

Etude expérimentale de la dégradation des traceurs fluorescents sous l'influence des variations de paramètres environnementaux

JOZZA N. ^a, DEFARGE C. ^{a, b}, DUFOUR A. ^a

^a 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

^b 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

Contexte et objectifs

La réalisation des traçages à l'aide de traceurs fluorescents conduit, dans certains cas, à des bilans de restitution très déficitaires. Compte tenu de l'incidence que ce phénomène peut avoir sur la forme de la distribution des temps de séjour, il devient nécessaire de mieux connaître et, si possible, de quantifier la dégradation des traceurs fluorescents en fois injectés dans le milieu naturel (Käss 1998, Schudel *et al.* 2002, Dörfliger *et al.* 2010). Nous présentons ici les premiers résultats d'une étude expérimentale de plusieurs mois portant sur l'impact de facteurs environnementaux tels que la lumière et la température, sur la fluorescence des traceurs les plus couramment utilisés (uranine, éosine, sulforhodamine B). Cette étude essaie de quantifier l'impact de chaque paramètre sur chaque traceur, donnant également une idée de la cinétique de dégradation.

Protocole expérimental

Expériences sur l'effet de la lumière

Préparation de 3 séries de concentrations de 0,5; 1; 5, 10 et 25 µg/L à partir de traceurs en poudre et d'eau déminéralisée tamponnée à pH 7 à l'aide de NaOH 0,1 N.

1^{ère} série : Placée à l'obscurité dans des flacons en verre brun renforcés par du papier aluminium.

2^{ème} série : Exposée à la lumière ambiante du laboratoire, 10-11 h par jour, dans des fioles en verre clair borosilicaté.

3^{ème} série : Laisser en contact avec la même lumière dans des flacons en verre brun (pour évaluer l'utilité de ce type de flaconnage).

Expériences sur l'effet de la température

Préparation de 3 séries de la même gamme de concentrations dans les flacons en verre brun renforcés par du papier aluminium et soigneusement gardés à l'obscurité : 1^{ère} série placée à température ambiante au laboratoire ; 2^{ème} série au réfrigérateur à une température de 4°C ; 3^{ème} série dans une étuve à 40°C.

Les mesures de fluorescence ont été réalisées à l'aide d'un spectrofluorimètre HITACHI F-7000 équipé d'une lampe Xe.

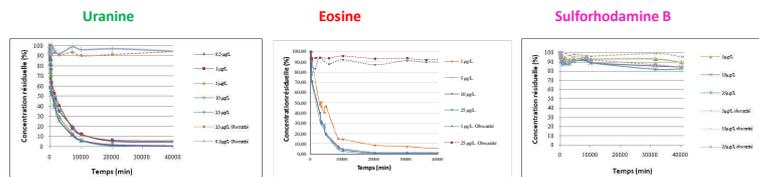


Résultats

La dégradation des traceurs au cours du temps a été déterminée par rapport à la valeur de l'intensité de départ, mesurée au démarrage de l'essai. Elle est exprimée en pourcentage de concentration résiduelle en fonction du temps.

Effet de la lumière

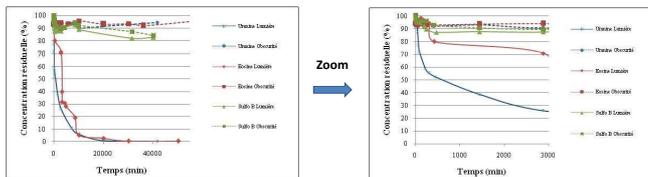
Cinétique de dégradation pour différentes concentrations par comparaison à l'obscurité



En cohérence avec la littérature (Smart & Laidlaw 1977, Cai & Stark 1997, Käss 1998, pour l'uranine), une forte décroissance de fluorescence est constatée pour l'uranine et l'éosine dès les premières heures de l'exposition. En revanche, la sulforhodamine B semble plus résistante à la lumière.

Uranine et éosine : dégradation de 99% de la concentration initiale en 2 semaines.
Sulforhodamine B : seulement 20% en 2 mois d'exposition.

Comparaison de la dégradation des 3 traceurs dans les premières heures (2 jours) pour une concentration de 25 µg/L

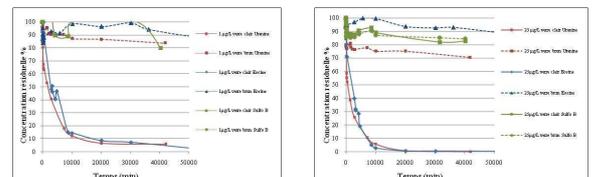


On observe pour l'éosine une décroissance plus lente que celle de l'uranine ; de l'ordre de 20% au bout de 1 h pour l'uranine contre 5 h pour l'éosine.

Dans les expériences menées par Cai et Stark (1997), la dégradation de l'uranine (en bécher de verre) a été nettement plus rapide, 50% au bout de 15 min pour une concentration initiale de 750 µg/L. Une explication de cette différence pourrait être cherchée dans la qualité des poudres de départ.

Effet du contenant

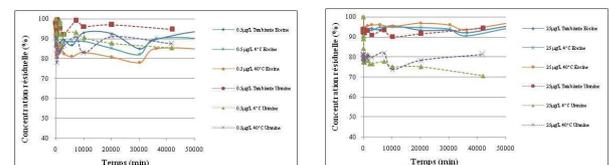
Cinétique de dégradation de l'uranine, de l'éosine et de la sulforhodamine B pour une concentration de 25 µg/L en fonction du contenant sous l'effet de la lumière



On constate une différence sensible du taux de dégradation des traceurs exposés à la lumière entre le verre clair et le verre brun. Par exemple, pour une concentration de 25 µg/L, l'uranine perd seulement 30% de concentration initiale en 2 mois d'exposition, et l'éosine environ 20% (contre 99% en 2 semaines dans du verre clair). L'effet est moins net pour la sulforhodamine B, la raison en restant à expliquer.

Effet de la température

Cinétique de dégradation de l'uranine et de l'éosine sous l'influence de la température pour 2 concentrations différentes : 0,5 et 25 µg/L



La température (40°C) a une influence notable sur la dégradation de l'uranine. Le traceur s'est dégradé de plus de 26% au bout d'une semaine pour une concentration initiale de 25 µg/L contre 7% à température ambiante. L'effet est moins net pour les faibles concentrations en uranine et pour les autres traceurs.

Conclusion

Les premiers résultats confirment l'impact très net et très rapide de la lumière sur la dégradation de l'uranine et de l'éosine. L'effet semble moins prononcé sur la sulforhodamine B. Dans le cas de l'uranine, il est montré que les fortes températures (40°C) ont également un effet amplificateur sur la dégradation. La conservation dans du verre brun a un impact atténuateur très net sur la dégradation, mais qui n'est pas absolu ; une protection et des précautions complémentaires sont donc recommandées lors des opérations de traçage. Ces résultats seront complétés par des études, en cours, sur les autres traceurs fluorescents courants et l'influence d'autres paramètres environnementaux.

Références

- CAI S.S. & STARK J.D. 1997. Evaluation of five fluorescent dyes and triethyl phosphate as atmospheric tracers of agricultural sprays. *Journal of Environmental Science and Health*, B32(6), 969-983.
- DÖRFLIGER N., CROCHET P., GUÉRIN N., JOZZA N., MARSAUD B., MONDAN P.H., MUET P., & PLAIGNES 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.
- SCHUDEL B., BIAGGI D., DÉRIVY T., KOZEL R., MÜLLER I., ROSS J.H., & SCHINDLER U. 2002. Utilisation des traceurs artificiels en hydrogéologie – Guide pratique. Rapp. OFEG, Sér. Géol. 3. Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, Berne.
- SMART P.L. & LAIDLAW I.M.S. 1977. An evaluation of some fluorescent dyes for water tracing. *Water Resources Research*, 13(1), 15-33.