

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 81 (1955)
Heft: 5

Artikel: Procédé moderne de captage d'eau souterraine
Autor: Fehlmann, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-61328>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les quinze jours

Abonnements :
Suisse : 1 an, 24 francs
Etranger : 28 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Prix du numéro : Fr. 1.40
Ch. post. « Bulletin technique de la Suisse romande »
N° II 87 75, à Lausanne.
Expédition
Imprimerie « La Concorde »
Terreaux 31 — Lausanne.
Rédaction
e éditions de la S. A. du
Bulletin technique (tirés à
part), Case Chauderon 475
Administration générale
Ch. de Rosneck 6 Lausanne

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des Anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

Comité de patronage — Président : R. Neeser, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. Epitoux, architecte, à Lausanne ; Secrétaire : J. Calame, ingénieur, à Genève — Membres, Fribourg : MM. P. Joye, professeur ; † E. Lateltin, architecte — Vaud : MM. F. Chenaux, ingénieur ; A. Chevalley, ingénieur ; E. d'Okolski, architecte ; Ch. Thévenaz, architecte — Genève : MM. † L. Archinard, ingénieur ; Cl. Grosgrin, architecte ; E. Martin, architecte — Neuchâtel : MM. J. Béguin, architecte ; R. Guye, ingénieur — Valais : MM. J. Dubuis, ingénieur ; Burgener, D. architecte.

Rédaction : D. Bonnard, ingénieur. Case postale Chauderon 475, Lausanne.

Conseil d'administration
de la Société anonyme du Bulletin technique : A. Stucky, ingénieur, président ;
M. Bridel ; G. Epitoux, architecte ; R. Neeser, ingénieur.

Tarif des annonces

1/1 page	Fr. 264.—
1/2 »	» 134.40
1/4 »	» 67.20
1/8 »	» 33.60

Annonces Suisses S. A.
(ASSA)



Place Bel-Air 2. Tél. 22 33 26
Lausanne et succursales

SOMMAIRE : *Procédé moderne de captage d'eau souterraine.* Note communiquée par le D^r h. c. H. FEHLMANN. — Société suisse des ingénieurs et des architectes (Groupe des ingénieurs de l'industrie) : *La formation post scolaire de l'ingénieur.* — Formation et organisation professionnelles : *Registre suisse des Ingénieurs, des Architectes et des Techniciens.* — LES CONGRÈS : *Quatrième congrès de l'Union internationale des architectes.* — Société vaudoise des ingénieurs et des architectes : *Assemblée générale annuelle.* — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION GÉNÉRALE. — DOCUMENTATION DU BATIMENT. — NOUVEAUTÉS, INFORMATION DIVERSES.

PROCÉDÉ MODERNE DE CAPTAGE D'EAU SOUTERRAINE

Note communiquée par le D^r h. c. H. FEHLMANN ¹

I. Procédé classique de captage d'eau souterraine

Dans le procédé classique de captage d'eau par puits filtrant (diamètre 300 à 2000 mm), le cuvelage métallique utilisé pour le forage est retiré après la mise en place en son centre d'un tuyau perforé et après avoir comblé l'espace intermédiaire avec du gravier. Le bon fonctionnement de ce dispositif dépend du choix de ce dernier et de la vitesse d'entrée de l'eau.

De tels puits ont une capacité limitée ; aux gros débits doivent correspondre de grands diamètres, d'où des installations coûteuses et des risques d'ensablement. Le fonctionnement n'est satisfaisant d'autre part qu'en cas de couches aquifères d'une certaine importance. Enfin, la protection des eaux ainsi captées contre la pollution par les eaux superficielles pouvant s'infiltrer le long du puits est rendue dans certains cas fort difficile.

Ces constatations ont conduit à rechercher d'autres systèmes de captage, moins coûteux, d'une exploitation plus économique et mieux adaptés aux exigences toujours croissantes de la consommation.

On en vint à préconiser le pompage de l'eau dans des puits collecteurs, alimentés eux-mêmes par des canalisations ou galeries horizontales². Le procédé fut utilisé par l'ingénieur américain L. Ranney déjà avant

la seconde guerre mondiale ; il consiste à exécuter, à partir d'un puits central, des forages horizontaux servant de captages.

En Suisse, le premier captage horizontal fut construit pour la Ville de Berne, en 1947, selon un procédé nouveau, système Fehlmann, qui depuis fut appliqué avec succès à plus de 60 installations en service aujourd'hui en Europe.

II. Caractéristiques du système Fehlmann³

1. Puits central en béton

Le diamètre de ce puits doit être tel qu'il permette les opérations de forage, de retrait des cuvelages et de mise en place des tubes filtrants horizontaux ; d'autre part, son volume peut être conditionné par sa fonction même de puits collecteur. L'expérience acquise par les travaux exécutés en Suisse conduit généralement au choix d'un diamètre intérieur de 3,00 m et pour des

¹ L'auteur complète ici les résultats donnés dans un précédent article paru dans le *Bulletin Technique*, N° 15 - 29. 7. 1950 (Réd.).

² Dès l'antiquité déjà, (Perse, Syrie, Irak, Israël etc.) on exécuta des puits de grande profondeur, alimentés par des galeries horizontales.

³ Voir en outre les illustrations et commentaires déjà publiés dans le *Bulletin Technique* du 29. 7. 1950 (Réd.).

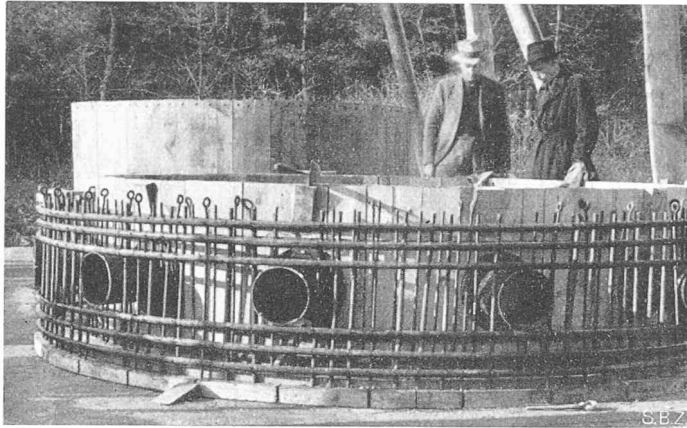


Fig. 2. — Segment de puits avec tubes de guidage.

profondeurs allant jusqu'à 20 m d'une paroi de 30 cm d'épaisseur.

Le fonçage à l'air comprimé n'est possible que jusqu'à une profondeur limitée et revient relativement cher ; il est remplacé actuellement par le fonçage au moyen de fluides thixotropes. Ce procédé s'est révélé avantageux dans les conditions les plus difficiles (sols argileux, limons, moraines, graviers avec blocs jusqu'à

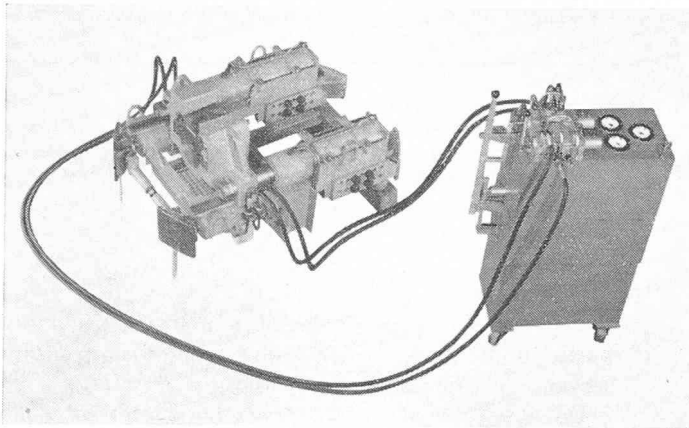


Fig. 3. — Presse de forage pour puits collecteur de petit diamètre.

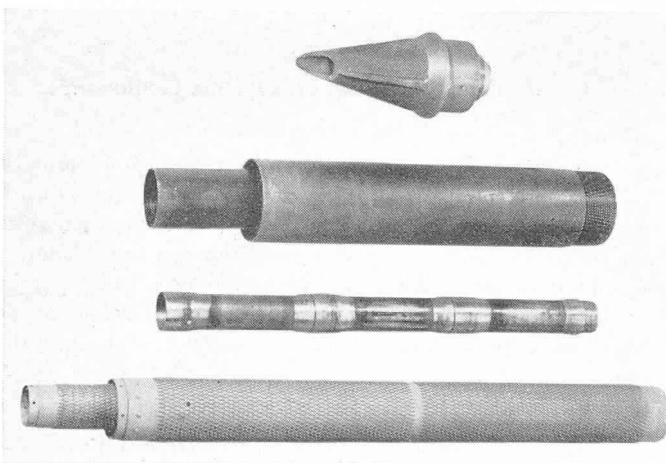


Fig. 4. — Élément-pilote télescopique, tube de forage, tube de purge et tube filtrant.

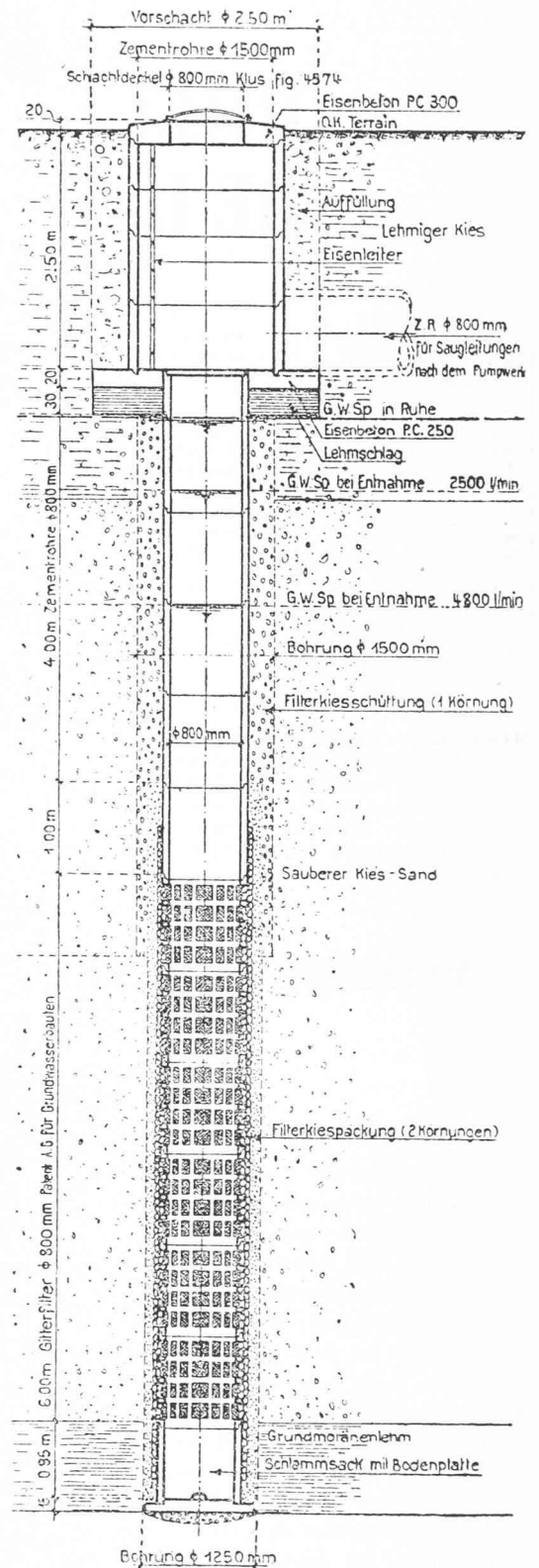


Fig. 1. — Puits filtrant vertical.

30 cm de diamètre). L'avance quotidienne pour des profondeurs de l'ordre de 20,0 m atteint 1,00 m et plus. La composition du fluide thixotrope est déterminante, ainsi que la forme et la disposition du couteau du puisard.

Dans le cas d'exploitation d'une couche aquifère de faible épaisseur à grande profondeur, on

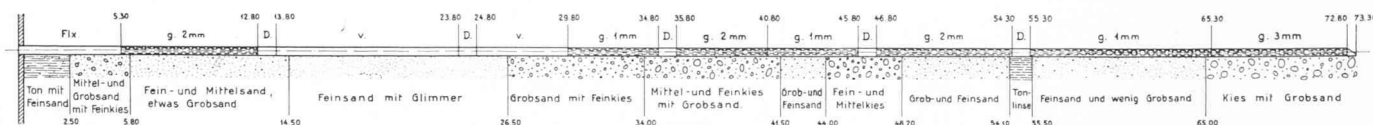


Fig. 5. — Captage Fehlmann au Niederrhein. Adaptation de la perforation des filtres à la granulométrie.

Légende. — Flx : tube flexible. — D. : dilatations. — v. : tubes à paroi pleine (\varnothing 225 mm). — g : tubes perforés (\varnothing 225 mm).
1- 3 mm = dimensions des fentes. — Matériel des tubes filtrants : cuivre.

peut avoir avantage à réduire le diamètre du puits à 1,60 m. Le système Fehlmann prévoit alors un appareillage spécial pour les forages horizontaux.

2. Forages horizontaux

La technique du forage horizontal consiste à introduire dans la couche aquifère, au moyen d'une presse hydraulique, un cuvelage plein en acier, muni à sa partie antérieure d'un tronçon pilote perforé. L'élément pilote reste en place et constitue la partie extrême du filtre après l'introduction du tube filtrant et le retrait du cuvelage (voir fig. 9).

La mise en place après coup du tube filtrant élimine le danger de voir une partie des orifices bouchés par des pierres lors de la pose.

Ce système, dérivé en fait de la technique du puits vertical, permet d'adapter la forme de l'élément pilote aux conditions de terrain et d'imprimer au cuvelage un mouvement de va-et-vient avantageux pour l'avancement du forage.

Les perforations des tubes filtrants du système Fehlmann couvrent de 20 % à 33 % de la surface totale. Ces tubes doivent être disposés peu au-dessus de la couche imperméable, de manière à conserver à l'installation sa plus grande capacité, même lors du niveau d'eau le plus bas.

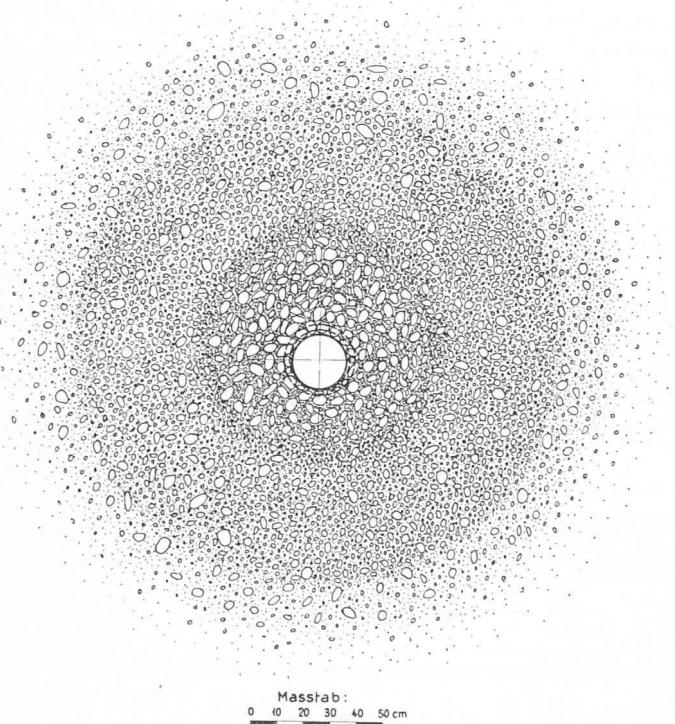


Fig. 6. — Forage horizontal. Tube filtrant avec couche de protection.

Les cuvelages en acier, soumis à de fortes sollicitations, résistent à l'usure et sont réutilisables; leur remplacement par des tubes filtrants faiblement sollicités est pour cette raison plus économique.

Le captage par procédé horizontal présente l'avantage essentiel de retenir au maximum les sables et les fines particules. En effet, les filtres n'étant mis en place qu'après l'exécution des forages, il est possible d'adapter les orifices à la grosseur des graviers et le choix judicieux du diamètre des orifices constitue la meilleure garantie pour obtenir une eau totalement dessablée.

3. Formation de la couche de protection et dessablage

L'entraînement de sable par les eaux captées diminue le rendement du puits et peut provoquer des affaissements du terrain. A cela s'ajoute l'inconvénient d'une usure exagérée des installations de pompage. Dans le procédé classique du puits vertical, on utilise actuellement des filtres dont les graviers ont une composition granulométrique variée; on admet que seules les particules d'un diamètre de 4 à 5 fois inférieur à celui du grain moyen du gravier filtrant peuvent s'écouler. Dans le procédé horizontal, la *couche filtrante* apparaît comme un résultat naturel du forage. La plus grande vitesse initiale d'écoulement dans l'élément pilote entraîne les sables, et les graviers plus gros retenus aux orifices forment une couche de protection annulaire, dont le diamètre dépend de la vitesse d'écoulement.

Le dessablage des forages est exécuté à la fin des travaux, lors de l'essai de pompage, en prenant soin de dessabler un seul tube à la fois. Sous la pression hydrostatique, l'eau s'écoule par les orifices du filtre, entraînant les sables contenus dans la couche de protection, dont l'efficacité augmente avec la porosité des graviers.

De cette purge résulte une graduation granulométrique de la couche de protection, qui peut être comparée au filtre de la solution verticale. Une couche de protection de 20 à 30 cm assure déjà une eau dessablée.

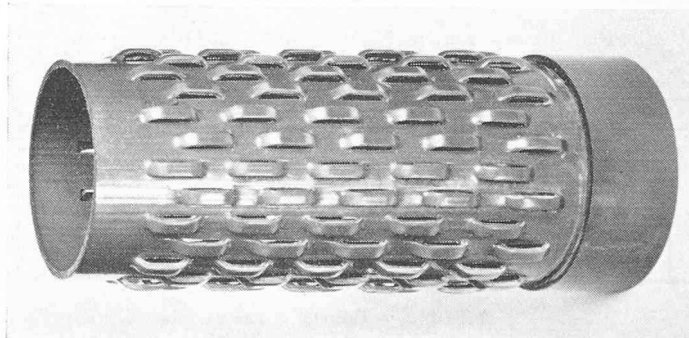


Fig. 7. — Tube filtrant en polyvinylchlorid (P.V.C.).

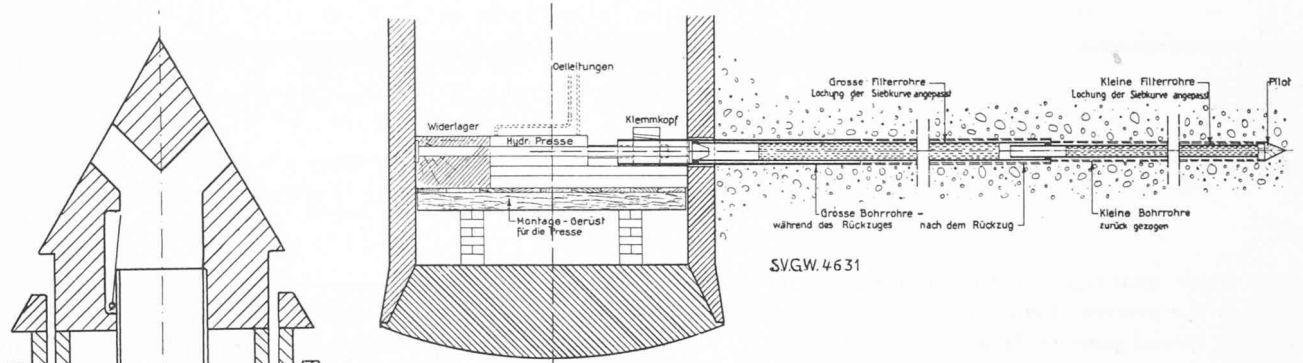


Fig. 8. — Schéma de l'élément-pilote télescopique.

Fig. 9. — Tubes de forage et tubes filtrants télescopés.

4. Protection des tubes filtrants contre la corrosion

Les tuyaux d'acier nus, même avec des parois de 10 mm d'épaisseur, ne sont pas suffisamment protégés contre la corrosion. On utilise de préférence des tuyaux de fonte ou d'acier soigneusement protégés (jute et bitume).

Dans le système Fehlmann, les tubes filtrants ne subissent pas d'usure par frottement, ce qui permet de les protéger par un traitement de surface, suffisant

dans la plupart des cas (galvanisation à chaud, revêtement de caoutchouc durci, laque à base de polyvinylechlorid — par exemple Amercoat). N'étant d'autre part soumis qu'à de faibles sollicitations mécaniques lors de la mise en place, les tubes filtrants peuvent être constitués de matériel léger. Dans les cas d'eau agressive, on peut utiliser de l'acier inoxydable (18 % Cr, 8 % Ni, 0,07 % C), du cuivre, du bois, du grès, du caoutchouc durci ou de la résine artificielle. Ces matériaux résistent à la corrosion et sont d'un prix abordable; l'épaisseur de 4 mm étant suffisante pour des diamètres de 200 à 300 mm, on les utilise de plus en plus dans l'exécution des tubes filtrants horizontaux.

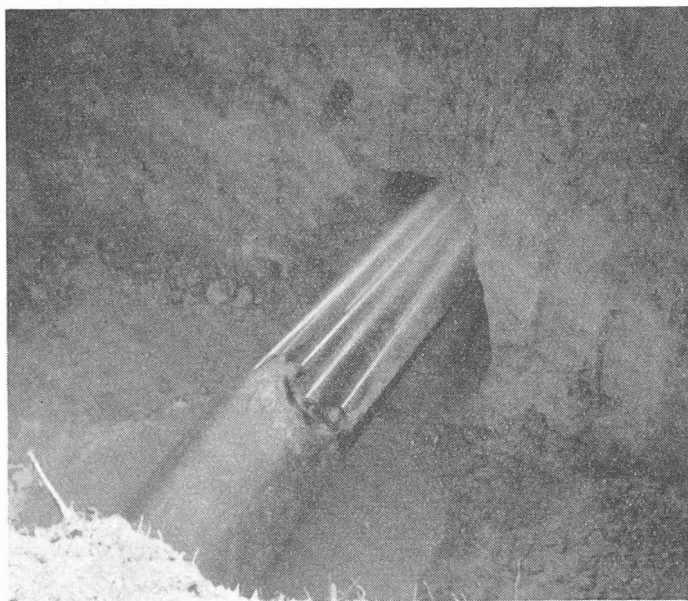


Fig. 10. — Forage à jet d'eau à haute pression.

5. Télescopage du couvage et des tubes filtrants

Le rendement augmentant avec la longueur des forages horizontaux, il s'avère avantageux d'exécuter de longs couvages. Ceci n'est possible que par un procédé télescopique d'introduction des éléments de couvage et par la suite des tubes filtrants. Grâce à ce procédé, il a été possible d'atteindre (en couches diluviales et alluviales) jusqu'à 111,0 m de longueur. Il est vraisemblable qu'on pourra même dépasser cette portée.

6. Forage par jet d'eau à haute pression

Lorsqu'il s'agit de traverser des couches limoneuses ou d'argile non aquifères, seul le forage par jet d'eau à haute pression est applicable. Les gicleurs sont disposés de telle sorte que les jets à haute pression sont dirigés en forme concentrique sur la couche à forer. Pour augmenter la capacité de purge, certains gicleurs sont dirigés vers l'arrière, entraînant les déblais de forages vers le puits.

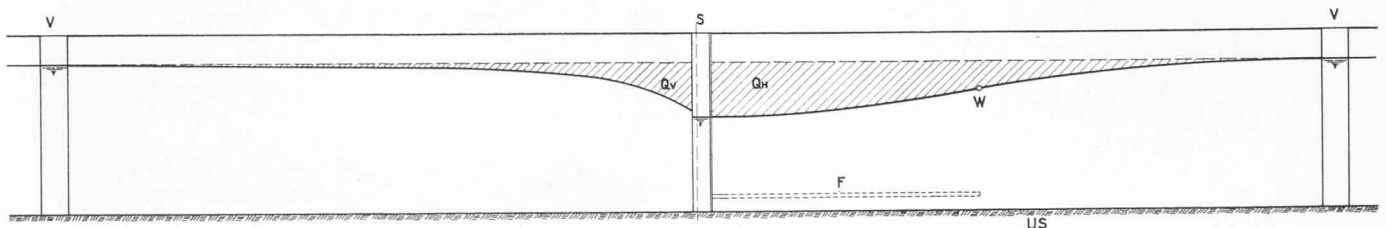


Fig. 11. — Courbe d'abaissement des captages verticaux (à gauche) et horizontaux (à droite).
Légende. — F : tube filtrant. — S : puits de captage. — US : couche imperméable. — V : niveau d'écoulement. — W : point d'inflexion. — Qv : volume de l'eau (captage vertical). — Qh : volume de l'eau (captage horizontal).

III. Domaines d'application

1. Couches minces, régions minières, eaux agressives, sables fins

Dans le cas de sols en couches minces, le captage vertical est d'un rendement insuffisant en raison de la surface d'entrée. La comparaison pour les deux types d'ouvrages des courbes d'abaissement de la nappe montre les avantages du captage horizontal, surtout dans les cas de gros débits. L'exploitation de couches aquifères de faible épaisseur (par exemple dans le Jura) a été rendue possible grâce au captage horizontal.

En outre, ce procédé permet de fixer son choix sur les couches aquifères de composition chimique, physique et bactériologique désirées.

Dans les régions minières, les tubes filtrants du système Fehlmann peuvent être équipés de joints de dilatation pour obvier aux inconvénients résultant de tassements du sol ou de sollicitations exagérées. Le raccord du tube filtrant au puits est exécuté au moyen d'un tube flexible.

En eaux agressives, le puits est protégé au moyen de produits appropriés. Suivant le degré d'agressivité, les tubes filtrants sont traités superficiellement ou fabriqués en matériaux non corrosifs. La durée d'une installation de système Fehlmann est de ce fait en général plus longue, dans le cas d'eaux agressives, en comparaison aux autres systèmes.

Dans des couches de sables fins, le captage par le procédé horizontal équipé de filtres spéciaux est le mieux approprié, en raison de la faible vitesse d'admis-

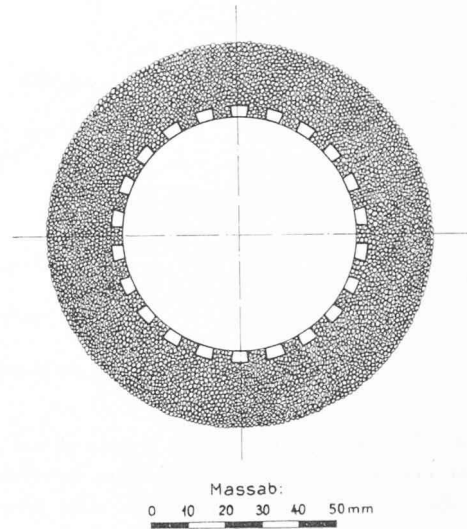


Fig. 12. — Filtre spécial en grain de quartz.

sion à l'entrée des filtres. Dans ce cas, les *filtres poreux au quartz* conviennent particulièrement bien, ainsi que l'ont montré les essais entrepris au Laboratoire de recherches hydrauliques de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich. Les tubes filtrants *Hagusta* et les filtres *Fink* (fabriqués en Italie) à garniture de sable paraissent convenir également; le corps du filtre est constitué par des grains de quartz bien calibrés, à forte teneur en silicate, dont l'agglomération par un procédé spécial atteint une grande solidité. La porosité est

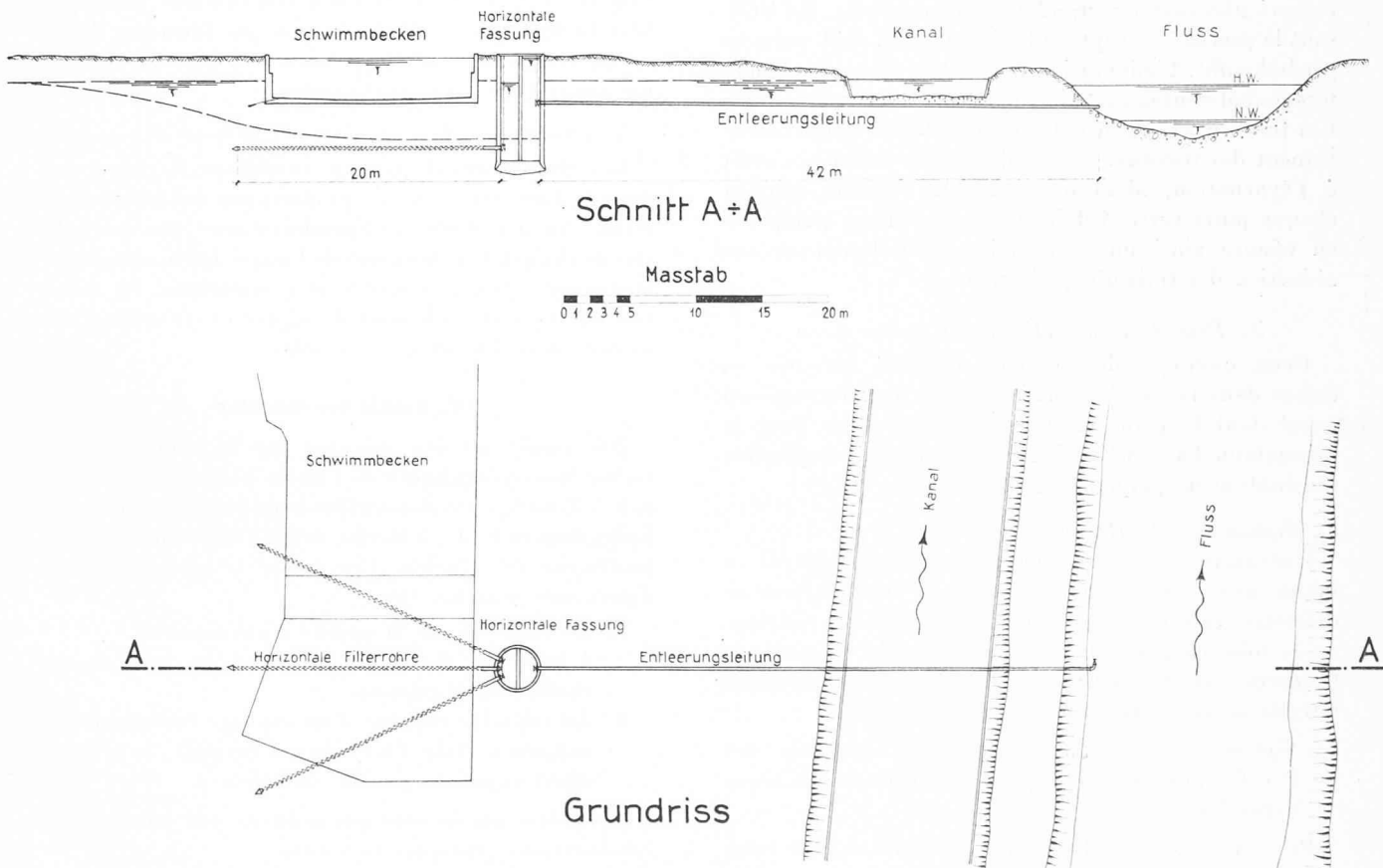


Fig. 13. — Abaissement de l'eau souterraine d'une piscine avec captage horizontal et forage pour la conduite d'écoulement.

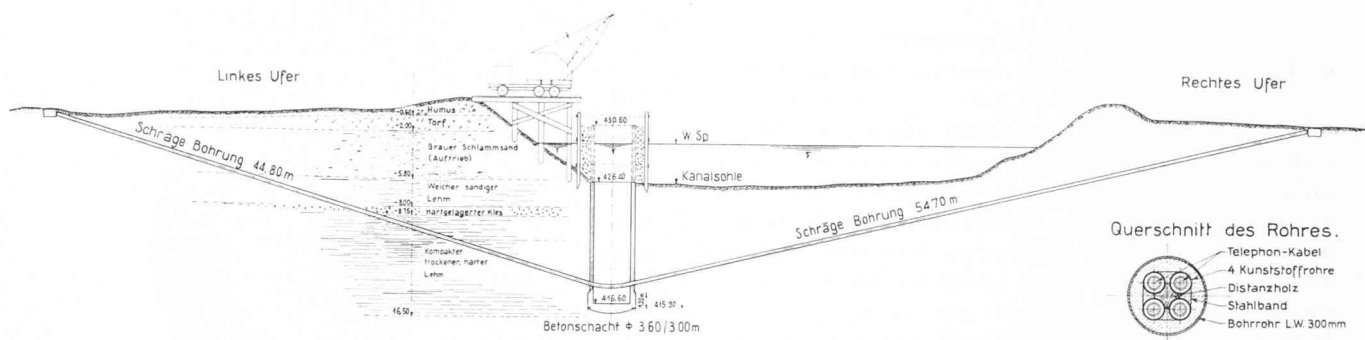


Fig. 14. — Passage du canal de la Thièle avec forages obliques à jet d'eau.

excellente, le corps du filtre reste souple et son élasticité peut être comparée à celle du filtre de céramique. (Parois de 15 à 25 mm d'épaisseur.) Les *filtres pré-fabriqués*, qu'on peut aussi utiliser pour les captages en couches de sable fin, se composent de tubes perforés emboîtés, entre lesquels on introduit soigneusement le gravier filtrant ; la couche filtrante (si possible grains de quartz calibrés) correspond ainsi à la garniture des filtres Hagusta et Fink. Après la mise en place du filtre, le cuvelage est retiré normalement. Les études concernant la constitution des tuyaux filtrants pour le captage de l'eau dans les sables fins sont encore en cours.

2. Abaissement de la nappe souterraine

L'abaissement des eaux souterraines pour travaux de fouilles est entrepris actuellement par pompage en puits verticaux ; la faible capacité d'évacuation de ceux-ci nécessite un grand nombre de puits. En utilisant le procédé de captage horizontal, un seul puits en général suffit. L'adaptation du système télescopique aux forages horizontaux est alors particulièrement favorable. Les tubes peuvent en outre être réutilisés après l'achèvement des travaux. Une seule pompe centrifuge suffit à l'évacuation, alors que dans le système courant chaque puits vertical doit être équipé d'une pompe. Il en résulte ainsi une économie d'installation et une réduction des frais d'exploitation.

3. Pose de canalisations sous cours d'eau

Deux ouvrages de ce genre ont été exécutés en Suisse dans le cas de canalisations à installer sous un canal dont le plan d'eau devait rester libre pour la navigation. La constitution des sols rendait impossible l'utilisation de palplanches (sables fins).

a) Siphon sous la Broje

Exécution sur la rive droite d'un puits central en béton, avec un forage horizontal de 160/190 mm de diamètre jusqu'à l'autre rive. Retrait du cuvelage après mise en place de la conduite isolée. Organes de fermeture et de contrôle dans les puits. Déviation latérale et verticale : quelques centimètres.

b) Siphon sous la Thièle (Direction générale des P.T.T. ; pose de câbles pour la liaison téléphonique Berne-Paris).

Puits de 3,0-3,6 m de diamètre installé dans le talus de la rivière pour des raisons économiques. Fonçage au moyen de fluides thixotropiques. Forages obliques à

partir de la base du puits. Cuvelages laissés en place comme protection des câbles soigneusement isolés. Déviation latérale : 80 cm pour une longueur totale de 55,0 m environ. Exécution des forages par procédé à jet d'eau dans couche de sable vaseux, limons, graviers fortement agglomérés et dépôts compacts de moraine argileuse.

4. Alimentation en eau de nappes souterraines

Grâce aux forages horizontaux, on peut procéder à l'alimentation de nappes souterraines selon un procédé souvent préférable à celui de l'arrosage ou de tranchées de drainage. On évite les dégâts aux cultures et il est possible d'acheminer les eaux de manière à tirer le meilleur parti de la nature et de la disposition des couches du sol pour la filtration. Il est possible en outre de mieux choisir la profondeur d'alimentation et de mieux régler le débit. Ce système permet en outre l'injection d'air dans les eaux souterraines pour faciliter la floculation et l'élimination par filtration du fer et du manganèse ; on peut aussi exécuter par eau ou air des rinçages des canalisations.

5. Drainage à flanc de coteau et captage de sources

Les glissements de terrain, tant dans les Alpes que dans le Jura, sont souvent produits par des infiltrations d'eau. Au lieu d'obtenir l'assainissement par des galeries de drainage, l'exécution de forages horizontaux présente une solution nouvelle et économique. Le même procédé permet également de capter et d'exploiter des sources dans les terrains en pente.

IV. Essais sur modèles

Des essais ont été exécutés par le Laboratoire de recherches hydrauliques de l'École polytechnique fédérale à Zurich, en collaboration avec la Société Travaux hydrauliques S. A., à Berne, sous la direction de M. le professeur Dr Haefeli. Ces essais se proposaient de déterminer (voir fig. 11) :

1. Le caractère de la courbe d'abaissement.
2. L'influence de la longueur et du nombre des drains sur la capacité.
3. La capacité relative d'un captage horizontal par rapport à celle d'un captage vertical ; la relation étant exprimée par un coefficient α .

Les essais qui ne sont pas achevés ont conduit aux constatations pratiques suivantes :

L'installation et les méthodes d'expérimentation ont été mises à l'épreuve par l'essai d'un captage en puits

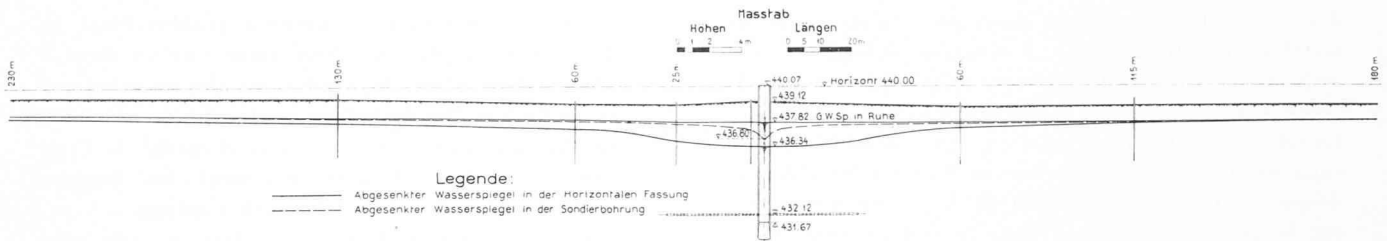


Fig. 15. — Captage horizontal dans le plateau suisse. Courbes d'abaissement.

vertical et les observations faites se sont révélées en accord avec les lois d'écoulements souterrains formulées par Dupuit.

Les essais sur modèle de captages horizontaux firent apparaître une *courbe d'abaissement* (profil de la nappe déprimée) plus allongée que celle du captage vertical ; le niveau des eaux souterraines s'abaisse beaucoup moins pour un volume d'eau soutiré plus important. La portée d'un captage horizontal s'accroît avec l'augmentation du nombre des filtres, jusqu'à une certaine limite.

La capacité est à peu près proportionnelle à la longueur des drains pour un même nombre de filtres. Elle augmente si l'on accroît le nombre des filtres, pour une longueur constante des drains. En pratique, il convient d'adapter le diamètre du tube filtrant à sa longueur.

Les essais de détermination de la capacité d'un captage horizontal ont montré que pour un abaissement donné et une valeur déterminée du coefficient de perméabilité k :

α est situé entre 2,1 et 8,2 pour un *nombre constant* et une *longueur variable* des tubes filtrants et

α est situé entre 3,5 et 8,2 pour un *nombre variable* et une *longueur constante* des tubes filtrants.

Ces données sont valables pour les conditions suivantes : couche aquifère homogène avec couche imperméable horizontale ; capacité d'absorption des tubes filtrants illimitée ; portée limitée par les dimensions du modèle ; filtres placés directement sur la couche imperméable.

V. Expériences de construction et d'exploitation

D'une manière générale, les essais de pompage ont montré que l'abaissement dans le puits est relativement faible, en particulier dans les couches aquifères du Plateau suisse. L'abaissement est un peu plus important dans les vallées du Jura (caillasse glaiseuse). Dans les petits graviers du Niederrhein par exemple, on a atteint des capacités de 33 000 l/min, pour un abais-

sement de 2,5 m. Au faible abaissement correspond une zone d'influence étendue.

Par essais de pompage, l'on a déterminé la capacité des captages horizontaux et l'on a pu la comparer à celles d'installations à puits vertical. A l'instar des mesures faites sur les modèles d'essai, on a déterminé le coefficient α . Dans 10 captages suisses du système Fehlmann, on a relevé les chiffres suivants (essais et calculs), pour un abaissement identique :

$\alpha = 3,0-6,5$ pour des couches aquifères du Plateau suisse.

$\alpha = 2,6-6,2$ pour des couches aquifères du Jura.

La correspondance avec les résultats obtenus lors des essais sur modèle n'est pas mauvaise.

Plus la vitesse d'admission est grande, plus s'accroît le danger d'ensablement. Il convient donc, sur la base des expériences acquises, de comparer les vitesses d'admission de captages verticaux et horizontaux ; la comparaison se réfère à la vitesse d'admission sur le pourtour du filtre. L'influence de la garniture de filtrage (vertical) et de la couche de protection (horizontal) sur la vitesse spécifique d'admission est à peu près la même. La vitesse moyenne d'admission — mesurée et calculée dans les installations de captages verticaux du Plateau suisse — atteint environ 12 mm/sec ; celle mesurée et calculée dans 20 installations de captages horizontaux, système Fehlmann, exécutés en Suisse, peut être fixée de 4-6 mm/sec.

La régénération des installations du système Fehlmann est simple, le dessablement pouvant avoir lieu par une purge à l'eau sous pression. Dans une installation exécutée en Allemagne, on a par exemple constaté un ensablement provenant de la perforation trop grande du filtre (5/25 mm) pour la composition granulométrique de la couche aquifère ; une fois dessablé, le captage a livré de l'eau absolument pure et sa capacité correspondit aux estimations.

L'incrustation (combinaison de chaux, de fer et de manganèse) est favorisée par l'emploi de tubes filtrants métalliques et par leur contact avec l'oxygène contenu

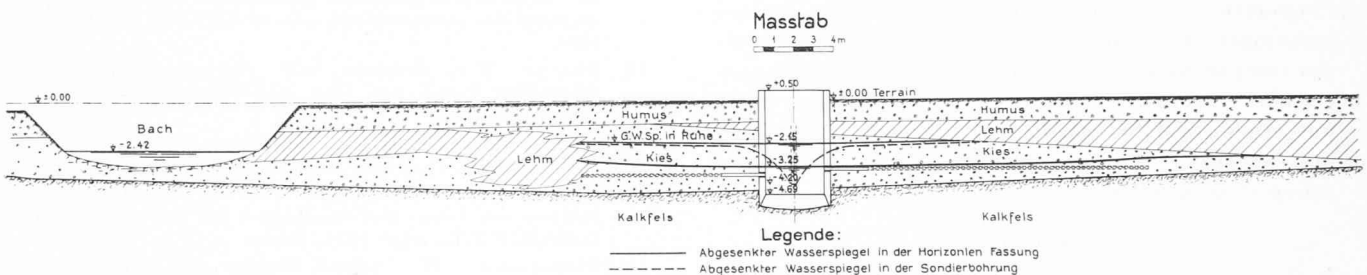


Fig. 16. — Captage horizontal dans le Jura. Courbes d'abaissement.

dans l'air. Ce danger est bien plus faible pour les installations du système horizontal puisqu'on peut utiliser des tubes filtrants non métalliques et que le contact avec l'air libre est impossible. On peut lutter toutefois contre l'incrustation, qui diminuerait la capacité d'un captage, en injectant de l'acide chlorhydrique. Dans le cas de dépôt de fer et de manganèse sur le gravier filtrant et dans la couche aquifère, il faut dégager les couches par pression d'air. C'est ainsi que furent traités en Allemagne en 1950 avec succès plus de 60 captages verticaux dont la production avait fortement baissé.

Le débit de chaque tube filtrant est réglable au moyen d'une vanne. Il est possible de remédier aux ensablements et à de légères incrustations par des rinçages en retour avec de l'eau sous pression, pendant les arrêts de service; on évite ce faisant le vieillissement prématuré des installations. L'introduction de nouveaux tubes filtrants télescopiques, sur divers horizons, permet d'augmenter en tout temps la capacité d'une installation du système Fehlmann; il est judicieux de prévoir dès le projet un nombre suffisant de tubes de guidage.

VI. Rentabilité

Particulièrement indiqué pour le captage de grands volumes d'eau, le système horizontal permet d'utiliser la plus grande partie de l'eau souterraine disponible. Dès que, avec le système classique, plusieurs puits filtrants deviennent nécessaires, on y substituera avantageusement le captage horizontal. C'est le cas également s'il s'agit de captages d'eau souterraine dans des couches aquifères minces. Le captage d'eau à grande profondeur peut être réalisé (système Fehlmann) avec un puits étroit dont le diamètre inférieur n'atteint que 1,60 m. Dans des conditions hydrologiques normales et pour un besoin en eau restreint, le puits filtrant vertical du type classique reste la solution. Les éléments intervenant favorablement dans le prix de revient d'une installation de type horizontal sont les suivants: économie dans la construction du puits collecteur à l'aide de fluides thixotropiques; frais d'exploitation plus bas en raison du besoin d'énergie plus faible (résistance de filtrage minime et courbe d'abaissement plus tendue); grande capacité permettant l'utilisation d'un petit nombre d'installations de pompage, au lieu d'un grand nombre de petites unités; suppression des conduites de siphonage; durée prolongée et frais d'entretien plus petits (puits collecteur en béton armé, filtres accessibles).

Le coût d'un captage dépend des conditions géologiques et hydrologiques de la couche aquifère, de l'importance du besoin en eau, ainsi que de facteurs techniques et économiques. Il convient donc d'éviter des comparaisons de prix sans procéder auparavant à certains travaux préliminaires et à des sondages. Seule une étude préalable soignée et approfondie donnera des éléments sûrs de comparaison, des frais d'exploitation et d'entretien.

Résumé

1. Le système moderne de captage par forages horizontaux permet d'obtenir une plus grande quantité

d'eau pour un prix de premier établissement et d'exploitation plus bas. Son usage conduit donc à une augmentation du rendement des installations de captage d'eau de nappes souterraines.

2. Les faibles valeurs de la vitesse d'entrée de l'eau dans les tubes filtrants atténuent les dangers d'ensablement des installations de captage.
3. Comme l'exécution du forage se fait avec un tube métallique résistant, retiré après l'opération, et que le procédé prévoit la mise en place, la fouille une fois exécutée, du tube filtrant, les perforations de ce dernier peuvent être choisies et dimensionnées convenablement en fonction de la granulométrie des sols aquifères.
4. Les tubes filtrants, n'étant aucunement sollicités par des opérations de creuse et de forage peuvent être constitués facilement en un matériau insensible à la corrosion.
5. Le système moderne à forages horizontaux présente à la fois les avantages du puits filtrant classique vertical et ceux des galeries de captage. C'est la raison pour laquelle son usage permet le captage rationnel des eaux dans toutes les couches aquifères, quelles que soient leur disposition.

BIBLIOGRAPHIE

1. BELLONI AMERIGO: *L'Acquedotto Milanese*, Milano, Hoepli 1952.
2. BIESKE ERICH: *Rohrbrunnen*, München 1953.
3. BOSSHARD E.: *Erfahrungen an vertikalen und horizontalen Wasserfassungen beim Stadtzürcherischen Grundwasserwerk Hardhof*, Bulletin mensuel des industries du gaz et des eaux, 1950, n° 5.
4. FEHLMANN H.: *Horizontale Bohrungen in Lockergesteinen*, Schweizerische Bauzeitung 1949, nos 23 et 24.
5. GUBELMANN H.: *Horizontale Filterfassungen*, Bulletin mensuel des industries du gaz et des eaux, 1948, n° 12.
6. H. FEHLMANN: *Recherche d'eau souterraine par captages horizontaux*, Bulletin technique de la Suisse romande, n° 15 du 29 juillet 1950.
7. HAEFELI und ZELLER: *Three-dimensional Seepage-tests with Viscous-Fluids*, Proceedings of the Third International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Switzerland 1953, Vol. I, p. 137. Mitt. VAW N° 26.
8. KELLERMANN: *Praktische Erfahrungen beim Bau und Betrieb eines Horizontal-Brunnens*. Wasserfachliche Aussprachetagung des D.V.G.W. am 25. und 26. Januar 1951 in Hohensieburg, Hannover 1952.
9. KOEHNE W.: *Die Bedeutung der Einzelheiten des geologischen Baus der Grundwasserleiter für die Brunnen-Konstruktion*, Bulletin mensuel des industries du gaz et des eaux, 1953, n° 12.
10. LORENZ H.: *Erfahrungen mit thixotropen Flüssigkeiten im Grundbau*, Die Bautechnik, août 1953.
11. NAHRGANG G. und FALKE F. K.: *Modell-Versuche über die Strömungsvorgänge an Horizontalbrunnen*, Bulletin mensuel des industries du gaz et des eaux, 15 février 1954.
12. PAAVEL V.: *Brunnen mit Horizontal-Bohrungen*, Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern, Hannover 1952.
13. Dr. SCHNEIDER HANS und Dir. TRUELSSEN CHRISTIAN: *Die Wassererschliessung*, Teil I, Essen 1952.
14. WEBER F., GESSLER A. und AMMANN R.: *Die Unterführung von Fluss- und Bachläufen mit Telephonkabeln*, Bulletin P.T.T., avril 1954, Berne.
15. WIEDERHOLD W.: *Offene Fragen der Filtertechnik*, Bulletin mensuel des industries du gaz et des eaux, 15 novembre 1954.