

## Tranchée d'Onnens : les nappes souterraines

La galerie couverte d'Onnens constitue un des principaux ouvrages du tronçon vaudois de l'A5 entre Grandson et Vaumarcus. Des fortes pluies durant le printemps 2001 ont mis en évidence l'existence de deux nappes distinctes clairement séparées par une zone étanche. La construction de la tranchée couverte aurait créé un point de communication entre les deux nappes, avec pour conséquence des risques de tassements (pour le village d'Onnens) et d'inondations. Ces données, qui ne figuraient pas dans les documents utilisés pour l'élaboration du projet, ont impliqué d'importantes modifications de la conception de la tranchée.

### Contexte général

La galerie et ses deux tranchées d'accès traversent une zone géologique complexe dont la caractéristique principale est la présence de graviers aquifères, qui reposent sur la moraine inférieure et sont recouverts de limons lacustres. Les documents utilisés pour les études identifiaient deux types de nappes :

- une nappe supérieure libre dans les alluvions tardi- et post-glaciaire,
- une nappe inférieure captive dans les alluvions anciens.

L'ensemble de l'ouvrage se trouve dans des terrains saturés et la hauteur immergée de la galerie varie de deux à six mètres. Avec un tel système de nappes, la construction d'un élément imperméable comme la galerie d'Onnens était susceptible de rabattre le niveau des eaux et d'entraver leur écoulement (assèchement des puits d'Onnens), de dénoyer les sédiments fins se trouvant sous le village (risque de tassements) et de créer un étang en période de hautes eaux au lieu-dit « La Léchère » (côté portail Neuchâtel).

### Galerie

La galerie se compose d'un cadre en béton armé fermé dans lequel un mur médian partage la section en deux tubes pour séparer les sens de circulation (fig. 1). Trois portes permettent le passage d'un tube à l'autre alors qu'une galerie

technique, en partie supérieure du tube Jura, relie deux locaux techniques situés aux portails de la galerie.

Les deux extrémités de l'ouvrage comprennent des zones de transition entre le ciel ouvert et la galerie. La zone du côté Yverdon comporte un mur de soutènement de 110 m et un accès au local technique (fig. 2), alors que celle du côté Neuchâtel (fig. 3) se compose de deux murs de 75 m, un local technique étant construit derrière le mur Jura.

La dalle et les murs contre terre de la galerie sont en béton étanche avec un lé rapporté en LBP, le radier étant en béton étanche sans lé.

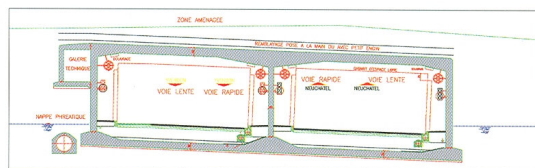


Fig. 1 : Coupe type de la galerie

Fig. 2 : Portails côté Yverdon

Fig. 3 : Portails côté Neuchâtel, avec la trémie en U

Fig. 4 : Réalisation d'un écran étanche bentonite-ciment

Fig. 5 : Systèmes aquifères de la tranchée couverte d'Onnens

Fig. 6 : Hautes eaux centennales

### Conception du projet

L'étude d'impact de juin 1997 imposait les contraintes suivantes à la conception de la galerie :

- éviter de rabattre la nappe en cours de chantier,
- éviter l'élévation du niveau de la nappe en amont de la galerie après les travaux,
- éviter la pollution de la nappe.

Sur la base de ces impératifs et des connaissances hydrogéologiques à disposition, le projet définitif retenu prévoyait les agencements suivants :

- Durant le chantier, l'ouvrage est réalisé en fouille talutée à l'abri de deux écrans étanches en bentonite enrichie de ciment (fig. 4). Des piézomètres, installés derrière les écrans et dans le village d'Onnens, permettent de surveiller le niveau de la nappe. Des témoins de fissurations et des points de contrôle par nivellement sont mis en place sur les bâtiments proches des fouilles. Côté lac, des écrans étanches assurent le maintien du niveau de la nappe, afin d'éviter le dénoyage des sédiments fins situés sous le village d'Onnens.
- En phase finale, il était prévu de réaliser des brèches d'une longueur de 3 m dans l'écran étanche jusqu'au niveau de la nappe, pour éviter tout risque d'inondation à la suite d'une élévation de cette dernière. Une couche drainante sur la dalle de la galerie et des tranchées drainantes tous les 50 m sous le radier devaient permettre à l'eau de passer d'un côté à l'autre de la galerie. Les déblais, stockés lors du terrassement et identiques aux matériaux initialement en place, devaient servir de matériaux de remblai.

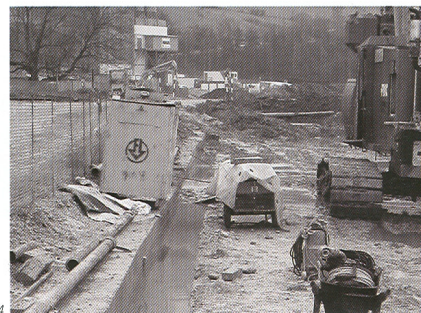
Les données à disposition et des sondages à la pelle effectués côté Yverdon laissaient supposer que la nappe était située au niveau du terrain naturel. La chaussée des trémies d'accès de la galerie était donc conçue avec une couche drainante posée sur le fond de forme, un géotextile de séparation et quatre drains longitudinaux de diamètre 200 mm, des éléments servant ensuite de support à la fondation et aux différentes couches d'enrobé de l'autoroute.

### Hautes eaux centennales

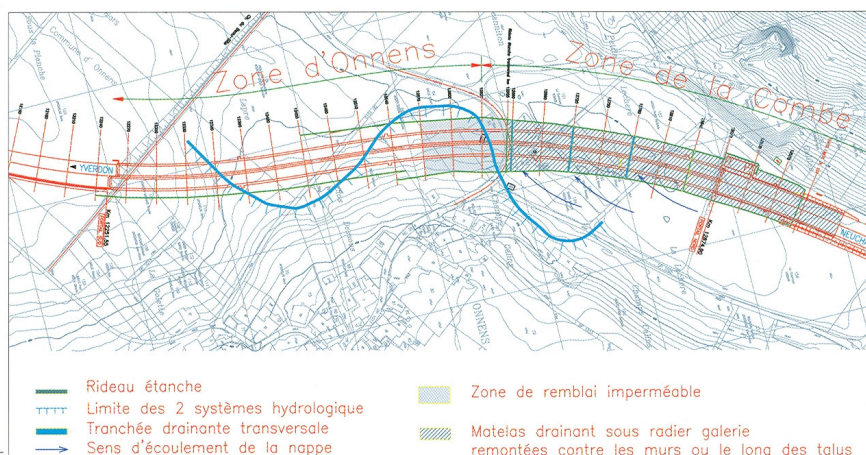
Lors des fortes pluies enregistrées au printemps 2001 (fig. 6), des mesures piézométriques effectuées par la DLT ont montré que le niveau réel de la nappe était supérieur aux valeurs extrêmes tirées des rapports géologiques et hydrogéologiques qui avaient été utilisés pour l'élaboration du projet. Informé de cette situation inattendue, le maître de l'ouvrage a ordonné de nouvelles analyses des écoulements dans le secteur, en y intégrant toutes les données à disposition, y compris les mesures du printemps 2001.

Ces analyses ont montré que l'on se trouvait en fait en présence de deux systèmes aquifères distincts, dont le principal concerne la Combe Praz Berthoud - Léchère et l'autre le village d'Onnens (fig. 5). Séparés par un front étanche situé sous la route cantonale RC 205, ceux-ci sont très différents :

- celui de la Combe est caractérisé par des niveaux perméables graveleux parfois épais, avec un faible gradient piézométrique ;
- celui du village d'Onnens est composé de petits niveaux aquifères sableux à caractère captif, avec un fort gradient piézométrique.







Cela signifie que la galerie traverse deux zones hydrogéologiques différentes séparée par une zone étanche, qui devait également être percée.

Dans sa partie amont, la galerie se situe dans la zone de l'aquifère principal. La construction de la tranchée dans cet aquifère engendrerait une diminution de la section hydraulique et provoquerait donc un effet de barrage perturbant le régime d'écoulement de la nappe, entraînant des risques d'inondation dans cette zone.

Dans le virage de la route cantonale RC 205, les formations très peu perméables du village d'Onnens forment un barrage qui dévie l'écoulement principal en direction de l'Ouest. Le passage de la galerie perce le barrage naturel, changeant ainsi le régime d'écoulement de la nappe de la Combe.

Au sud, le projet chemine dans des formations plus perméables qui peuvent entraîner un drainage du secteur d'Onnens : un tel drainage risquait d'engendrer des tassements pouvant conduire à des dégâts importants. Les débits mesurés dans cette zone pendant les travaux sont cependant restés plus modestes que ceux estimés initialement.

Pour les niveaux piézométriques extrêmes de la nappe principale, l'analyse des crues du printemps 2001 a été faite en tenant compte des mesures pluviométriques réalisées dans la région depuis un siècle. On a ainsi pu démontrer une bonne corrélation entre le niveau de la nappe dans la partie nord du projet et les conditions pluviométriques.

A la suite de l'étude de la pluviométrie et des crues de 2001, il était possible de prévoir, même sans prendre en compte l'effet de barrage constitué par l'ouvrage, que la montée extrême des eaux pourrait dépasser de 20 à 30 cm le niveau maximum observé en 2001 - lequel était déjà situé 1,10 m plus haut que le niveau admis pour l'élaboration du projet.

L'ensemble des analyses a conduit les responsables du projet à tirer les conclusions suivantes :

- l'ouvrage allait former un barrage pour l'écoulement de la nappe principale à partir au voisinage de la route cantonale RC205 ;
- les niveaux de crue sont nettement supérieurs aux niveaux extrêmes mesurés préalablement à la mise en chantier et admis comme données de base pour l'élaboration du projet.

Une modification du projet devenait nécessaire.

### Modifications du projet

#### Portail sud et tronçon aval

Dans cette zone, le niveau supérieur de l'écran étanche construit côté lac correspond approximativement à celui niveau des hautes eaux admissibles de la nappe d'Onnens. Cet écran n'a pas été démolit comme initialement prévu, mais maintenu au stade final, évitant ainsi l'abaissement de la nappe qu'aurait provoqué la présence de la galerie. Il en est allé de même pour le rideau étanche côté Jura, qui isole le chantier des venues d'eau en provenance de la nappe principale.

La galerie a été bétonnée directement sur le terrain, sans mise en place préalable d'un matelas drainant. Aucune exigence particulière n'était imposée quant à la perméabilité des



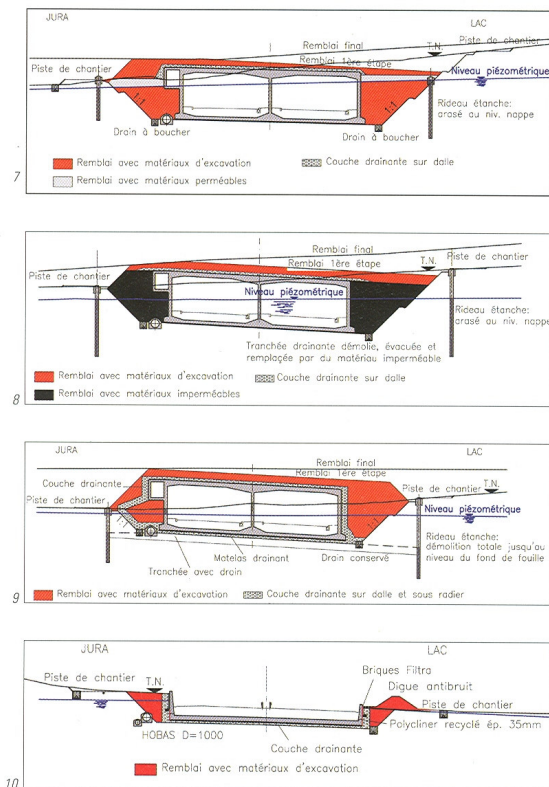
Fig. 7: Profil de remblayage, zone aval portail Yverdon

Fig. 8: Profil de remblayage, zone étanche

Fig. 9: Profil de remblayage, zone de la Combe

Fig. 10: Profil de remblayage, trémie du portail Neuchâtel

(Tous les documents illustrant cet article ont été fournis par les auteurs)



matériaux de remblayage, à l'exception toutefois d'une couche de matériaux drainants au niveau supérieur de l'écran côté lac. Cette couche drainante se trouve au-dessus du niveau maximal de la nappe d'Onnens, assurant ainsi un drainage transversal qui évite la montée des eaux côté village (fig. 7). Finalement, on a augmenté d'environ 30 m la longueur des drains longitudinaux derrière les murs de soutènement de la trémie sud tout en augmentant leur diamètre à 350 mm. Ces drains se déversent dans le système de récolte des eaux claires de l'autoroute.

#### Franchissement de la route cantonale

A cet endroit, la tranchée pénètre dans les formations moins perméables de la colline d'Onnens: le projet doit restituer le barrage déviant l'écoulement est-ouest de la nappe principale.

Dans ce secteur, les drainages longitudinaux de chantier ont été injectés alors que le remblayage était effectué au moyen de matériaux aussi étanches que possible, soigneusement compactés pour recréer le barrage naturel séparant les deux systèmes de nappe (fig. 8). Un rideau étanche transversal définitif en bétonite - ciment, fiché cinq mètres sous le fond de fouille et situé au droit de la RC 205, garantissant le maintien de l'imperméabilité du barrage.

#### Tronçon nord jusqu'au portail et trémie nord

Au stade final, la trémie nord - d'une longueur de 120 m - est constituée d'un bac en béton. La construction de la galerie et de la trémie a aussi nécessité la création d'écrans étanches fichés environ cinq mètres sous le fond de fouille pour pouvoir travailler au sec. Le bétonnage du radier a été précédé par la mise en place d'un « matelas » drainant.

En phase finale, les rideaux étanches ont été partiellement démantelés alors que le remblayage était effectué avec des matériaux perméables qui garantissent l'écoulement de la nappe du système de la Combe sous et autour de l'ouvrage (fig. 9 et 10).

#### Résultats

Pendant la phase de terrassement au nord du projet, des quantités importantes d'eaux souterraines ont été interceptées et ont dû être pompées pour permettre la construction de l'ouvrage. Des abaissements très significatifs des niveaux d'eau dans la nappe alluviale ont été observés, ceci essentiellement à proximité immédiate du projet.

Grâce aux modifications apportées au projet, les conditions hydrostatiques des sédiments fins glacio-lacustres sous le village d'Onnens n'ont pas été modifiées. Les mesures systématiques des niveaux, qui se sont poursuivies après la phase de remblayage, montrent que les niveaux des eaux souterraines retrouvent progressivement leur situation initiale. Le concept de maîtrise des eaux souterraines du secteur d'Onnens a ainsi permis à la fois de préserver les conditions d'écoulement régional des eaux souterraines et d'éviter tout tassement des bâtiments du village.

Chabane Larbi, ing. civil EPFL  
Emch+Berger, succursale de Lausanne  
Chemin d'Entre-Bois 29, CH - 1000 Lausanne 8