Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 76 (1950)
Heft: 15

Artikel: Recherche d'eau souterraine par captages horizontaux
Autor: Fehlmann, H.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-57440

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

76e année 29 juillet 1950 N° 15

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs
Pour les abonnements s'adresser à la librairie **F. ROUGE & Cie** à Lausanne
Prix du numéro : 1 fr. 25

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. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. — Membres : *Fribourg :* MM. P. JOYE, professeur ; E. LATELTIN, architecte — *Vaud :* MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte : *Genève :* MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; CL. GROSGURIN, architecte ; E. MARTIN, architecte ; V. ROCHAT, ingénieur. — *Neuchâtel :* MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais :* MM. J. DUBUIS, ingénieur ; D. BURGENER, architecte.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur. Case postale Chauderon 475, LAUSANNE

TARIF DES ANNONCES
Le millimètre (larg. 47 mm) 20 cts
Réclames : 60 cts le mm (largeur 95 mm)
Rabais pour annonces répétées
ANNONCES SUISSES S.A.
5, Rue Centrale
Tél. 22 33 26
LAUSANNE
et Succursales

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *Recherche d'eau souterraine par captages horizontaux*, par le Dr h. c. H. FEHLMANN. — DIVERS : *Energie Electrique du Simplon S. A. Simplon-Dorf* (Valais) E. E. S. — Société suisse des ingénieurs et des architectes : *Réunion internationale d'ingénieurs 1950, à Fribourg-en-Brisgau.* — *La maison bourgeoise en Suisse.* — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT.

RECHERCHE D'EAU SOUTERRAINE PAR CAPTAGES HORIZONTAUX

par le Dr. h. c. H. FEHLMANN

I. Du puits filtrant aux captages horizontaux

Le *puits filtrant* constitua, ces cinquante dernières années, la solution classique du captage des eaux des nappes souterraines. Ce sera encore le cas à l'avenir, plus spécialement s'il s'agit d'obtenir de faibles débits. La capacité d'un puits filtrant est toutefois limitée. Elle dépasse rarement, même en conditions favorables, 5000 à 6000 l/min. Pour aller au-delà de ces chiffres, il faut faire appel à des cuvelages de grand diamètre, peu usuels, et le résultat escompté n'est pas toujours atteint, tandis que l'installation devient coûteuse et peu rentable.

Les avantages des captages horizontaux par rapport aux puits filtrants verticaux

a) Il est compréhensible que les captages horizontaux, grâce à un grand nombre de tubes filtrants rayonnant, dont la longueur peut dépasser, selon la composition du sol, 80 m, offrent des possibilités de beaucoup supérieures à celles des simples puits filtrants.

De telles installations commencent à se développer en Suisse. La société Travaux hydrauliques S. A., à Berne, a exécuté jusqu'à ce jour une dizaine de captages de ce type, pour une part dans des conditions hydrologiques défavorables ; la capacité totale de ces ouvrages atteint en chiffre rond 120 000 l/min, soit en moyenne 12 000 l/min par captage. En Amérique, l'on est parvenu avec ce système à obtenir des débits supérieurs à 70 000 l/min, soit 1200 l/sec. Il existe en Europe des couches aquifères qui permettraient de parvenir à un résultat identique.

b) La *surface d'entrée* d'un puits filtrant de 20 m de profondeur, de 800 mm de diamètre, est de l'ordre de 8,0 m². Cette surface atteint en chiffre rond 52,0 m² pour un captage avec forages horizontaux d'une longueur totale de 250 m, de 200 mm de diamètre, installé à la même profondeur.

c) En ce qui concerne *la vitesse de l'écoulement à l'entrée du filtre*, on sait que celle-ci atteint, dans les puits filtrants habituellement construits en Suisse, 10 à 30 mm/sec ; ce chiffre peut être abaissé à 5-6 mm/sec ou même moins, dans les installations de même capacité avec forages horizontaux. Il n'existe ainsi pour ces dernières plus aucun risque de colmatage et d'ensablement, si l'on a choisi convenablement le diamètre des trous du filtre.

d) A la diminution de la vitesse de pénétration de l'eau dans le filtre correspond une diminution de la perte de charge à l'entrée et par suite un *moindre abaissement* du niveau de la nappe souterraine. Ce gain de charge joue un rôle essentiel, plus spécialement si l'installation comporte plusieurs puits collecteurs reliés par siphons.

e) Les forages pouvant être exécutés à volonté dans l'une ou l'autre des couches horizontales, il est possible de choisir les horizons filtrants donnant les eaux de *meilleure composition chimique et bactériologique.*

f) En cas d'eaux souterraines pas très abondantes il est possible d'intercepter l'écoulement au niveau de la couche imperméable. Les forages horizontaux permettent alors d'obtenir le *maximum de débit* tout en créant une disposition qui assure le captage d'une eau *convenablement filtrée.*

g) Lorsqu'il s'agit de tirer d'une couche aquifère de peu

d'épaisseur *le plus grand débit possible*, la solution par forages horizontaux permet d'atteindre un débit égal au 90 % de la capacité de la nappe ; le même problème est pratiquement insoluble par puits filtrants, car l'allure parabolique de la nappe déprimée ne permet de capter qu'une petite partie du débit disponible. (Fig. 2 *a* et 2 *b*) [1].

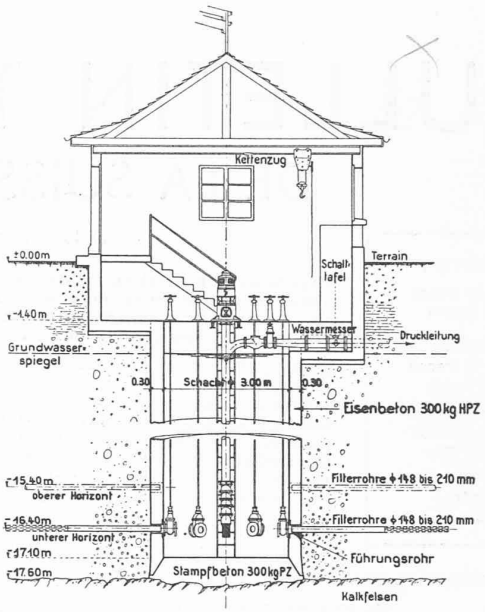
h) Le danger d'*incrustation* et de *colmatage* des tubes filtrants est nettement plus petit dans le cas de forages horizontaux. Les expériences faites à ce sujet en Amérique sont absolument concluantes.

Si malgré cela la capacité d'un tube diminue avec le temps, il sera toujours possible soit d'exécuter de nouveaux forages, soit de remplacer le tube déficient.

i) Si l'on tient compte de la grande capacité de ces installations, leur *coût de construction* et *d'exploitation* est relativement petit. Un captage avec tubes horizontaux constitue une excellente réserve pour les heures de pointe de la consommation ; il peut en outre facilement être protégé contre les attaques aériennes.

* * *

Les avantages signalés ci-dessus n'ont pas un caractère absolu. Nous ne voulons pas dire qu'à l'avenir tous les captages d'eau souterraine devront être conçus sur ce type. Nous avons voulu montrer que de telles installations présentaient à des titres divers de très grands avantages par rapport aux ouvrages communément construits et qu'il convenait de ne plus construire de captage sans examiner objectivement si cette solution nouvelle ne présente pas des avantages techniques et économiques.



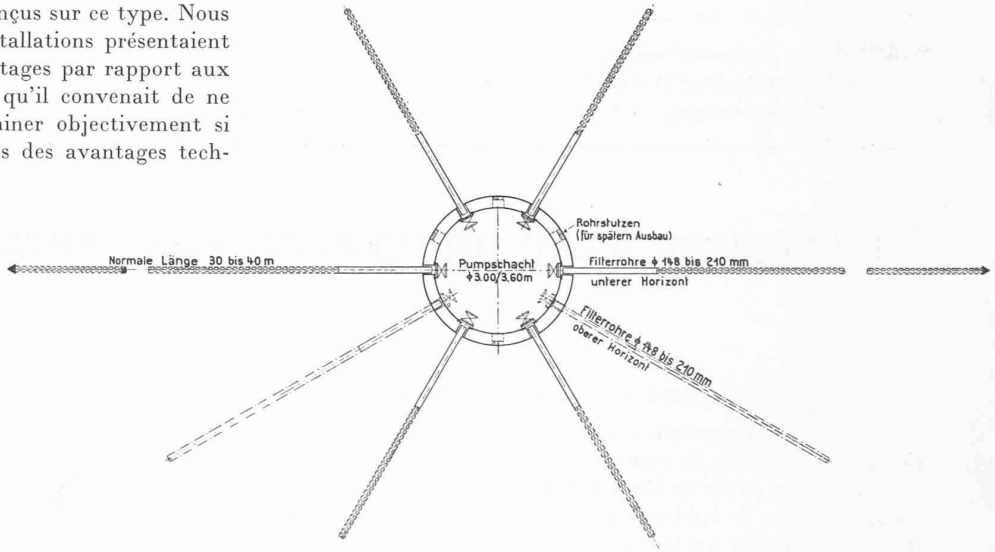


Fig. 1. — Captage horizontal.

II. La technique des forages horizontaux dans les sols aquifères non agglomérés

L'exécution de tels forages se distingue par la manière dont on fait pénétrer dans le sol le cuvelage et par la façon dont on élimine à sa base les matériaux. L'avancement du cuvelage n'est possible que si l'on parvient à créer à l'avant du tube une excavation de grandeur suffisante. Dans le cas de sondages verticaux, cela ne présente pas de difficulté. Pour les forages horizontaux, la pression de l'eau souterraine rend plus difficile ce travail. La solution ayant donné les meilleurs résultats consiste précisément à utiliser l'action de la pression hydrostatique de l'eau pour l'exécution de la fouille et l'évacuation des matériaux. Le tube pilote est muni d'ouvertures telles que l'eau entraînant sables et graviers pénètre par ses canaux dans le forage. Il se produit alors dans le voisinage du tube pilote des vides permettant l'enfoncement du cuvelage proprement dit. Des essais ont montré qu'il n'était pas possible de procéder — dans les couches meubles — à des sondages horizontaux en agissant par rotation.

1. *La méthode Ranney*

C'est la méthode américaine. D'après celle-ci, on met d'emblée en place, à l'aide d'une presse hydraulique, un cuvelage perforé, qui jouera par la suite le rôle de tube filtrant. Ce système a été appliqué dans nombre de cas aux Etats-Unis, déjà avant la guerre. Il présente toutefois divers inconvénients techniques et économiques.

C'est la raison pour laquelle, avec la collaboration de Travaux hydrauliques S. A., nous avons essayé, dès 1938, de perfectionner cette méthode. Pendant la guerre, ces essais ont dû être interrompus. Ils ont toutefois montré que, pour les forages horizontaux, on devait appliquer le même principe que pour les sondages verticaux. Alors que le système Ranney peut être comparé à l'exécution dans le sens horizontal d'un simple puits, le système Fehlmann est directement dérivé de la technique moderne des puits filtrants.

2. *Le système Fehlmann ou système suisse*

La nouvelle technique consiste à faire pénétrer dans le sol non pas d'emblée un tube perforé, mais un cuvelage plein, muni d'un tronçon pilote perforé. Le cuvelage plein est retiré après l'opération de creuse, après introduction d'un tube filtrant. L'élément pilote reste en fouille et constitue la partie extrême du filtre. Le cuvelage plein est réutilisé pour tous les forages.

[1] Plusieurs des clichés de cet article ont été mis à notre disposition par la rédaction de la *Schweizerische Bauzeitung* (Réd.)

La mise au point de cette technique se heurta à diverses difficultés. Il fallut résoudre en premier lieu le problème du joint entre l'élément de guidage et le cuvelage. On constata que la grandeur et la disposition des orifices de l'élément pilote, dont le but est de livrer passage aux matériaux d'excavation, avaient une grande importance. L'opération de retrait du cuvelage ne fut également pas facile à mettre au point. Actuellement, la nouvelle technique a permis de vaincre toutes les difficultés. Il va sans dire que toutes les nouvelles expériences conduiront encore à des améliorations de détail, car aucun procédé de sondage ne peut être considéré comme définitivement au point.

3. *Les avantages du système suisse*

Par rapport au système américain, le système suisse offre les avantages techniques et économiques suivants :

a) Le cuvelage coûteux, nécessaire à l'opération, est retiré et remplacé par un tube filtrant bien adapté au but et bon marché.

b) Il est possible de dresser un profil du forage donnant toutes indications sur les caractéristiques des sols traversés, la quantité d'eau pénétrant dans l'élément-pilote, le type des matériaux d'excavation, la pression requise à la presse ; ces indications permettent d'adapter judicieusement le type de perforation du tube filtrant aux caractéristiques des couches aquifères. (Fig. 6).

c) Il est possible également de tenir compte des constatations faites pour adapter pour les opérations subséquentes les orifices de l'élément-pilote, à la granulométrie du sol et à la pression de l'eau souterraine.

d) Dans le système Ranney, l'avancement n'est obtenu que par effet de la presse hydraulique et la pénétration des sables dans l'élément-pilote. Dans le système suisse, il est possible d'imprimer au cuvelage et à l'élément-pilote des mouvements de va-et-vient qui, s'ajoutant à l'effet de plus grandes ouvertures dans l'élément-pilote, permettent d'extraire des pierres de forme quelconque, allant jusqu'à 7 cm de large et 10 à 12 cm de long.

e) La surface des orifices des tubes Ranney, mis en place sous forte pression, ne peut dépasser, pour des raisons de résistance, 20 % de la surface totale. Au contraire, dans le système suisse, le tube filtrant est muni, en conditions normales, de trous dont la surface atteint le 33 % de la surface totale.

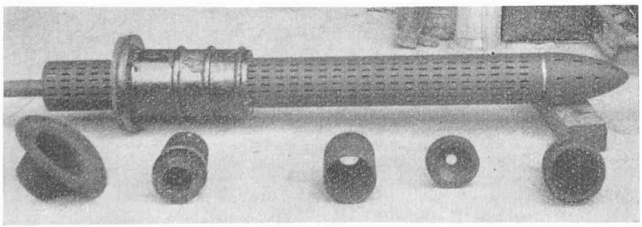


Fig. 3. — Procédé Ranney : pilote, tuyau de forage et accessoires.

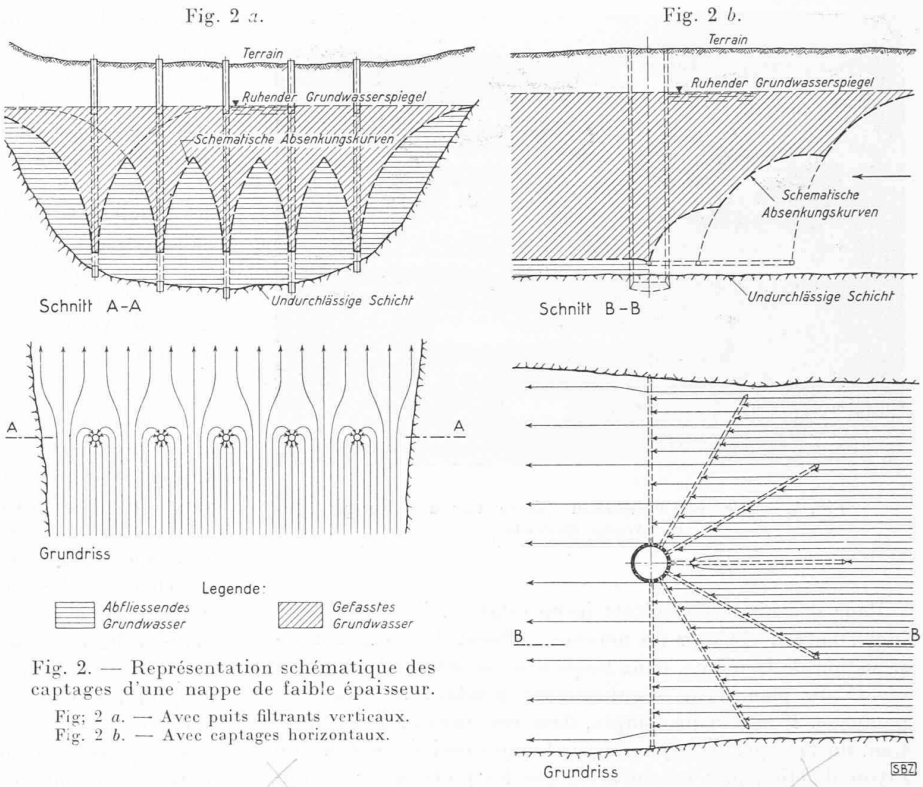


Fig. 2. — Représentation schématique des captages d'une nappe de faible épaisseur.

Fig; 2 *a*. — Avec puits filtrants verticaux.
Fig. 2 *b*. — Avec captages horizontaux.

f) Pour éviter qu'ils ne cèdent sous les contraintes produites par les efforts de mise en place, les tubes Ranney ne peuvent être exécutés qu'en acier alors que les tubes filtrants du système suisse, non sollicités lors de leur pose, peuvent être constitués de tôle mince galvanisée, ou inoxydable, en cuivre, etc. Les tubes Ranney ne peuvent être protégés superficiellement contre la rouille, toute peinture étant éliminée lors de l'enfoncement.

g) Le fait de placer après coup le tube filtrant (système suisse) élimine le danger de voir une partie des trous bouchés par des pierres pressées contre la paroi.

h) La pose des tuyaux filtrants après l'exécution des forages permet un contrôle préalable de la position des forages par rapport aux couches aquifères. Les expériences faites avec le système américain ont démontré que ce contrôle est de grande importance.

Lorsque l'on fait la comparaison des deux systèmes, il faut prendre en considération le fait que le système suisse a pu être développé dans des couches graveleuses du bassin supérieur de l'Aar, alors que le système américain ne peut être appliqué que dans des couches aquifères sableuses telles qu'on les rencontre dans le cours inférieur et à l'embouchure des rivières.

III. Les expériences faites jusqu'à ce jour

1. *L'exécution des captages*

a) *Travaux préliminaires et essais sur modèles*

Avant toute exécution il convient, comme pour le cas de puits filtrants, d'être au clair sur les conditions hydrauliques et géologiques du sous-sol. On exécutera à cet effet des sondages de reconnaissance, descendant jusqu'à la couche imperméable et des essais de pompage de l'eau de la nappe. Il est indiqué de choisir comme emplacement du futur puits collecteur l'emplacement de l'un des sondages de reconnaissance ; il sera ainsi possible de comparer utilement les résultats des essais de pompage et ceux donnés par l'installation terminée.

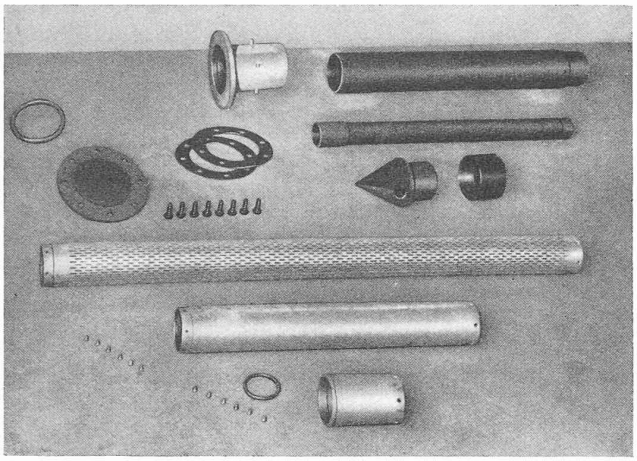


Fig. 4. — Procédé Fehlmann : pilote, tuyau de forage et tuyaux filtrants.

Pour obtenir des résultats incontestables, il est de toute importance d'exécuter un nombre suffisant de forages d'observation de la nappe, dans lesquels on observera les mouvements du plan d'eau régulièrement pendant les essais de pompage. Il faut tenir compte, dans ces travaux de prospection, du fait que les captages par forages horizontaux ont un rayon d'action plus considérable que les puits filtrants ordinaires. Ces études préliminaires seront, dans la mesure du possible, confiées à la même maison spécialisée que l'exécution des captages proprement dits. Ce n'est que lorsque les travaux préliminaires auront donné toutes les indications sur l'étendue, la profondeur, la composition granulométrique, la perméabilité de la couche aquifère, que l'on pourra entreprendre l'exécution du captage. Dans le cadre de ces travaux préliminaires, il faut comprendre encore l'établissement du projet et l'analyse de prix qui permettra de comparer le coût de l'installation avec celui d'un ensemble de simples puits filtrants de même capacité totale.

Nous nous efforçons toujours d'interpréter, de comparer et de mettre en valeur les données de toutes les installations que nous avons exécutées avec forages horizontaux. Pour pouvoir faire la comparaison entre captages avec forages horizontaux et puits filtrants ordinaires, les résultats des essais de pompage sont déterminants. Il faudra, dans les conclusions de ces études, tenir compte du fait que la composition, la profondeur, la perméabilité de la couche aquifère peuvent varier d'un cas à l'autre et l'on ne peut pas sans autre généraliser les observations et les conclusions tirées. Souvent les études préliminaires sont entravées par le peu de compréhension du maître de l'œuvre pour ces recherches et les dépenses qu'il faut engager pour un nombre suffisant de sondages, de tuyaux d'observation et d'essais de pompage.

Un captage avec forages horizontaux pose un problème d'écoulement souterrain dans l'espace plus compliqué que celui des puits filtrants pour l'examen duquel de nombreuses hypothèses simplificatives ont déjà dû être faites. C'est la raison pour laquelle nous avons décidé d'entreprendre, avec la collaboration du Laboratoire de recherches hydrauliques de l'Ecole polytechnique fédérale, à Zurich, des essais sur modèles. Le modèle devra correspondre le mieux possible aux conditions naturelles d'un captage avec forages horizontaux. Comme couche filtrante, l'on a choisi un sable de quartz de composition uniforme avec éléments d'environ 2 mm de diamètre. L'eau est remplacée au modèle par un liquide de plus grande viscosité. Ces essais sont malheureusement interrompus aujourd'hui par suite des travaux de transformation du laboratoire précité.

Le but essentiel de ces essais est de faire apparaître les différences de rendement d'installations à forages horizontaux et à simples puits filtrants. En outre, ils devront donner des indications sur la disposition la meilleure, la longueur et le diamètre optimum des forages horizontaux. Il sera, de plus, possible d'étudier l'influence réciproque d'installations à puits filtrants et à forages horizontaux. Il va sans dire que les résultats de ces essais seront à interpréter compte tenu des observations faites en vraie grandeur, sur les ouvrages construits.

b) *Les puits*

Avant l'exécution des forages horizontaux proprement dits, il faut exécuter le puits central. En Suisse, en règle générale, il s'agit d'un puits de 3,00 m de diamètre intérieur avec paroi de 0,3 m, construit en béton armé. On ne peut descendre au-dessous de ces dimensions, sinon le forage et le retrait du cuvelage et la mise en place des tubes filtrants horizontaux, en éléments de 2,0 m de longueur, deviendraient difficiles. L'installation une fois achevée, le puits de travail devient le puits collecteur constituant une certaine réserve d'eau de manière à éviter que, lors de la mise en route des pompes, un trop grand appel de débit aux filtres ne provoque l'ensablement de ceux-ci.

Ces puits sont soit des constructions monolithiques exécutées avec coffrages glissants, soit constituées par la superposition d'éléments préfabriqués. Leur profondeur dépasse rarement 20,00 m.

Signalons qu'à Milan sont en construction, actuellement, trois captages exécutés selon notre système, avec puits de 50 à 52 m de profondeur.

c) *Les forages*

La société Travaux hydrauliques S. A. à Berne utilise, en tant que propriétaire de la licence suisse, les cuvelages à parois épaisses de diamètre 190/160 mm, 270/230 mm et 521/485 mm.

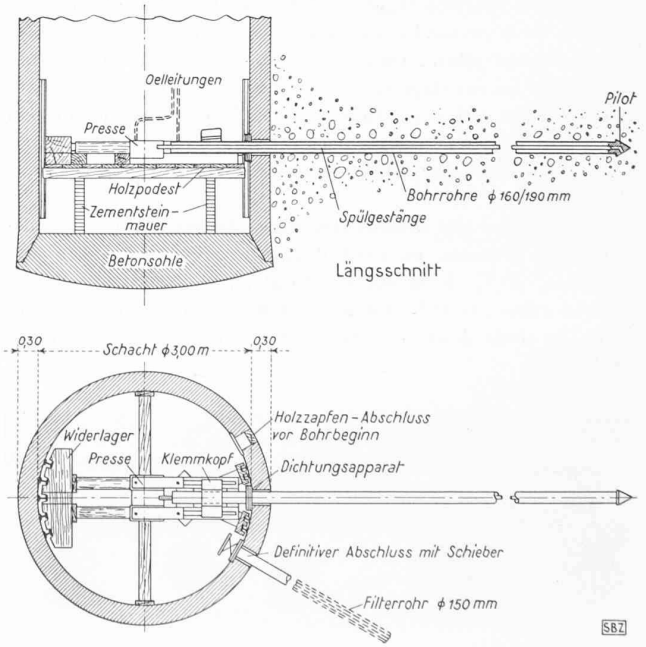


Fig. 5. — Eléments principaux de l'installation pour captages horizontaux. — Echelle 1 : 100.

La force nécessaire à l'enfoncement du cuvelage de 190, respectivement 270 mm, varie généralement entre 35 et 40 tonnes. Pour le retrait du cuvelage, l'effort requis est plus faible. Dans un sol normal, l'avancement journalier du cuvelage atteint 15 à 20 m.

Les installations sont très simples et consistent, en plus du matériel normal de sondage et de pompage, en deux presses hydrauliques avec tête d'appuis et groupe à huile.

Les cuvelages 190 et 270 mm sont d'un usage courant pour l'exécution de forages horizontaux. Par contre, les cuvelages 521/485 mm sont utilisés pour l'exécution de syphons.

d) *Le tube filtrant*

Alors que les tubes filtrants ont, dans le système Ranney, des parois de 9 mm d'épaisseur et des trous de 10 mm de large environ, nos tubes filtrants sont construits, pour autant que le diamètre ne dépasse pas 200 mm, en tôle de 3 mm. Il peut s'agir d'acier, d'acier inoxydable ou de cuivre. Les tubes d'acier peuvent être galvanisés ou avoir subi un traitement de surface. En Suisse, les eaux souterraines ne sont généralement pas agressives et un zinguage à chaud suffit dans la règle. Pour les captages d'une ville de Suisse, nous avons traité les tuyaux par sablage et application de cinq couches d'Amercoat (produit à base de Vinylchlorid). Ces tuyaux se sont bien comportés. Pour une autre installation, nous avons utilisé des tubes filtrants inoxydables. A Düsseldorf, on a exécuté un captage avec tuyaux de cuivre.

Les tubes filtrants sont placés radialement sur un ou plusieurs horizons. Lors du bétonnage du puits collecteur, on dispose à chaque horizon dans la paroi 8 à 12 tubes de guidage. L'expérience a montré qu'il n'était pas nécessaire de constituer dans le voisinage du puits une concentration des tubes filtrants par interposition de tubes courts. Les tubes filtrants les plus longs sont à placer perpendiculairement au courant de la nappe souterraine.

Une fois la mise en place des tubes filtrants achevée, il faut dessabler ces derniers de manière à ce qu'il se forme à leur pourtour une protection grave leuse qui s'opposera par la suite à l'entrée des éléments sableux.

Si, par suite de la composition granulométrique de la couche aquifère, il faut réduire les trous à 1 mm, la surface des orifices pourra encore atteindre environ 18 % de la surface totale. La surface totale de pénétration d'un captage à forage horizontaux, avec tubes percés de petits trous, dépasse encore de beaucoup celle d'un captage réalisé par puits filtrant remblayée de gravier construit dans une couche aquifère de même type.

Tabelle des profils géologiques et débits

Forage	Couches traversées		Longueur totale du forage	Matériaux retirés par m' de forage	Débit pénétrant au pilote	Tube filtrant	
						plein	troué
N° 1	0,00-22,60	Gravier moyen avec beaucoup de sable et de pierres	33,35 m	220 litres	1200-2000 l/min	1,20 m	32,00 m
	22,60-33,35	Gravier moyen avec peu de sable			1000-1200 l/min		
	33,35	Bloc					
2	0,00-14,80	Gravier moyen avec beaucoup de sable	22,30 m	250 litres	2500 l/min	2,20 m	20,00 m
	14,80-21,80	Gravier grossier, partiellement aggloméré, beaucoup de sable					
	21,80-22,30	Blocs					
3	0,00-14,30	Graviers moyens	21,33 m	190 litres	2000 l/min	1,20 m	20,00 m
	14,30-21,33	Gravier moyen avec beaucoup de sable					
4	0,00-11,00	Gravier moyen avec peu de sable	23,90 m	210 litres	1000-1200 l/min	1,20 m	22,00 m
	11,00-14,50	Gravier moyen avec beaucoup de sable			600- 800 l/min		
	14,50-23,90	Gravier grossier, grosses pierres, peu de sable . . .			1000-1100 l/min		
5	0,00-30,70	Gravier moyen, grosses pierres, beaucoup de sable	31,45 m	180 litres	700- 900 l/min	1,20 m	30,00 m
	30,70-31,45	Gravier grossier et blocs .			900-1000 l/min		
6	0,00- 7,20	Gravier moyen avec peu de sable	29,40 m	240 litres	800-1000 l/min	1,20 m	28,00 m
	7,20-20,30	Gravier moyen, beaucoup de sable			400- 600 l/min		
	20,30-29,40	Gravier moyen, grosses pierres, peu de sable . . .			700-1000 l/min		
7	0,00- 7,80	Gravier moyen avec peu de sable	19,30 m	160 litres	1000-1400 l/min	1,20 m	18,00 m
8	0,00-15,20	Gravier moyen avec peu de sable	35,40 m	175 litres	1000-1200 l/min	1,20 m	34,00 m
	15,20-27,80	Gravier grossier avec sable					
	27,80-35,40	Gravier grossier, grosses pierres, peu de sable. . .			1000-1100 l/min		

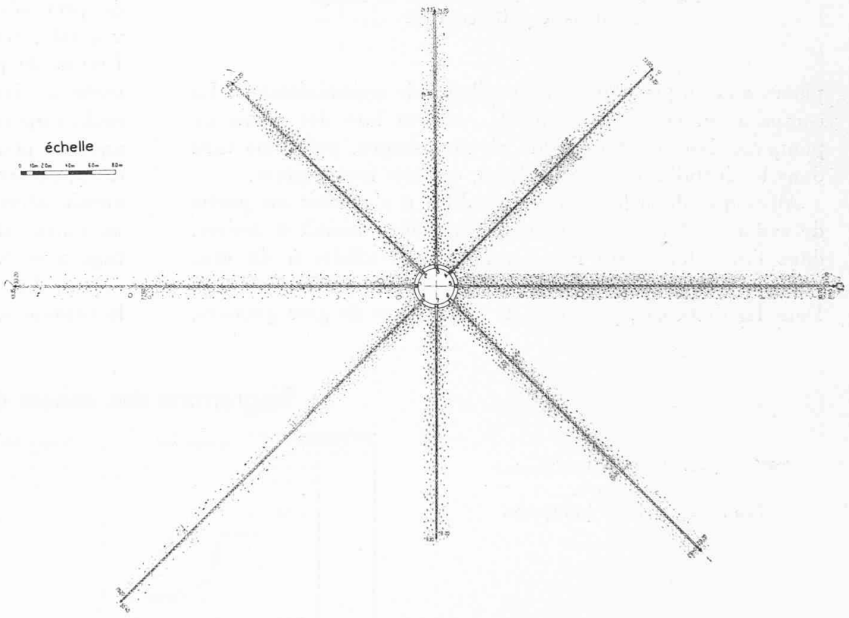


Fig. 6. — Captage horizontal dans le plateau suisse.

2. *Les résultats des essais de pompage*

Ce sont les essais de pompage qui donnent la meilleure idée de la capacité d'un captage. M. l'ingénieur en chef Gubelmann ayant exposé par ailleurs les résultats obtenus par la Ville de Berne dans la vallée de l'Aar par de tels essais [1], je me bornerai à citer ici deux cas typiques. Le premier concerne une installation réalisée pour une fabrique du Jura bernois, le second se rapporte à un réseau régional d'alimentation en eau du Plateau. Dans les deux cas, les puits collecteurs furent

[1] Bibliographie 3.

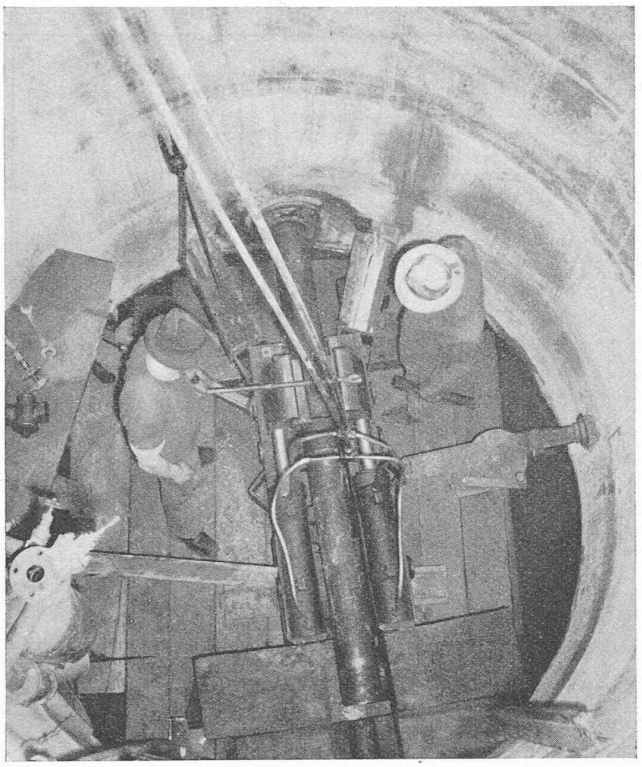


Fig. 7. — Vue des installations de forage dans le puits central.

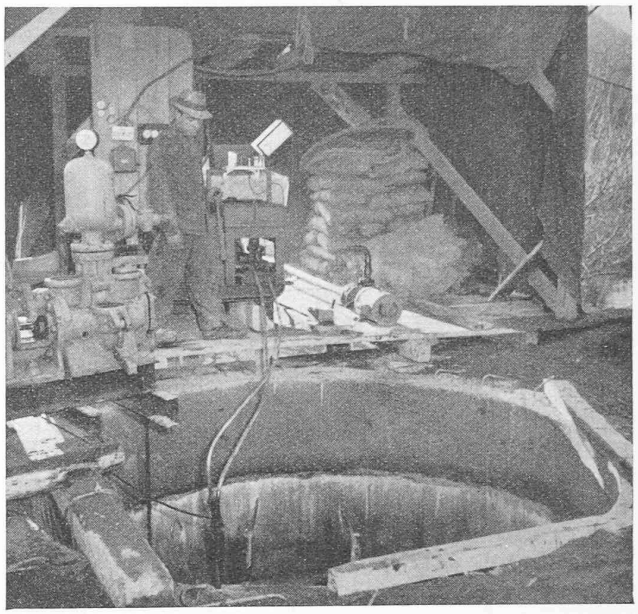


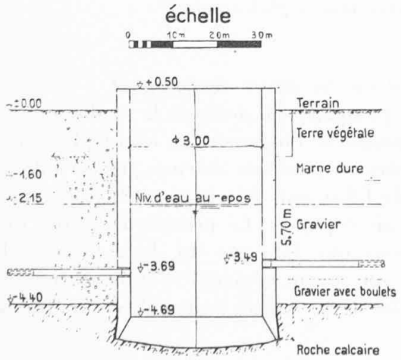
Fig. 8. — Installations à la partie supérieure du puits central.

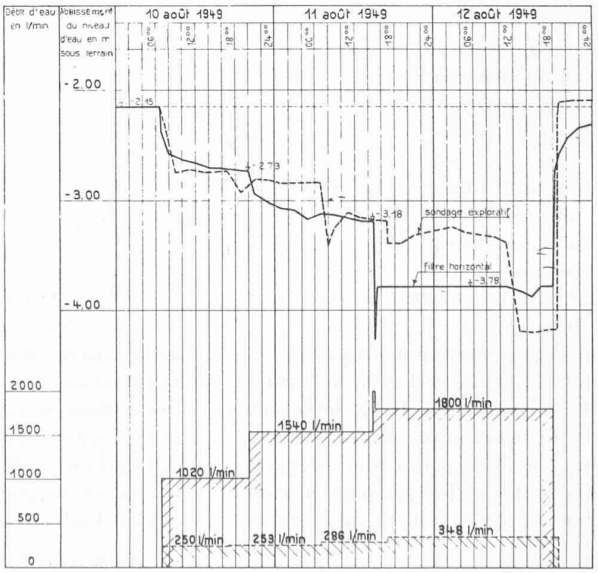
placés aux emplacements de sondages de reconnaissance. La comparaison entre les résultats obtenus lors des essais de pompage dans les forages de reconnaissance, puis plus tard dans les installations elles-mêmes, est très intéressante.

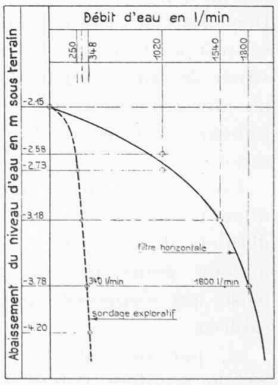
Alors que dans le captage du Jura il s'agissait en partie de caillasse glaiseuse, dont la perméabilité laissait à désirer, dans l'installation du Plateau l'on avait affaire à de gros graviers, d'origine glaciaire, avec fort peu d'éléments fins. Dans les deux cas, par suite de la présence de gros graviers, l'exécution des forages horizontaux se heurta à de réelles difficultés.

Le captage du Jura comporte un puits collecteur de 5 m de profondeur qui traverse, sous une couverture de terre végétale, une couche imperméable de marne et tombe à 1,60 m de profondeur sur les graviers aquifères. En période sèche le niveau de la nappe est à 2,15 m de profondeur. La roche imperméable se situe à 4,40 m. L'épaisseur de la couche aquifère peut donc tomber à 2,25 m. La fabrique en question devait pouvoir disposer d'un débit de 1500 l/min, ce qui aurait nécessité la construction de trois puits filtrants plus un puits collecteur ; on se décida plutôt à exécuter un captage avec forages horizontaux. Les essais de jaugeage donnèrent dans le puits de reconnaissance 348 l/min et dans le captage à forages horizontaux achevé 1800 l/min pour un

Fig. 9. — Captage horizontal dans le Jura. Profil et essais de pompage.







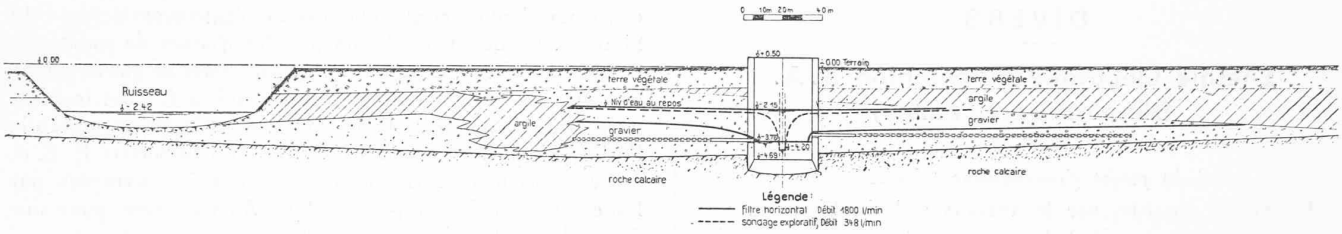


Fig. 10. — Captage horizontal dans le Jura. — Courbes d'abaissement.

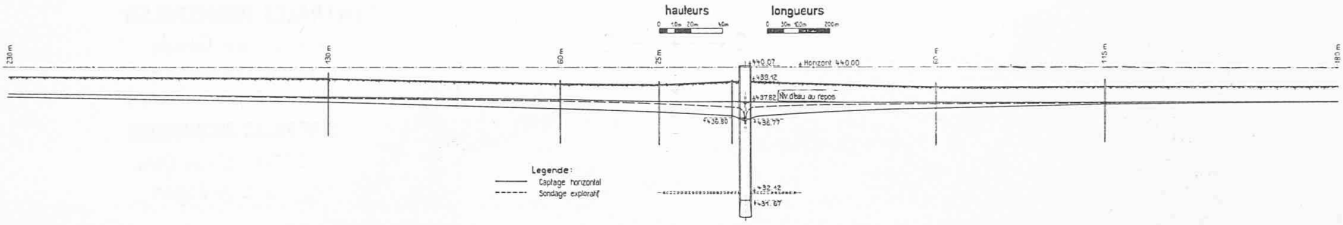


Fig. 11. — Captage horizontal dans le Plateau suisse. — Courbes d'abaissement.

abaissement de la nappe de 1,63 m. Un seul captage à forages horizontaux put ainsi remplir les conditions de débit requises.

Une comparaison intéressante peut être faite au vu des courbes d'abaissement de la nappe, soit des débits obtenus par les essais de pompage préliminaires en sondage et par le captage lui-même. Dans le cas du sondage, l'allure des courbes de la nappe déprimée est influencée par la faible perméabilité de la couche aquifère, comme c'est le cas pour le captage. La surface située entre les courbes d'abaissement du sondage et du captage explique la très forte différence de débit, qui est cinq fois plus fort dans le captage à forages horizontaux.

Dans le cas de l'exploitation du Plateau, les conditions hydrologiques et géologiques sont toutes différentes. Sous une couche d'humus les sondages ont traversé sur une hauteur de 8 m du gravier perméable. Plus profondément et jusqu'à 20 m le sous-sol était constitué également de dépôts fluvio-glaciaires mais avec une plus grande teneur en éléments fins lui conférant une beaucoup plus faible perméabilité. Sur la base des conseils donnés par M. le Dr Hug, géologue, on décida de placer le captage à forages horizontaux dans la couche supérieure. On exigeait dans ce cas un débit de 12 000 l/min.

L'allure des courbes de la nappe déprimée est ici très différente de celle du cas précédent. Quoique la différence entre l'abaissement de la nappe au puits d'essais et au captage n'excédât pas 1 m, la zone d'action du captage fut beaucoup plus étendue. Dans le puits d'essais on put pomper un débit de 4000 l/min. Dans le captage à forages horizontaux on put monter jusqu'à un débit de 20 000 l/min, avec un abaissement de 2,50 m de la nappe, chiffre bien supérieur au débit requis de 12 000 l/min.

3. *La rentabilité des captages à forages horizontaux*

Dans bien des cas, les simples conditions hydrologiques permettent de conclure sans autre à l'avantage du nouveau système par rapport à l'ancien. Si la décision dépend d'une question de prix, on peut dire que le captage à forages horizontaux devient meilleur marché si à lui seul il peut remplacer une installation comportant deux puits filtrants ou davantage avec un puits collecteur.

L'avantage qu'il présente est d'autant plus marqué que les débits sont plus grands. L'expérience acquise à ce jour ne permet pas encore de tirer à ce sujet des règles générales. Chaque fois que les conditions hydrologiques de la couche aquifère ou l'analyse chimique et bactériologique de l'eau n'imposent pas à priori le système à forages horizontaux, il sera nécessaire d'exécuter une étude comparative avec analyse de prix. Dans le cas d'une installation suisse d'un débit de 6000 à 8000 l/min nous avons obtenu pour un système comportant deux puits filtrants et un puits collecteur un prix de revient de 10 à 12 francs par l/min ; tandis que le même débit put être obtenu moyennant une dépense de 7 francs par l/min avec des forages horizontaux. Ailleurs, pour un débit de 12 000 l/min, le prix du nouveau système atteignit 5 francs seulement par l/min. Il n'est toutefois pas possible d'étendre ces données sans autre à d'autres cas.

Les frais d'exploitation et d'entretien des captages à forages horizontaux sont nettement moins élevés que ceux des installations habituelles. Le fait que l'on peut soumettre chacun des forages horizontaux à des opérations de purge sous eau ou air sous pression, et que les dangers d'incrustation sont pour ces installations plus petits, permet de conclure à un vieillissement plus lent de ces captages, d'où de plus petits frais d'amortissement.

Un avantage certain résulte en outre du fait qu'il est possible de maintenir au cours des années le débit requis ou de l'augmenter par la mise en place, après coup, de tubes supplémentaires.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Die Ausführung des Grundwasserwerkes im Aaretal und das gegenwärtige Baustadium.* Séance de discussion du 28 août 1947 à Berne (Bulletin mensuel de la S. V. G. W. 1947, n° 12).
2. M. Wegenstein, ing. dipl., Zurich : *Horizontalbohrungen für Grundwasserfassungen.* Schweiz. Bauzeitung, 1. Nov. 1947.
3. H. Gubelmann, ingénieur en chef, Berne : *Horizontale Filterfassungen.* Bulletin annuel de la S. V. G. W., 1948, n° 12.
4. Dr H. Fehlmann : *Horizontale Bohrungen in Lockergesteinen.* Schweiz. Bauzeitung 1949, nos 23 et 24.
5. *Jack Pipeline under River Bed.* Engineering News-Record, January 5, 1950.