathématique) / Aquifer C_2 . Simulated piezometer observation after adjustment (mathematic model).

17/ Aquifère S_1 . Pressions relevées après ajustement (modèle mathématique) / Aquifer S_1 . Observed pressures after adjustment (mathematic model).

18/ Aquifère S_2 (modèle mathématique) / Aquifer S_2 (mathematic model).

Dès à présent, on peut donc dire que l'outil mis au point est très souple, rustique, et à bon marché.

Développement et contrôle.

Une seconde action concertée relative aux traceurs isotopiques naturels et sous la responsabilité scientifique de P. Lévêque(*) est actuellement en cours en Aquitaine et a déjà fourni un certain nombre d'informations intéressantes. Les traceurs utilisés sont essentiellement le carbone 14 et le tritium. Pour un ensemble sédimentaire aussi épais, le carbone 14 est le plus utile, en raison de sa période de 5 760 ans.

Normalement, dans un monocouche, l'eau chargée en carbone 14, qui s'infiltré aux affleurements, doit perdre son activité au fur et à mesure qu'elle avance vers les exutoires. On devrait donc, toutes choses égales par ailleurs, si les sables constituaient un monocouche, observer une décroissance régulière de l'activité en carbone 14 des affleurements aux exutoires.

(*) I.G.B.A.

19/ Aquifère S_2 . Perméabilités de passage (transmissivité verticale) (modèle mathématique).
Aquifer S_2 . Transfer permeabilities (vertical transmissivity) (mathematic model).

En fait, on observe bien une telle décroissance normale près des affleurements mais, dans les secteurs où la drainance joue et alimente verticalement depuis la surface les nappes profondes, on observe des anomalies de rajeunissement apparent que l'on explique logiquement par drainance, de façon cohérente avec le modèle précédent.

Le développement de cette technique à partir du multicouche de l'Aquitaine est actuellement en cours et cette méthodologie pourrait confirmer, par une méthode totalement indépendante de l'hydrodynamique, les secteurs de drainance.

D'autre part, de façon à ne pas faire reposer le succès de la gestion des ressources en eau sur les seuls modèles construits, une campagne de prospection électrique serrée a été réalisée sur toute la côte atlantique et sur la côte de la Gironde depuis le Verdon jusqu'à Cazaux et du Verdon aux environs de Bordeaux.

Cette campagne semble confirmer l'influence des vallées flandriennes,

20/ Aquifère S₂. Piézométrie simulée après ajustement (modèle mathématique).

Aquifer S₂. Simulated piezometer observation after adjustment (mathematic model).

21/ Aquifère S₁. Pressions simulées avec un débit extrait double par rapport au débit actuel (modèle mathématique).

Aquifer S₁. Simulated pressures for the pump discharge at twice the present rate (mathematic model).

qui polluent verticalement les nappes profondes à partir de leur salée. D'autre part, dans le nord du Médoc, le biseau d'invasion apparaît très nettement et la caractéristique de cette invasion repose sur le fait que la pollution vient, suivant les cas, de la profondeur, à partir des exutoires de l'éocène sous la Gironde, ou de la surface, lorsque les vallées perméables de surface, connectées avec la Gironde, peuvent injecter verticalement de l'eau salée.

L'objectif de cette campagne de géophysique est de fournir une photographie actuelle, donc de permettre le contrôle progressif de la pollution de l'eau douce par l'eau salée, à partir de campagnes futures localisées aux alentours des points de prélèvements les plus importants. Elle constitue donc une référence de premier ordre.

Conclusion

La synthèse entreprise sur les ressources en eau du nord de l'Aquitaine occidentale s'appuie sur un faisceau d'informations concordantes, issues de techniques distinctes et indépendantes, telles que l'hydrodynamique, la géologie, la géochimie, la géophysique et les isotopes radioactifs.

Ces informations disent qu'il n'existe pas de distinction entre eaux superficielles et eaux souterraines, dès que l'on examine un vaste ensemble sédimentaire composé d'un « entrelardage » d'horizons perméables et imperméables.

La sensibilité de la piézométrie des modèles cons-

truits aux hypothèses affectant la structure même de la drainance, constitue, indépendamment des preuves physiques de l'hydrodynamique, de la géochimie, de la géophysique ou des isotopes radioactifs, une confirmation que la filtration verticale de l'eau à partir de la surface constitue un facteur d'alimentation aussi puissant que la seule infiltra-

tion sur les affleurements des niveaux perméables.

Enfin la mise en œuvre des modèles a montré que le travail le plus utile n'avait pas été la simplification de structure apportée aux coupes de base, mais bien le travail géologique et hydrogéologique initial le plus fin, que les outils valorisent en permettant leur utilisation aussi complète que possible.

Discussion

Président : M. A. HOPEURT

M. EMSELLEM expose sa communication en rappelant que les études qu'elle résume constituent un travail d'équipe.

M. le Président remercie M. EMSELLEM et ouvre la discussion.

M. LEVEQUE souligne la finesse des investigations sur le terrain — que permettent les moyens modernes et en particulier, les ressources de la géochimie (avec ou sans utilisation de traceurs artificiels).

Ceci est confirmé par M. EMSELLEM qui déclare : « Jusqu'à ce jour, les recherches extrêmement fines qu'il était possible de faire sur le plan géologique risquaient de ne pouvoir être prises en compte dans les études de nappes aquifères. Or, nous avons constaté que le modèle que nous venons de présenter permet d'utiliser les détails les plus fins

que les investigations géologiques modernes permettent de déceler. »

M. le Président remercie M. EMSELLEM d'apporter une confirmation à la position qu'il a prise dans son exposé au début de cette séance. Il convient de suivre l'exemple donné par les pétroliers dont certaines études sédimentologiques — celle du champ d'Hassi-Messaoud, notamment — sont poussées jusqu'à la recherche d'hétérogénéités « d'ordre centimétrique ».

Tout en s'associant aux opinions qui viennent d'être exprimées, M. MOUSSIÉ (Centre d'Hydrogéologie de la Faculté des Sciences de Bordeaux) remarque que l'analyse extrêmement fine du contexte sédimentaire doit être suivie d'une synthèse, permettant une vue d'ensemble suffisamment claire.

Le Président clôt la discussion.

Abstract

A synthesis of investigations into the multi-layer system of Tertiary aquifers in northern Aquitaine

The province of Aquitaine contains very abundant water supplies which are only being tapped very locally. Moreover, as it is bounded by the shores of the Gironde estuary and the Atlantic coast, salt water encroaches inland right up to the vicinity of the tapping points.

This synthesis is the result of teamwork which, by geological, geophysical and hydrodynamics research and the use of natural radioactive tracers, has shown that in tapping these ground water resources, one cannot consider each aquifer separately even where the local formations between them are relatively impervious. It was necessary to consider the whole sedimentary mass if one was to reliably estimate the effects of pumping on the aquifers and the accompanying risks of salt water contamination of the ground water. And lastly, the separation between surface and ground water no longer has any physical meaning at that scale.

In its concrete form, the synthesis is provided by mathematical and multi-layer analogue models representing all the Tertiary aquifers and impervious formations between them north of the Western Aquitaine region, covering a total area of some 15,000 sq.kms.