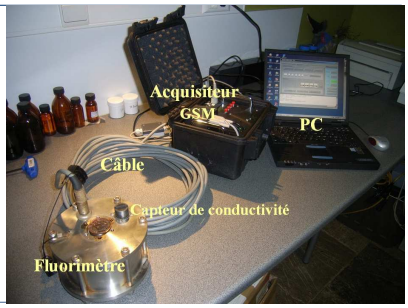
Le fluorimètre de terrain, une sonde multicapteurs appliquée aux études hydrogéologiques et environnementales *in situ*

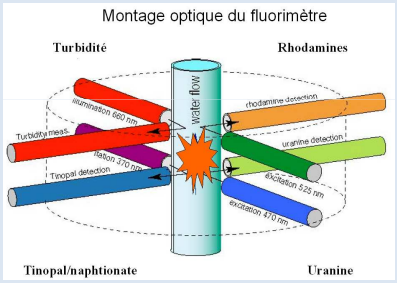
Pierre-André SCHNEGG [a], Philippe MEUS [b], Nevila JOZJA [c], Christian DEFARGE [c, d]

[a] *Albillia sarl, rue de l'Evole 13, CH-2000 Neuchâtel, Suisse*
[b] *European Water Tracing Services sprl, rue de la Chapelle 43 B-4550 Nandrin, Belgique*
[c] *Université d'Orléans, CETRAHE, (CEllule R&D d'Expertise et de TRAnsfert en TRAçages Appliqués à l'Hydrogéologie et à l'Environnement), Polytech'Orléans, 8 rue Léonard de Vinci, 45072 Orléans cedex 2, France*
[d] *Université d'Orléans, Université François Rabelais – Tours, CNRS/INSU, Institut des Sciences de la Terre d'Orléans – UMR 6113, Polytech'Orléans, 8 rue Léonard de Vinci, 45072 Orléans cedex 2, France*

1. Introduction

Le fluorimètre de terrain est un appareil qui permet d'automatiser *in situ* et en continu la mesure du signal de fluorescence dans les eaux. Le traçage des eaux souterraines à l'aide de traceurs fluorescents est une méthode de plus en plus préconisée par les guides techniques concernant la délimitation des aires d'alimentation des captages d'eau potable (Dörfliger *et al.*, 2010), l'établissement de leurs périmètres de protection, en particulier en milieu karstique. Dans ce contexte, les traçages mettant en œuvre plusieurs traceurs de manière simultanée (multi-traçages) sont très utiles, car ils permettent à la fois l'obtention de résultats rapides et une diminution des coûts. Le fluorimètre multiparamètres de terrain offrant un suivi en temps réel d'une restitution éventuelle avec une bonne sensibilité se généralise pour ces applications. L'appareil permet également de suivre les matières organiques fluorescentes des eaux en adaptant le dispositif à leur détection (*e. g.* Schnegg & Le Doucen, 2006). Ces applications, de développement assez récent, devraient aider à mieux suivre l 'évolution des matières organiques naturelles des eaux, mais aussi à détecter les pollutions organiques en provenance de terrains agricoles ou de sites contaminés.

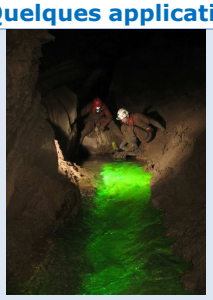




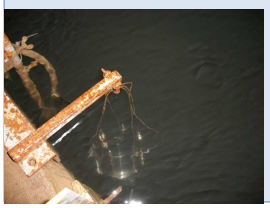
2. Description du fluorimètre de terrain

La sonde, faite en acier inoxydable, est immergée directement en rivière, source ou forage. L'eau à analyser transite à l'intérieur de la chambre optique (tube de verre de section cylindrique). Le système optique se compose de 4 lampes et de 3 photodiodes montées sur 4 axes perpendiculaires et sur 2 étages. Des filtres d'excitation et d'émission de fluorescence équipent chaque axe. Les lampes s'allument à tour de rôle, ce qui permet de mesurer jusqu'à 3 réponses indépendantes (3 traceurs fluorescents préalablement sélectionnés), ainsi que la turbidité de l'eau. La sonde abrite un convertisseur analogue – numérique fonctionnant en mode unipolaire sur 24 bits, soit une capacité de résolution de 1 sur 16'000'000. Les données sont transmises à l'acquisiteur par un câble de 15 m ou plus. Le signal est transmis sous forme digitale. Le boîtier peut se connecter à tout PC au moyen de l'interface série ou USB. Pour un travail sans surveillance, l'acquisiteur enregistre jusqu'à 4 x 80'000 valeurs et la température de l'eau (précision: 0,1°C) sur sa carte Compact Flash.

3. Quelques applications environnementales

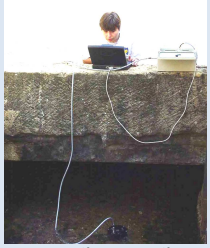


Suivis de restitution de traceurs fluorescents

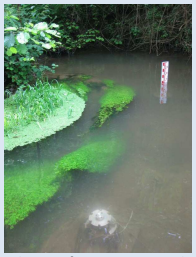


Suivi de turbidité dans un puits

Sondes pour suivi en forage



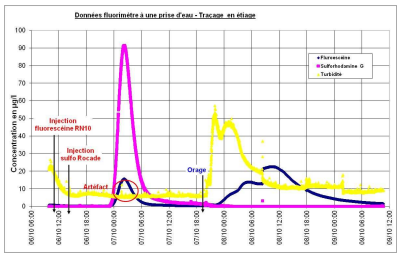
Jaugeage d'un cours d'eau



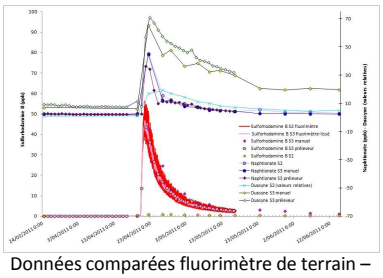
Suivi de matière organique dissoute

4. Cas des traçages hydrogéologiques

Exemples de restitutions de traceurs fluorescents obtenus à l'aide du fluorimètre modèle GGUN FL-30



Multitraçage uranine/sulforhodamine

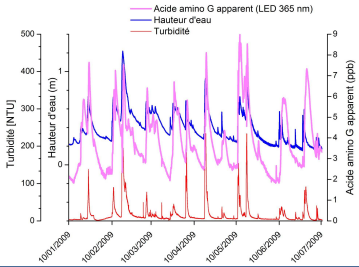


Données comparées fluorimètre de terrain – prélèvements et analyses au laboratoire

Exemple de suivi de matière organique

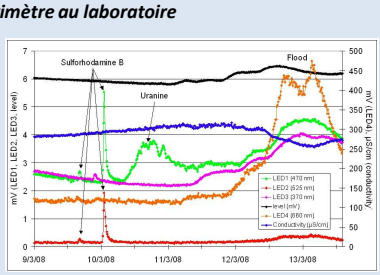
Le graphique ci-contre montre les variations du signal de la LED3* (365 nm) selon le régime d'une source karstique, en fonction du niveau d'eau de la source. Ce signal de fluorescence naturelle est ici exprimé en concentration équivalente d'amino G. acide dont les longueurs d'onde caractéristiques sont : Excitation = 345nm ; Emission = 452nm.

**LED (Light-Emitting Diode) – Diode électroluminescente*



Le fluorimètre de terrain: avantages et inconvénients par rapport à la méthode prélèvements de terrain + analyses par spectrofluorimètre au laboratoire

Avantages	Inconvénients
Encombrement	Limite de détection moins bonne
Résolution temporelle	Précision moins bonne
Pas de problème de gel	Encrassement de l'optique
Résultats « en direct » (GSM) et alarmes SMS	Interférences entre traceurs
Pas de risque de contamination ou de problème de conservation des échantillons	Electronique plus fragile
Correction de turbidité	
Correction des interférences entre traceurs	
Paramètres additionnels : turbidité, température, conductivité…	
Pas de limite d'aspiration	
Rinçage permanent	
Meilleure autonomie	
Peut même être rendu entièrement étanche	



La figure ci-dessus à droite montre que les variations de la fluorescence naturelle (partie droite des courbes) peuvent atteindre assez souvent des niveaux d'intensité comparables ou supérieurs à ceux que l'on mesure en cas de restitution de traceurs. Dans ce cas, les restitutions ont été confirmées par des analyses d'échantillons au laboratoire. Cet exemple montre bien les incertitudes liées à l'utilisation exclusive de la fluorimétrie *in situ*, et qu'il faut rester prudent quant à l'interprétation de ces signaux. La manière la plus intelligente de travailler serait de systématiquement contrôler les résultats par la spectrofluorimètrie de laboratoire (réalisation de spectres confirmant la présence effective de tel ou tel traceur).

Références

Dörfliger N., Crochet P., Guérin R., Jozja N., Marsaud B., Mondain P.H., Muet P. & Plagnes V. 2010. Guide méthodologique. Les outils de l'hydrogéologie karstique. BRGM RP-58237-FR. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans.
Käss W. 1998. Tracing technique in geohydrology. Balkema, Rotterdam.
Schnegg P-A. 2003. A new field fluorometer for multi-tracer tests and turbidity measurement applied to hydrogeological problems. Proceedings of the Eighth International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro
Schnegg P-A. & Le Doucen O. 2006. Multispectral field fluorometer for tracer tests in waters of high natural fluorescence. *In* : Durán J.J., Andreo B. & Carrasco F. (Eds.),Karst, climate change and groundwater. Hidrogeologia y Aguas Subterráneas N°18.,77-80,Madrid.
Schnegg P-A.& Meus P. 2009. Field fluorometer for simultaneous detection of 3 colourless tracers. 71st EAGE Conference & Exhibition, Amsterdam, The Netherlands, 8 - 11 June 2009.

Albillia
field fluorometers for the hydrogeology
POLYTECH ORLÉANS
ISTO Institut des Sciences de la Terre d'Orléans
Région Centre
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE