

Société belge de Géologie	Centenaire 1987	Volume hors série
Belgische Vereniging voor Geologie	Eeuwfeest 1987	Boekdeel buiten reeks

## HYDROGEOLOGIE : APERÇU HISTORIQUE

par W. LOY (\*)

RESUME - L'homme intervient de manière différente dans le cycle hydrologique en fonction de sa situation géographique et de l'importance de sa consommation. Les théories sur l'origine des eaux souterraines et les méthodes de les prélever sont passés en revue depuis les temps avant notre ère au Moyen-Orient, en Grèce, chez les Romains, à la Renaissance et pendant les temps modernes. Ainsi on peut constater que la technique de la prise d'eau souterraine s'est développée bien avant l'activité scientifique sur ce sujet. Cette même technique a amené une surexploitation des nappes aquifères créant le déstockage et la pollution. Une législation et gestion adéquate s'avère nécessaires.

KORTE INHOUD - Hydrogeologie : historisch overzicht.

In functie van de nodige hoeveelheid water en van zijn woonplaats grijpt de mens in op een bepaalde plaats in de hydrologische cyclus. De theorie over de oorsprong van grondwater en de methoden om dit grondwater te winnen worden overlopen vanaf de Oudheid tot op de dag van heden. Vastgesteld wordt dat de techniek van de watervang zich ontwikkelde vooraleer de wetenschap zich met grondwater inliet. Diezelfde techniek heeft roofofbouw van de waterlagen als gevolg die op zijn beurt destockage en bevulling veroorzaken. Een doeltreffend beheer en wetgeving dringen zich op.

ABSTRACT - Hydrogeology : historical review.

According to the necessary quantity of water and of his dwelling, men intervene in a certain stadium of the hydrological cycle. The theories on the origin of groundwater and the methods to recover it are mentioned from ancient times onwards up to the present time. The technique of waterworks has developed before science was interested in this field.

The same techniques cause mining of groundwater which leads to destockage and pollution of the aquifers. An adequate management and legislation are highly needed.

Oublions un moment, à l'occasion de ce centenaire, toutes les données et calculs et retraçons plutôt en résumé le chemin suivi par l'hydrogéologie... Depuis son existence, l'homme est toujours intervenu à des niveaux divers dans le cycle hydrologique afin d'obtenir la quantité nécessaire d'eau potable. Cette quantité est au minimum deux litres d'eau douce par jour pour subsister, mais une fois placé dans la civilisation moderne, l'homme en utilise au moins cent fois plus.

Cette intervention dans le cycle se faisait, et se fait toujours, au stade où il rencontre un minimum de difficultés techniques ou financières. L'Australien puise l'eau stagnante d'un pot-hole, l'Esquimau laisse fondre de la glace et, dans les régions plus tempérées, l'eau est prélevée des rivières. Quand l'eau de surface est devenue trop polluée, et malgré l'importance de cette réserve, le choix s'est restreint et on s'est tourné vers la source, qui est devenue le centre social de la communauté.

(\*) K.U. Leuven - Redingenstraat 16 - 3000 LEUVEN

Lorsque l'homme a voulu disposer de quantités plus grandes, il est intervenu dans un stade où l'écoulement se fait plus lentement : l'eau souterraine. Mais ici aussi, les réserves sont loin d'être inépuisables et en plus dans certains cas de qualité douteuse. On en revient au même problème de pollution que précédemment avec toutefois de meilleures connaissances techniques dans une situation plus polluée. Dans certaines régions, le manque d'eau douce est lié à un excès de consommation et de pollution, le tout pouvant être accentuée par une insuffisance de précipitations. C'est pourquoi l'homme intervient de nouveau à un autre endroit du cycle : il veut dessaler l'eau de mer. Solution financièrement fort onéreuse mais indispensable dans certaines régions du monde aussi bien par l'isolement dans les zones arides que par l'isolement politique (p.e. Guantanamo).

L'eau de surface a toujours été mieux connue que l'eau souterraine. Cette dernière a toujours été entourée d'une auréole mystérieuse qui survit encore au travers des sourciers. Psychologiquement, on investira plutôt dans un élément facile à observer - l'eau de surface - que dans l'eau souterraine moins connue et moins accessible. Les frais de forage et de pompages entravent inconsciemment l'exploitation de l'eau souterraine, malgré un prix de revient de l'eau de surface dix fois plus élevé que celui de l'eau souterraine. En plus, il suffit d'un été sec (par exemple 1976) pour démontrer que l'abondance en eau de surface est très relative.

Dire que l'hydrogéologie est aussi ancienne que la civilisation serait un peu exagéré mais citons quand même les faits historiques suivants :

Abstraction faite de plusieurs passages dans la Bible où des problèmes d'eau sont mentionnés, c'est environ au 7<sup>e</sup> millénaire avant J.C. que les premiers drainages souterrains (kanats) ont été réalisés au Moyen-Orient. Depuis lors, les villes de Téhéran (et de Marrakesh) sont toujours approvisionnées au moyen de kanats. Hammurabi (1800 avant J.C.) édicta une législation adéquate dans laquelle la priorité de l'utilisation de l'eau était comme suit : d'abord l'approvisionnement de la population et du cheptel, ensuite l'eau ménagère, puis l'eau pour l'irrigation et en dernier lieu, la navigation. La peine de mort était prévue pour toute infraction à cette loi. L'eau souterraine était aussi connue en Egypte comme le prouve le puits de Joseph situé près du Caire. Ce puits, datant du 17<sup>e</sup> siècle avant J.C., avait une profondeur d'environ cent mètres.

Thalès de Milet, éduqué en Egypte et en Mésopotamie au 6<sup>e</sup> siècle avant J.C., prétendait que l'eau était la matière première, l'archée, de tous les autres éléments. En effet, il avait déjà constaté que l'eau pouvait se présenter à l'état solide, gazeux et liquide. Platon prétendait, au 4<sup>e</sup> siècle avant J.C., que l'eau de mer se distillait dans le sous-sol et, ainsi épurée, revenait à la surface. Cette théorie était reprise plus

tard par Kepler (1571-1630) et Descartes (1596-1650). Aristote (384-322 avant J.C.) écrivait que l'eau de source provenait de la condensation de l'eau dans les cavités froides souterraines. Cette hypothèse, reprise en 1877 par Volger, fut poussée à l'extrême : toute eau souterraine était due à la condensation !

Plinius l'Ancien (23-79 après J.C.) connaissait déjà le phénomène de la géothermie et la relation entre la composition chimique de l'eau souterraine et la composition minéralogique des formations géologiques ("Tales sunt aquae qualis terra per quam flunt"). Le deuxième romain qui se distinguera dans l'hydrologie était Vitruvius, ingénieur-architecte sous J. César de 50 à 25 avant J.C. Il émit l'hypothèse de l'infiltration de l'eau des rivières. Ceci signifiait un progrès énorme dans l'hydrologie mais depuis lors, les connaissances stagnaient jusqu'à la fin de la Renaissance. Abstraction faite des connaissances hydrostatiques d'Archimède, les textes classiques démontrent clairement que ni les Grecs, ni les Romains n'avaient une connaissance élémentaire des principes de l'hydrodynamique !

Leonardo da Vinci (15<sup>e</sup> siècle) s'occupait de quelques aspects hydrologiques quand il observa que certains synclinaux dans les Alpes étaient plus perméables que d'autres. D'après Agricola (1549), l'eau souterraine provenait de la condensation des vapeurs ascendantes et de l'infiltration de l'eau de pluie.

L'hypothèse proposée par Vitruvius était reprise par B. Palissy (1510-1590), P. Perrault (1608-1680) et Mariotte (1620-1684). Pour la première fois, des données quantitatives et qualitatives sur l'hydrogéologie étaient rassemblées. Perrault observa e.a. la relation entre la pluviométrie et le débit de la Seine dans le bassin hydrographique de son cours supérieur. Perrault étant juriste, était probablement stimulé dans cette recherche par C. Huygens qui résidait à Paris. Perrault décrit ses expérimentations dans son livre "L'origine des Fontaines" publié en 1674 et dédié d'ailleurs à C. Huygens. Pour annuler une légende : ce n'est pas P. Perrault qui est l'auteur des contes mais bien son frère cadet Charles.

C'est W. Smith (1779-1839) et J. Paramelle (1790-1875) qui introduisirent définitivement l'hydrogéologie dans les milieux scientifiques, quoique la dénomination "eau souterraine" ait été encore relativement peu connue. Comment d'ailleurs peut-on expliquer qu'en 1849 un juge anglais se prononçât comme suit lors d'une discussion relative à une pollution d'un puits d'eau : "the laws of the existence and progress of percolating water cannot be known or regulated. It rises to great heights and moves collaterally by influences beyond our apprehension. These influences are so secret, changeable and uncontrollable that we cannot subject them to the regulations of law nor build them a system of rules". Entretemps, A. Dumont écrivait en 1851 une "Note sur l'application de la géologie à la recherche d'eaux souterraines"...

A peine sept ans après cette décision du juge en Angleterre, Henry Darcy (1803-1858) établit en 1856 expérimentalement

la base de la géo-hydrologie quantitative et de l'hydraulique. La loi de Darcy dit que la vitesse de l'eau, et donc le débit par unité de section, sont proportionnels au gradient et à un coefficient de perméabilité. Aussi en 1856 le premier livre sur l'eau souterraine s.s. était édité sous le titre "L'art de découvrir les sources" et avait comme auteur J. Paramelle (1790-1875). Le mot hydrogéologie n'était pas encore en usage et Paramelle s'appelait lui-même un hydroscope. En outre, le livre de J. Dumas "La science des fontaines" parut en 1856. La loi de Darcy fut appliquée par J. Dupuit (1804-1866) sur les puits d'eau et plus tard adaptée par G. Thiem afin de déterminer les caractéristiques des nappes aquifères.

On est tenté de croire que, jusqu'en 1861, les Américains ne connaissaient rien des eaux souterraines puisque de nouveau un juge se prononça dans l'Ohio comme suit : "ground water as too secret and occult to be adjudicated by law". Ce point de vue a été annulé par la "Haute Cour" de cet Etat le 31 décembre 1984...

Daubré écrivait en 1887 : "qu'une classification rationnelle des mécanismes de la circulation des eaux souterraines est très difficile, surtout si l'on tient compte de l'impuissance où se trouve l'observateur de suivre ces dispositions jusqu'à une grande profondeur". La situation changea et l'eau souterraine va jouer un rôle important dans le cadre de "United States Geological Survey" fondé en 1879. En effet, le "Groundwater Survey", créé en 1890, avait pour but de gérer les ressources d'eau souterraine d'une façon efficace en tenant compte des intérêts partiels comme l'agriculture et les voies d'eau. A. Hazen, C. Slichter et O. Meinzer sont ici les grands noms.

En 1910, Van Den Broeck, Martel et Rahir publièrent le livre sur "Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique", en deux volumes : "Les calcaires dévoniens du bassin de Dinant" et "Les calcaires carbonifériens du bassin de Dinant et coup d'oeil sur le bassin de Namur" et quel coup d'oeil ! Ceci sans disposer des techniques modernes de recherche.

Beaucoup de savants belges ont contribué au développement de l'hydrogéologie. On peut citer e.a. d'Andrimont et Delecourt pour n'en citer que deux d'une série de personnes dont l'apport à cette sciences est si important qu'ils méritent d'être traités dans une communication ultérieure.

L'américain Theis fixa en 1935 le principe de l'hydraulique souterraine démontrant la relation entre le débit, le rabattement et le temps lors d'un pompage. Grâce à l'étude de Theis, il est possible de déterminer certaines caractéristiques hydrologiques de la nappe aquifère en fonction du temps. Cette étude adaptée par e.a. C. Jacob, rendit possible une gestion de l'eau souterraine.

En 1958, les modèles analogues apparaissaient (Santing, Karplus). La circulation de l'eau souterraine est simulée en se basant sur l'analogie entre celle-ci et certains principes de l'électricité ou de

la diffusion de la chaleur.

La dernière étape vers la situation actuelle est l'apparition des modèles mathématiques (+ 1968), ou la circulation de l'eau souterraine est décrite au moyen des comparaisons mathématiques qui sont résolues par ordinateur.

En résumé, on peut représenter l'hydrogéologie comme une science spéculative jusqu'en 1850. De 1850 jusqu'à 1950, comme une science descriptive et depuis 1950, comme une science exacte.

On observe donc que l'eau souterraine était déjà exploitée bien avant de comprendre son origine ou son comportement. Comme déjà mentionné, Vitruvius fut le premier à proposer une hypothèse exacte sur l'origine des eaux souterraines alors que l'on ne connaissait pratiquement rien sur la dynamique de ces eaux. Notre connaissance est le résultat de plusieurs millénaires de travaux publics, quelques siècles d'analyses scientifiques, quelques dizaines d'années d'expérimentations en laboratoire et à peine quelques années de calcul automatisé. L'hydrogéologie est en même temps le résultat d'une interaction continue entre plusieurs disciplines scientifiques et techniques. Le transfert de la connaissance de la géologie, de la géophysique, de la prospection et de l'hydraulique a comblé beaucoup de lacunes dans l'étude de l'hydrogéologie, phénomène classique dans le monde scientifique :

- on savait très peu sur le comportement de l'eau souterraine quand on construisait les kanats. On manipulait mieux la technique de creuser que la science ;

- en Belgique, l'exportation de l'eau minérale commença en 1583 tandis que la première publication de nature hydrogéologique parut plus de trois cents ans après. En 1887, Poskin publia "Les trous de mauvais air à Niverzè-Spa" ;

- suite à des épidémies de typhus et de choléra dans "les temps modernes", on décida de réaliser la distribution publique. Auparavant, on niait simplement le fait que l'eau était le moyen de transport par excellence pour certains virus et bactéries (typhus à Anvers en 1866, choléra à Hambourg en 1892). Quoique à ce propos, il faille mentionner que ce phénomène était déjà connu par les anciens. On sait que Cicéro conseilla à son esclave d'être très prudent quant à l'usage de l'eau lors d'un voyage. Il lui donna le conseil de boire l'eau de la source plutôt que celle de la distribution ;

- Theis était actif dans la thermodynamique quand il s'aperçut de l'analogie avec la dynamique de l'eau souterraine.

Aussi longtemps que la technique de la prise d'eau était limitée à la communauté agraire, l'eau demeurait aussi un élément de l'environnement. Les premières machines étaient des installations primitives pour pomper de l'eau. La distribution de l'eau était donc un premier pas dans la révolution industrielle. L'eau était devenue une matière première, une ressource. Dès l'application de cette technique de prélèvement d'une façon efficiente et à une échelle plus vaste, on commençait à parler théâtralement de

techniques de gestion et d'exploitation. Celles-ci avaient comme suite ironique le déséquilibre dans la nature causé par la surexploitation et la pollution. La surexploitation amène des conflits aussi bien sur le plan quantitatif (plusieurs conflits internationaux sont dus au manque d'eau) que sur le plan de l'environnement. La baisse du niveau de l'eau souterraine est la cause de la dégradation soit sous forme de subsidence (Tournaisis), d'infiltration (Campines) ou d'intrusion d'eau salée (région côtière). Pour y remédier, plusieurs techniques sont disponibles : infiltration artificielle, usage d'explosifs afin de créer des aquifères d'une façon artificielle, etc... Mais toutes ces techniques ne peuvent être appliquées partout d'une manière uniforme.

Ces situations qui sont sources de conflit, nécessitent la mise au point d'une législation ad hoc. Cette législation, conçue malheureusement de manière trop sectorielle, laisse encore subsister les problèmes globaux. Une législation plus sévère sur les déversement des eaux usées (normes sectorielles) avait comme suite immédiate que plus d'eau usée était infiltrée d'une façon camouflée dans les nappes. Les fuites d'hydro-carbures et la percolation des engrais liquides viennent encore aggraver la situation. Le sous-sol, si riche en toute sorte de minerais et de cavités, devient le dépotoir de tous les déchets possibles, ce qui constitue une négligence inacceptable. La note sera à payer dans un avenir proche. D'où la nécessité de la législation actuelle quant aux zones de protection des captages d'eau souterraine.

Entretemps des fautes énormes sont commises sur le plan technique que l'on croit dominer. Avouons que les Romains ont réalisé quelques aqueducs qui n'étaient pas fonctionnels mais ils sont moins en faute que l'homme moderne qui réalise une galerie au-dessus du niveau piezométrique de nappe, ou qui modifie un plan de secteur d'une façon malhonnête, ou qui réalise un égoût industriel qui ne peut pas être mis en service....

Tous ces faits doivent nous inquiéter parce qu'on utilise une science naturelle qui ne peut pas être approchée par une étude théorique mais bien en contact étroit avec la nature, comme démontré par l'histoire. En plus, ceci doit aller de pair avec une dose de bon sens car nous savons que tous les phénomènes ne peuvent être exprimés par une formule.

Par ces constatations, on peut conclure que l'hydrogéologie est aussi bien une science qu'une technique avec comme objet  $H_2O$  : presque d'une simplicité désarmante au point de vue chimique mais dont le remplacement est impossible. Pensons à ce propos que de nos jours, il existe encore des régions où on ne compte pas les années "avant ou après J.C." ou "avant ou après Mohamed" mais "avant ou après le puits d'eau". En outre, cette combinaison de  $H_2O$  possède tant de caractéristiques bizarres en guise d'auto-protection de sorte que l'humanité pourra l'exploiter encore pendant un temps il-

limité à condition de ne pas trop la maltraiter.

Parlant d'autoprotection, je voudrais attirer votre attention bienveillante sur le fait que la densité maximale de l'eau se trouve à la température + 3,98°C. Supposez un moment que ce ne soit pas le cas et que la densité soit plus élevée que 0°C comme découlant de la logique.

#### BIBLIOGRAPHIE

PARAMELLE (1886) - L'art de découvrir les sources. 3ème Edition. *Libr. polytechn. Baudry et Cie, Ed.*

ADAMS, F.D. (1954) - The birth and development of the geological sciences. *Dover publ. N.Y.*

MARGAT, J. s.d. - Les trois stades de l'économie de l'eau (copie sans références).

... et beaucoup d'autres informations écrites ou orales de la part de personnes qui oeuvrent dans cette science fascinante qu'est la géologie et dont les informations, si aimablement fournies, seront reproduites dans une communication ultérieure traitant l'histoire de l'hydrogéologie en Belgique.