Protection de la nappe phréatique traversée par des autoroutes

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **107 (1981)**

Heft 8

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74313

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Protection de la nappe phréatique traversée par des autoroutes

Les routes et autoroutes, traversant des régions dont la nappe phréatique est commercialement exploitée, présentent le danger permanent que des produits nocifs puissent s'infiltrer par accident dans la nappe phréatique. Les mesures préventives de protection qui s'imposent varient de la simple pose de panneaux de signalisation en passant par l'interdiction de circuler pour les poids lourds transportant des produits dangereux, jusqu'à l'exécution de radiers étanches supportant la chaussée.

A l'ouest de Saint-Gall, la route nationale N1 traverse le Breitfeld. C'est une grande étendue possédant une nappe phréatique importante, exploitée aussi bien par des particuliers que par la Ville de Saint-Gall. Le niveau de la nappe phréatique se situe à environ 6 m en dessous de la surface du sol. Dans le voisinage immédiat du tracé de l'autoroute se trouve une station de pompage accompagnée d'un bassin d'infiltration appartenant à la ville de Saint-Gall. Dans un rapport géotechnique concernant le tracé de la future N1, la nécessité de prendre des mesures efficaces contre la pollution de la nappe phréatique par les camions-citernes utilisant l'autoroute N1 est particulièrement relevée.

(PRB)

1. Considérations préliminaires

Dans la région de la nappe phréatique à protéger, la N1 suit un tracé situé dans une tranchée. Afin d'empêcher les produits polluants ou agressifs de pénétrer dans la nappe phréatique, le Département cantonal des travaux publics de Saint-Gall a évalué différentes possibilités du point de vue construction. On a renoncé à la construction d'un radier en béton pour des raisons d'étanchéité des joints nécessaires, de la possibilité du suintement de produits agressifs du béton et en raison du coût. Une autre possibilité consistait en l'application d'une couche de macadam bitumineux passant sous la chaussée et couvrant les talus des deux côtés. Cette solution été également écartée du fait des difficultés d'application de la couche sur les talus. On cherchait un matériau d'étanchéité garantissant une grande résistance contre un large éventail de produits liquides agressifs et non seulement contre les carburants. De ce point de vue ainsi que grâce à une pose facile, les feuilles d'étanchéité en matière synthétique, principalement sur la base de CPV (chlorure de polyvinyle) du type résistant à l'huile, ainsi que du type PE (polyéthylène), s'imposaient. Des recherches approfondies concernant la résistance et le coût démontraient que les feuilles en PE étaient supérieures aux feuilles d'étanchéité en CPV en ce qui concerne la résistance mécanique et la résistance aux produits agressifs ainsi que pour la facilité de pose. De ce fait, le maître de l'ouvrage s'est décidé à faire poser sous la chaussée une couche étanche en feuilles de polyéthylène sur une distance de 520 m. Les joints étaient soudés thermiquement. On a choisi une feuille en polyéthylène haute pression d'une épaisseur de 2 mm, fabriquée par les établissements Sarna Kunststoff AG à Sarnen (Sarnafil FP).

2. Le matériau d'étanchéité

Cette feuille d'étanchéité en polyéthylène haute pression est teintée en vert, teinte plus avantageuse pour la pose que la teinte noire des feuilles en polyéthylène basse pression. Ces dernières se réchauffent très fortement sous l'influence du soleil, ce qui rend la pose plus difficile. La feuille d'étanchéité en PE est conforme aux exigences de la norme SIA N° 280. Selon les informations du LFEM, elle est également conforme aux exigences pour les domaines d'application suivants: isolation contre l'humidité et étanchement de la nappe souterraine. En comparaison avec les feuilles en CPV il est important de noter la haute résistance au poinçonnement, particulièrement appréciée pour la pose lors de la construction de tunnels, de terrains de dépôt des ordures et de routes.

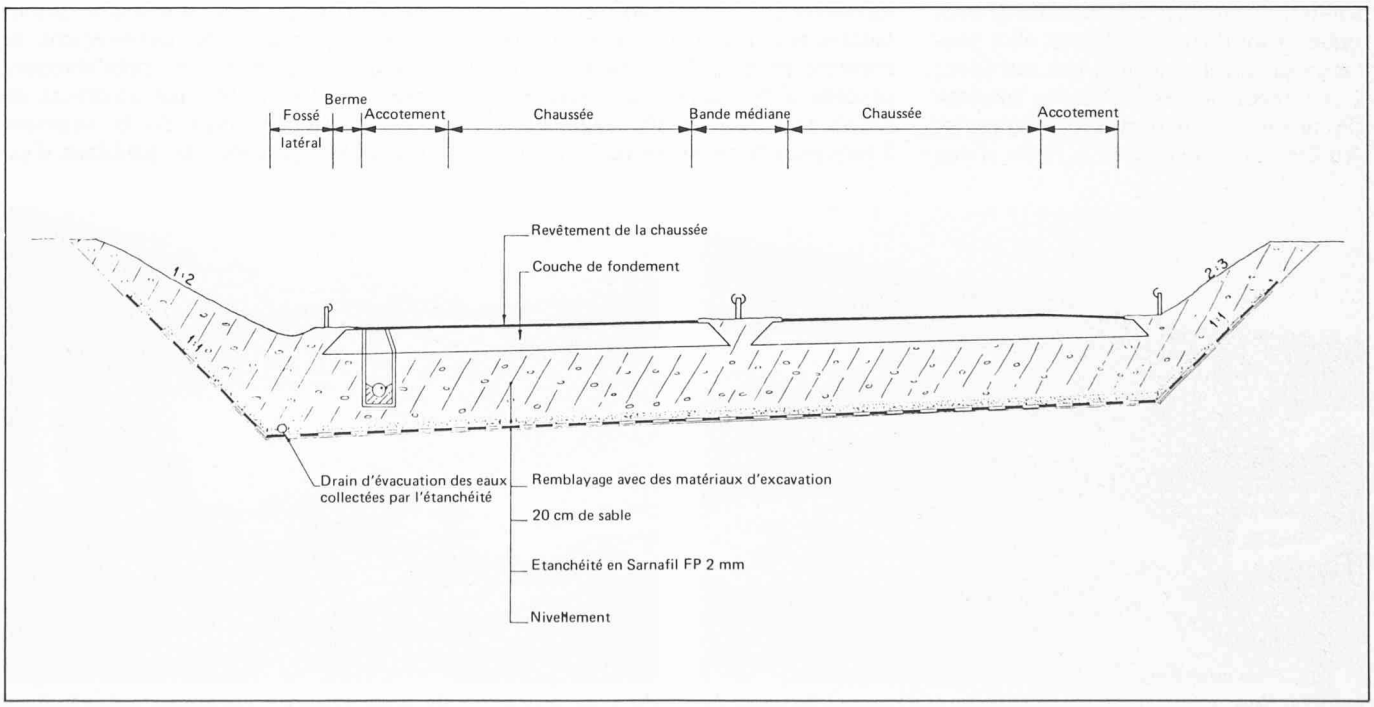
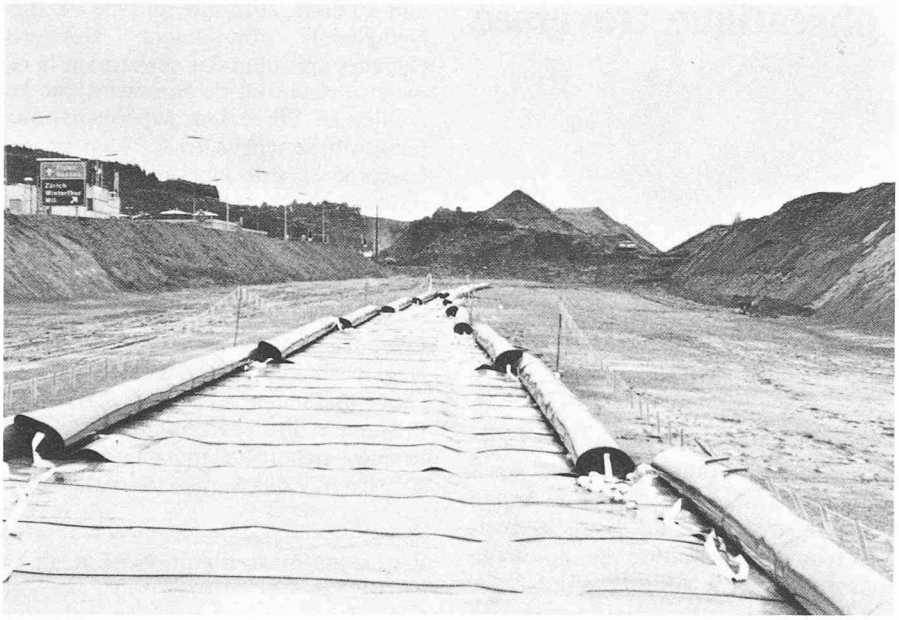


Fig. 1. — Profil normal de la N1 dans la région de la nappe phréatique du Breitfeld, à l'ouest de Saint-Gall. Afin de protéger la nappe phréatique contre tous produits s'échappant de camions-citernes accidentés, on a posé sous la chaussée une feuille d'étanchéité synthétique en polyéthylène haute pression de 2 mm d'épaisseur. L'étanchéité est posée à une profondeur telle qu'à une exception près (fondation d'un pont) aucune installation ne traverse l'étanchéité. Le sable pour la couche protectrice de 20 cm d'épaisseur provient de l'excavation d'un tronçon voisin et les remblais sont constitués par les matériaux d'excavation d'un tunnel de la N1, situé à proximité (plans d'exécution par le bureau de la route nationale N1/SN1 + Département des ponts et chaussées de Saint-Gall).



Après le terrassement de la tranchée, on a aplani et damé la surface de fondation qui était légèrement inclinée et on a ensuite posé les feuilles d'étanchéité synthétique, feuilles livrées en bandes de 11,20 m de large, en les superposant. (Photo prise par l'auteur)

3. Les assemblages

Un autre avantage des feuilles en PE réside dans la réalisation simple de l'assemblage des feuilles sur le chantier. L'assemblage s'effectue grâce aux appareils à souder à chaud automatiques, spécialement développés par le fournisseur. Le coin chauffant de l'appareil à souder automatique est passé entre les feuilles qui se recouvrent de 8-13 cm, de manière à chauffer les faces intérieures du matériau. En comprimant avec des rouleaux, il se forme deux joints parallèles enfermant un vide. Ce vide sert à contrôler la qualité des joints soudés. Les feuilles d'étanchéité synthétiques étant thermoplastiques, elles peuvent également se souder par extrusion. Cette méthode ressemble au soudage des métaux: les parties recouvrantes des feuilles sont assemblées à l'aide d'une extrudeuse à main et reçoivent un cordon de soudure en PE qui fait immédiatement un assemblage hermétique entre les feuilles.

Avec les deux appareils, les travaux de soudage PE peuvent s'effectuer par temps couvert, par brouillard et même par temps bruineux. Il est simplement nécessaire de procéder préalablement au nettoyage et séchage des surfaces à souder. Il est également possible de travailler par des températures allant jusqu'à environ $-10°$ C. Pour les essais de la qualité des soudures, une pression d'air comprimé minimum d'1 bar entre les joints est nécessaire. Si après un délai de 15 min. la chute de pression est inférieure à 0,1 bar, l'essai est considéré comme réussi. Lors des travaux d'étanchement pour la N1 à Breitfeld, on a procédé à des essais plus sévères. La pression d'essai était augmentée à 2 bars pour la même durée.

4. Projet et exécution de la couche protectrice

Après que les ingénieurs responsables du projet se furent décidés pour une étanchéité en feuilles d'étanchéité synthétiques, le positionnement et l'étendue de ces feuilles par rapport au niveau de la nappe phréatique et de la chaussée restaient à déterminer. Conformément à l'expertise géotechnique, il fallait s'attendre à trouver dans les 10 m situés en haut de la tranchée une couche de gravier de la basse terrasse, la couche aquifère. De ce fait, on a choisi de poser l'étanchéité à une profondeur telle que la totalité des regards d'égout, les fondations pour les glissières de sécurité et les autres installations encastrées soient situés au-dessus de la couche étanche (fig. 1). Grâce à ce procédé, il était possible de poser la feuille d'étanchéité synthétique sans discontinuité. Ainsi, on a évité les raccordements de toutes sortes d'installations traversant l'étanchéité, c'est-à-dire sans compliquer les travaux (fig. 2). Une exception était faite pour la fondation du pilier d'un pont traversant la N1. Le raccord entre l'étanchéité en Sarnafil et la fondation était fait grâce à un procédé développé par Sarna AG (fig. 3). Les matériaux d'excavation consistant en un mélange de gravier et de sable, à l'épreuve du gel, et provenant du gravier de la basse terrasse, étaient entreposés afin d'être utilisés par la suite pour la construction de fondations en gravier pour de futures chaussées. Pour protéger les feuilles d'étanchéité synthétiques, on a posé préalablement au remblayage, en se servant de machines, une couche de 20 cm de sable (fig. 4). Ces matériaux provenaient également du terrassement de tronçons de chaussée préalablement exécutés. Le remblayage au-dessus du sable, jusqu'au corps de la chaussée, provenait également de matériaux d'ex-



Fig. 3. — Seule la fondation d'un pont traversant la N1 perfore l'étanchéité. La feuille d'étanchéité synthétique d'une épaisseur de 2 mm a été raccordée hermétiquement à la fondation par un procédé développé par le fournisseur. (Photo: Sarna Kunststoff AG, Sarnen)

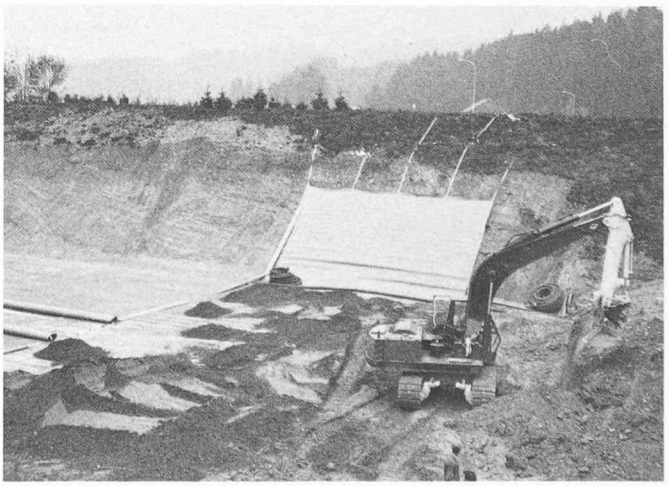


Fig. 4. — Après la pose des feuilles d'étanchéité synthétiques, tout en les remontant le long des talus, y compris la fixation suivante, une couche de sable de 20 cm d'épaisseur est mise en place avec des machines comme couche protectrice mécanique pour les feuilles de l'étanchéité. Les tas de sable épars érigés avant la pose de la couche de sable servent à charger les feuilles d'étanchéité synthétiques. (Photo: Sarna Kunststoff AG, Sarnen)

cavation du tunnel du Rosenberg de la route nationale, situé à proximité (fig. 5).
D'une préévaluation du coût ainsi que du calcul ultérieur, il ressortait un résultat économique très avantageux, indiquant que, grâce à l'exploitation ingénieuse de toutes les possibilités, la totalité des travaux de protection de la nappe phréatique, c'est-à-dire terrassement supplémentaire, aplanissement, achat et pose des feuilles d'étanchéité synthétiques, couche protectrice de sable et remblayage avec les matériaux d'excavation du tunnel, ne provoquaient pas de frais supplémentaires. Il est clair que ce résultat très avantageux est uniquement valable pour ce cas particulier.

5. L'exécution

Après l'excavation de la tranchée jusqu'à la profondeur nécessaire d'env. 6 m sous la cote de la surface, on a aplani et cylindré le fond de la fondation, fond légèrement incliné vers l'intérieur et qui faisait partie du futur tracé de la route située dans une courbe. Les feuilles Sarnafil FP de couleur verte, d'une épaisseur de 2 mm et d'une largeur de 1,45 m, étaient assemblées par soudage à chaud et préconfectionnées en usine en unités de 11,20 m de large et jusqu'à 41,40 m de long. Les feuilles transportées en rouleaux doubles sur le chantier étaient posées au milieu du tracé en se recouvrant chaque fois de 8-13 cm (fig. 7).

Des rubans enroulés et fixés aux extrémités des feuilles permettaient de dérouler sans problèmes les rouleaux d'une largeur de 11,20 m sur le sol plat et ensuite en montant les talus (fig. 8). Grâce à ces rubans, les feuilles sont fixées provisoirement sur les talus (fig. 9). Après un dernier alignement, les joints soudés à chaud seront exécutés en commençant par la crête, en suivant le talus, en longeant la partie plate et en remontant le talus opposé (fig. 10). On a posé et soudé jusqu'à six feuilles par jour, atteignant ainsi un rendement journalier allant jusqu'à 66 m. Ensuite, on a posé un drain enrobé de fibres de coco, drain situé sur la partie la plus basse du talus, et raccordé tous les 100 m aux regards de contrôle. Ces regards de contrôle permettent de surveiller les eaux ramassées par les feuilles d'étanchéité synthétiques et d'en contrôler l'agressivité et le caractère dangereux. Après contrôle des joints soudés, on a posé immédiatement la couche protectrice de 20 cm de sable et ensuite, par couches superposées, le remblai provenant de l'excavation du tunnel. Au-dessus, on construira la chaussée proprement dite avec tous les regards pour l'évacuation des eaux, les fondations pour les installations diverses, etc. Les bords du début et de la fin de cette étendue en feuilles d'étanchéité synthétiques, d'une longueur de 520 m, sont légèrement relevés pour empêcher l'infiltration indésirable des eaux de surface ou de la nappe phréatique remontante, dans la cuve formée par les feuilles d'étanchéité synthétiques. Vu que les matériaux provenant de l'excavation du tunnel forment après le remblayage et le damage, sous l'influence du temps, une couche hautement impénétrable, il n'y a pas de risque que trop d'eau de surface ou de



Fig. 5. — Au-dessus de la couche de sable, on a remblayé avec des matériaux d'excavation du tunnel jusqu'à la cote inférieure du corps formant chaussée. Grâce au bas positionnement de l'étanchéité on a pu éviter que celle-ci soit percée par des installations de toutes sortes (exception fondation du pont) de la chaussée.
(Photo: Sarna Kunststoff AG, Sarnen)

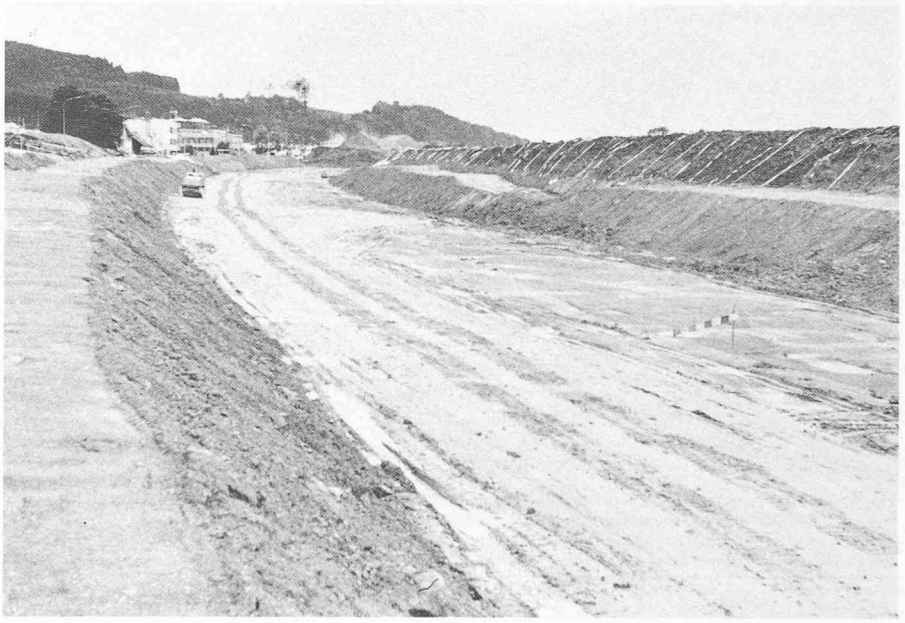


Fig. 6. — Vue sur la future N1 dans le Breitfeld, à l'ouest de Saint-Gall. A droite, on reconnaît les rubans grâce auxquels les feuilles d'étanchéité synthétiques ont été tirées sur les talus. Ces rubans ont également servi à la fixation des feuilles d'étanchéité. Ensuite, après la pose de la couche protectrice de sable de 20 cm d'épaisseur, on a commencé la mise en place des remblais, clairement visibles à gauche et à droite sous forme de bermes, au milieu du tracé il manque encore une partie du remblayage. (Photo prise par l'auteur)

Maître de l'ouvrage
Canton de Saint-Gall

Projet et direction des travaux
Département des travaux publics et des ponts et chaussées du canton de Saint-Gall, bureau pour les routes nationales N1/SN1, lot ouest

Entreprises de construction
Consortium Cellere, Krämer, Morant, Kibag, à Saint-Gall

Fournisseur des feuilles d'étanchéité synthétiques
Sarna Kunststoff AG, 6060 Sarnen

Entreprise pour la pose
Vatag, Abdichtungs- und Tankschutz AG, 8330 Pfäffikon (ZH)



Fig. 7. — Des feuilles d'étanchéité synthétiques déjà posées sur la fondation aplanie. (Photo prise par l'auteur)



Fig. 8. — Pose et montage des feuilles d'étanchéité synthétiques en Sarnafil FP de 2 mm d'épaisseur. D'une largeur de 11,20 et d'une longueur allant jusqu'à 41,40 m, elles sont posées grâce aux rubans enroulés par l'usine. Après la pose, ces rubans ont servi en même temps à la fixation des feuilles d'étanchéité sur les talus. Les feuilles ont été posées en se superposant. (Photo: Sarna Kunststoff AG, Sarnen)

pluie puisse pénétrer latéralement dans la cuve.

6. Récapitulation

En utilisant toutes les possibilités géomécaniques et techniques des matériaux synthétiques, on a posé sous la chaussée de la future N1 au Breitfeld, à l'ouest de Saint-Gall, une feuille d'étanchéité de 520 m de long et de 40 m de large. Cette feuille empêche les substances dangereuses ou agressives, provenant de camions-citernes accidentés, de pénétrer dans la nappe phréatique exploitée par la ville de Saint-Gall. La surface totale recouverte par l'étanchéité mesure environ 20 000 m^2. Une station de pompage et un bassin d'infiltration se trouvent dans le voisinage immédiat de la N1. La feuille d'étanchéité en polyéthylène haute pression, une feuille d'étanchéité Sarnafil FP de couleur verte et d'une épaisseur de 2 mm, a été posée à une profondeur telle que toutes les installations pour la chaussée ont pu être placées au-dessus de l'étanchéité. Le matériel d'excavation, un gravier sablonneux, résistant au gel, sera utilisé pour de futures constructions de routes. Les matériaux nécessaires pour le remblayage comme le sable ou les matériaux d'excavation du tunnel se trouvaient à proximité immédiate lors de la construction de la route nationale N1. Les mesures de protection pour la nappe phréatique ne causèrent de ce fait pas de frais supplémentaires. Cette solution présente un exemple typique de ce que, malgré les difficultés du chantier ou des obstacles complémentaires dus aux exigences de la protection de l'environnement, des moyens peuvent être trouvés qui, grâce à l'esprit ingénieux des techniciens, ne comportent ni risques trop grands ni frais supplémentaires trop élevés.

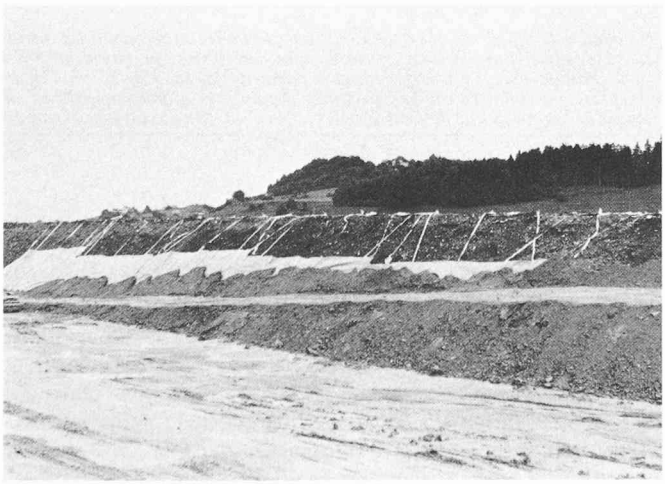


Fig. 9. — Vue sur le chantier du Breitfeld. On reconnaît une partie des feuilles d'étanchéité en Sarnafil FP qui sont remontées le long des talus et fixées grâce aux rubans enroulés pour faciliter la pose. En partie, les remblais sont déjà exécutés dans la zone horizontale ainsi que le long des talus. (Photo prise par l'auteur)

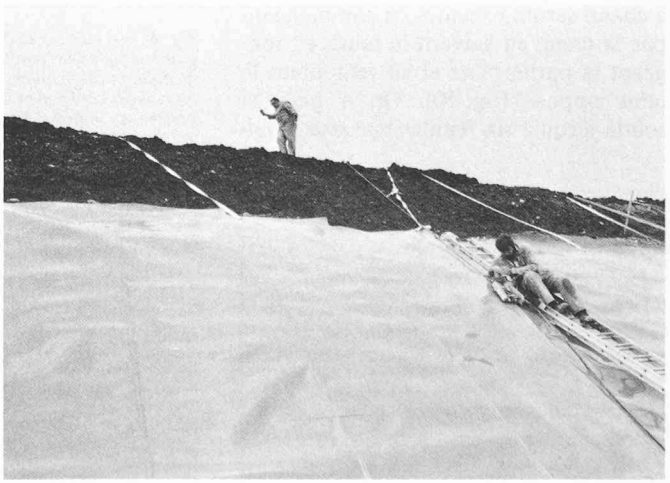


Fig. 10. — Soudage des feuilles qui se recouvrent de 8-13 cm avec un appareil à souder à chaud automatique. On passe l'appareil entre les deux feuilles de manière à chauffer les faces intérieures du recouvrement. En comprimant ensuite avec des rouleaux fixés sur l'appareil, il se forme deux joints parallèles enfermant un vide. Sur le chantier du Breitfeld, on a créé dans ce vide une pression d'air de 2 bar afin de contrôler l'étanchéité des joints. Si la chute de pression est moins grande que 0,1 bar en 15 min., l'essai est considéré comme concluant.
(Photo: Sarna Kunststoff AG, Sarnen)