

FICHE TECHNIQUE

Mesures de flux Hydriques
multiniveaux

Outils pour la caractérisation
haute résolution des sites et
sols pollués

Direct Velocity Tool (DVT)

MESURE DE LA VITESSE D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

Vitesse de Darcy cm/j

Diamètre de forage de 60 à 110 mm

Profondeur de la nappe > 8 m

Profondeur de l'aquifère < 20 m

Temps de mesure de 10 à 15 min



Principe

Le Direct Velocity Tool (DVT) permet de mesurer les vitesses de Darcy des eaux souterraines à une profondeur donnée. Si couplé à des mesures de concentrations, il est possible de déterminer les flux massiques en polluants.

Le DVT permet de mesurer les vitesses de Darcy des eaux souterraines à l'aide d'une mesure de dilution. L'outil est composé d'une longue fenêtre réservoir étanche qui se plaque contre la paroi crépinée du piézomètre. Les eaux traversant la crépine, et donc la fenêtre réservoir, passent ensuite par un tube relié à un mélangeur. Ce dernier permet d'obtenir en sortie une solution homogène entre un traceur injecté dans l'outil et les eaux souterraines le traversant. La concentration obtenue à partir du mélange homogène permet ensuite de calculer la vitesse des eaux traversant la partie crépinée du piézomètre.

Matériel nécessaire

Le DVT est un appareil composé de vérins pneumatiques, d'une fenêtre réservoir étanche réceptrice du flux d'eau, d'un mélangeur et d'une sonde de mesure de la conductivité électrique de l'eau.

Le matériel nécessaire pour réaliser une mesure de la vitesse de Darcy est le suivant :

- le DVT ;
- les barres en aluminium permettant de descendre le DVT dans le forage ;
- un tuyau d'alimentation en traceur, un tuyau d'alimentation en air et un filin de suspension ;
- une pompe manuelle avec un manomètre ou un compresseur avec un contrôleur de pression ;
- une pompe péristaltique avec un débitmètre d'une sensibilité de 0,1 mL/min ;
- une caméra de forage ;
- une boussole ;
- une solution de traceur (solution saline) ;
- un conductimètre d'une sensibilité de 1 μ S)

Données préalables nécessaires

La position des fentes des crépines doit être connue, l'outil doit être plaqué en face des fentes de la partie crépinée du forage. La caméra de forage positionnée sur le DVT permet d'identifier la position des fentes des crépines.

Le sens d'écoulement de la nappe doit être connu. Le DVT doit être plaqué contre une surface crépinée du forage face au sens d'écoulement présumé de la nappe.

Mise en œuvre

Une fois le forage identifié, des mesures préliminaires sont réalisées (diamètre intérieur du forage, niveau statique, profondeur du forage). Ensuite le matériel est déployé :

- positionnement de la caméra de forage sur le DVT ;
- connexion du tuyau d'alimentation en air comprimé du DVT à la pompe à air manuelle ou au compresseur ;
- connexion de la pompe péristaltique entre le tuyau d'alimentation en traceur du DVT et le flacon de traceur ;
- remplissage du tuyau d'alimentation en traceur ;
- repérage du sens d'écoulement présumé de la nappe à l'aide de la boussole.

Le DVT est descendu dans le forage à la profondeur souhaitée. La valeur de la conductivité électrique de la nappe est relevée.

Par la suite, la caméra de forage est utilisée afin de positionner la fenêtre réservoir du DVT au niveau des fentes des crépines du forage situées face au sens d'écoulement de la nappe. L'outil est alors plaqué contre la crépine en gonflant les vérins pneumatiques jusqu'à une pression d'environ 7 bars augmentée de 1 bar tous les 10 m de profondeur.

La pompe péristaltique est mise en marche au débit souhaité. La valeur de la conductivité électrique mesurée par le DVT est relevée lorsque celle-ci est stabilisée (après un temps compris entre 10 et 15 min).

Pour finir, le système de gonflage des vérins pneumatiques est purgé et le DVT peut être déplacé à la prochaine profondeur de mesure de la vitesse de Darcy ou **dans une autre direction si la direction d'écoulement est mal connue.**

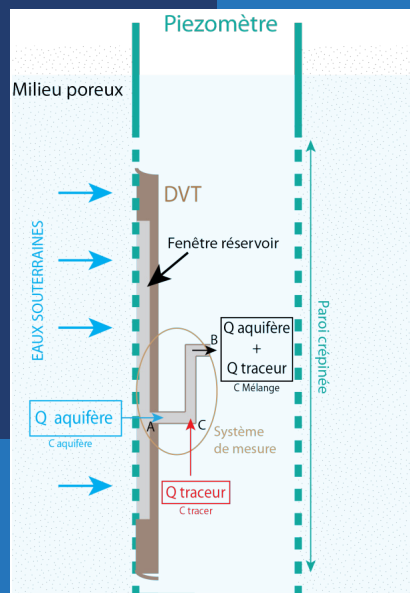


Figure 1 : Principe de fonctionnement du DVT

Interprétation de l'essai

A partir de la valeur de la conductivité électrique du mélange entre le traceur injecté dans le DVT et les eaux souterraines le traversant il est possible de déterminer la vitesse de Darcy de la nappe. En supposant que les deux fluides initiaux sont mélangés de manière homogène, et en adoptant une conservation de la masse, il est possible d'établir l'équation suivante :

$$Q_{\text{nappe}} X_{\text{nappe}} + Q_{\text{traceur}} X_{\text{traceur}} = (Q_{\text{nappe}} + Q_{\text{traceur}}) X_{\text{mélange}} \quad [1]$$

Où :

Q caractérise le débit
et X la conductivité électrique du traceur

Durant la manipulation, la conductivité électrique des différents fluides (traceur, nappe et mélange) ainsi que le débit d'injection du traceur, sont connus. Il est alors possible de calculer le débit de la nappe ayant traversé le DVT (Q_{DVT}) :

$$Q_{\text{dvt}} = Q_{\text{traceur}} * \frac{(X_{\text{mélange}} - X_{\text{traceur}})}{(X_{\text{nappe}} - X_{\text{mélange}})} = q_{\text{dvt}} * S_{\text{fenêtre}} \quad [1]$$

Où :

q_{dvt} représente la vitesse de Darcy traversant le DVT
 $S_{\text{fenêtre}}$ représente la surface de la fenêtre réservoir du DVT

La vitesse de Darcy de la nappe q_{nappe} correspond à la vitesse de Darcy traversant le DVT q_{dvt} est corrigée par le coefficient de distorsion α , selon l'équation suivante :

$$q_{\text{nappe}} = \alpha q_{\text{dvt}}$$

Le coefficient de distorsion α prend en considération la distorsion du flux d'eau traversant le forage provoqué par la présence du DVT.

Avantages, inconvénients et limites d'application de la technique

-Avantages :

- Le DVT permet de réaliser des mesures de vitesse de Darcy dans une gamme de vitesses comprises entre 5 cm/j et 1m/j, ce qui représente la grande majorité des vitesses d'écoulements des eaux souterraines.
- Il peut être déployé par un unique opérateur dans un temps limité et adapté aux contraintes opérationnelles (entre 10 et 15 minutes par point de mesure).

-Inconvénients :

- Le sens d'écoulement de la nappe supposé de la nappe doit être connu avant la réalisation des mesures. A défaut, plusieurs mesures à une même profondeur avec le DVT disposé à différentes orientations peuvent être réalisées afin de situer le sens d'écoulement de la nappe.

-Limites :

- L'outil doit être utilisé pour des mesures dans des nappes d'eau présentant un niveau piézométrique inférieur à 8 m/sol ;
- Le DVT n'est pas adapté pour des mesures de vitesse d'écoulement en milieu très perméable ($> 10^{-3}$ m/s) .

Disponibilité et coûts

Le flowmètre est disponible à l'achat, à la location et en prestation.

Des éléments de coûts et de temps passé pour une mesure des flux verticaux naturels et des horizons productifs en pompage dans un forage ayant 10 m de colonne d'eau sont résumés dans le Tableau 1.

Temps	En heure
Déploiement du matériel sur 1 forage	0,5 (1 technicien)*
Une mesure à une profondeur (purge + prélèvement)	0,5 (1 technicien)
Exploitation des résultats sur 1 forage	2 (1 technicien)

Tableau 1 : Estimation du temps nécessaire pour une mesure de vitesse de Darcy

Complément d'information

[1] Site du prestataire PoCible :

Description : <https://www.pocible.fr/metro/direct-velocity-tool-dvt>

Fiche technique : <https://www.pocible.fr/wp-content/uploads/2019/10/DVT.pdf>

[2] Résultats du projet HRSC

Film : <https://www.youtube.com/watch?v=lyOD2p61m74>

Rapport :

Rédacteur