

Simulation Physique du Transport des Polluants dans les Ecoulements à Surface Libre - Cas du phénol en canal trapézoïdal-

Physical Simulation of Transport of Pollutant in Shallow Water - Case of Phenol in Trapezoidal Open Channel -

A. M. LAGOUN⁽¹⁾, S. BENZIADA⁽²⁾, M. AZLAOUI⁽³⁾

⁽¹⁾ Université des sciences et technologies Houari Boumediene Bab Ezzouar, Alger

⁽²⁾ Laboratoire de Recherche Sciences de l' Eau(L.R.S -EAU), ENP, Alger

⁽³⁾ Université Kassedj Merbah, Ourgla

Email : lagounali@yahoo.fr

Résumé— De toutes les questions d'environnement qui se posent à nos jours, celle de l'eau est probablement l'une des plus cruciales. Les cours d'eau, qui constituent une composante fondamentale des écosystèmes aquatiques, doivent avoir la priorité dans la lutte engagée contre la pollution, puisque l'homme a besoin de l'eau en quantité et en qualité. Ce besoin fondamental et la pollution grandissante ont suscité l'intérêt pour le développement de la recherche dans le domaine du transport de polluant.

L'objectif est de procéder à une étude qualitative et quantitative de phénomène de transport de polluant en l'occurrence le phénol dans un canal trapézoïdal ; forme le plus usuel et le plus semblable à un cours d'eau réel, et de déterminer ainsi l'influence des paramètres hydrodynamiques (débit, profils de vitesse) et des quantités rejetées sur le devenir des polluants dans les rivières.

Mots clés— Canal trapézoïdal, Pollution, Transport des polluant, Phénol.

Abstract—Of all the questions of environment which arise for our days, that of water is probably one of most crucial. The rivers, which constitute a fundamental component of the watery ecosystem, having to have the priority in the fight engaged against pollution, since the man needs water in quantity and quality. This fundamental need and growing pollution aroused the interest for the development of research in the field of transport of pollutant.

The aim of this work is to make a qualitative and quantitative study of phenomenon of transport of pollutant in fact the phenol in a trapezoidal open Channel; to look further into our comprehension of this phenomenon, and to determine the influence of hydrodynamic parameters (flow, velocity..) and quantity rejected on becoming to the polluting in the rivers.

Key words— Trapezoidal channel, pollution, Transport of pollutant, Phenol

I. INTRODUCTION:

La pollution des cours d'eau est souvent ponctuelle [5] une fois la matière injectée, elle subit plusieurs processus, dans cette optique, plusieurs recherches ont été élaborées pour déterminer les différents mécanismes présents dans le transport du polluant dans un cours d'eau. Parmi les plus brillantes publications dans ce domaine, ce sont celles de Fischer [4] et Rutherford [8]... [1]

II. PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT DANS LES COURS D'EAU :

Lorsqu'une substance quelconque est injectée dans un écoulement, un nuage de forte concentration se forme. En se déplaçant, ce nuage occupe une région plus grande et la concentration devient plus faible. La réduction de la concentration s'effectue par plusieurs processus tel que : la diffusion, l'advection, et la dispersion [2], [6], [7], [9], [10].

III. INSTALLATION EXPÉRIMENTALE :

L'installation expérimentale se compose essentiellement d'un réservoir d'alimentation, un canal trapézoïdal et un système d'injection et de prélèvement.

Le montage a été conçu et mis en place au niveau de Laboratoire d'hydraulique (LRS eau) de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger.

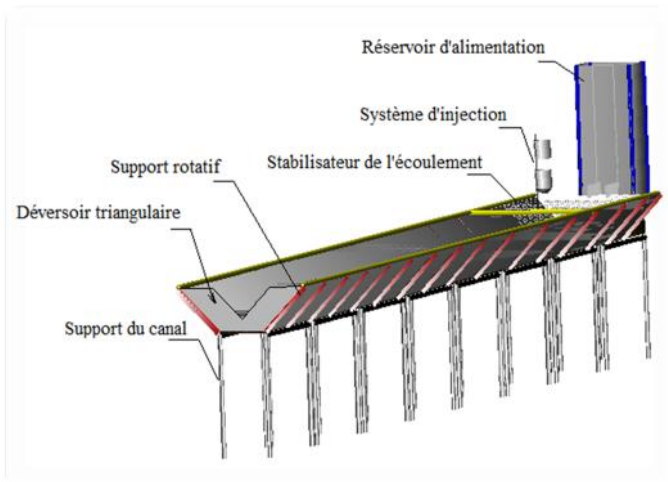


Fig 1. Schéma en 3D de l'installation expérimentale



Fig 2. Installation expérimentale (LRS. Eau.)

Tab 1. Synthèse des caractéristiques du canal

Désignation	Paramètres	Valeurs
Canal	Forme	Trapézoïdale
	Pente [%]	5
	Longueur [m]	10,4
	Largeur [m]	0,4
	Inclinaison des talus [°]	60
	Hauteur des talus [cm]	50
Déversoir	Forme	Triangulaire
	Angle d'ouverture [°]	90
	Hauteur de la pelle [cm]	10

IV. MOYENS DE MESURE :

✓ **Mesure de débit** : Après Etalonnage du déversoir, le débit est calculé en fonction de la hauteur déversée par : $Q = 1,35.h_d^{5/2}$

✓ **Mesure des concentrations** : Après Etalonnage du phénol, les concentrations des échantillons prélevés sont déterminées en fonctions de leurs densités optiques : $C = 80 D_0$

V. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE :

Le débit est réglé en amont par la vanne et contrôlé par le déversoir en aval. En mettant la pompe en marche, l'eau entre dans le canal, une fois l'écoulement stabilise, la mesure expérimentale des hauteurs d'eau des différentes sections dans la direction longitudinale (x) à l'aide d'un limnimétrie et déterminer ainsi l'allure de la ligne d'eau.

Une série des prélèvements ont été effectués, pour différentes scénarios d'injection, les échantillons prélevés sont analysé immédiatement au laboratoire par spectrophotométrie.

VI. ETUDE HYDRAULIQUE DU CANAL

VII. RÉSULTATS ET DISCUSSION:

A. Dispersion longitudinale :

Les résultats relatifs à la progression du phénol pour chaque 1 m dans la direction longitudinale x et pour le plan médian $y=0$ à la surface libre sont présentés dans la suite (**Injection instantanée du phénol pendant 30 s**) :

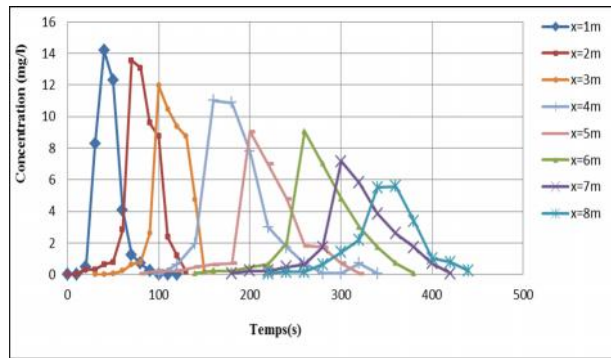


Fig 3. Evolution de la concentration du phénol pour $Q = 0,79$ l/s et $C_0 = 500$ mg/l

Discussion :

- Il y'a une chute brutale des concentrations maximale obtenu par rapport aux concentrations initiale, cela est dû essentiellement au phénomène de *dilution* qui se produit juste après l'injection de polluant [3] ,[10].
- Au voisinage de l'injection les profils sont pointus, Le palier est devenu beaucoup plus important en allant vers l'aval et les profils prennent un peu la forme gaussien avec une décroissance en concentrations. Cela est expliqué par la dominance de l'*advection* au voisinage de l'injection, En s'éloignant du point d'injection du polluant, le transport devient de plus en plus *diffusif*.

B. Influence de débit :

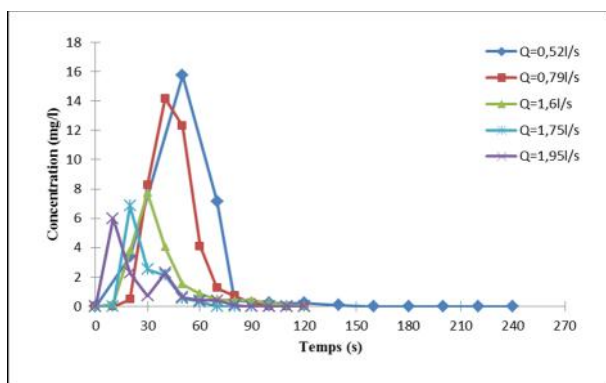


Fig 4. Evolution de la concentration du phénol en fonction du temps à $x = 1$ m pour $C = 500$ mg/l et pour différents débits.⁰

Discussion :

On remarque que :

- Les concentrations obtenues sont beaucoup plus importantes pour les débits faibles.
- Le temps de séjours de polluant est beaucoup plus important pour les faibles débits

C. Pics de concentration

a- Pics de concentration en fonction du débit :

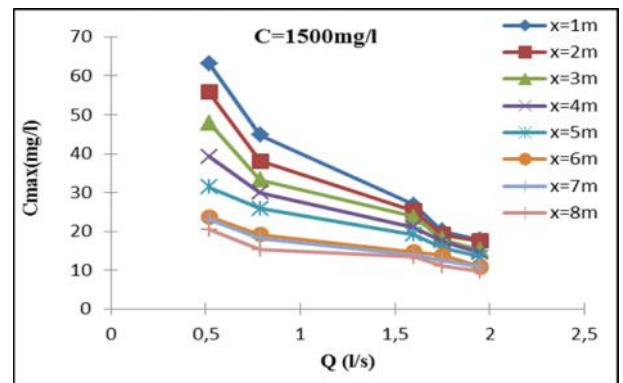
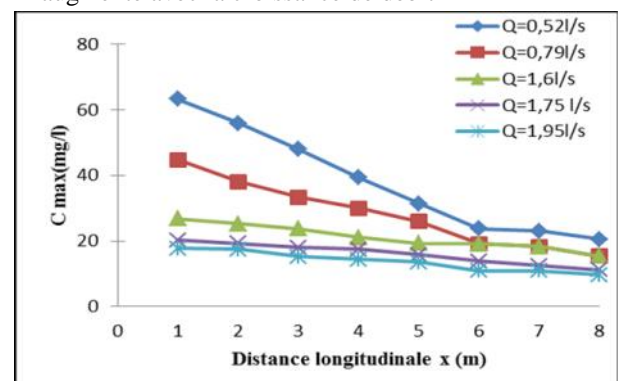


Fig 5. Variation des concentrations maximales en fonction du débit pour $C = 1500$ mg/l pour différents distances longitudinales x .

Q [l/s]	U [m/s]	Re	Fr	Régime d'écoulement
0,52	0,008	2848	0,006	Fluvial & Transitoire
0,79	0,011	4220	0,009	Fluvial & Turbulent
1,60	0,019	8145	0,015	Fluvial & Turbulent
1,75	0,021	8831	0,016	Fluvial & Turbulent
1,95	0,023	9755	0,017	Fluvial & Turbulent

Discussion :

Les pics enregistrés sont plus faibles pour des débits important, cela est dû au *taux de dilution* qui augmente avec la croissance de débit



Discussion :

Le taux d'écrasement des concentrations augmente avec la décroissance de débit, c'est l'effet du **temps de séjours** qui est plus important pour des débits faibles, la dispersion avait donc plus de temps pour se manifester.

VIII. Conclusion

L'étude qualitative des profils de concentrations obtenus expérimentalement, a permis de bien appréhender le phénomène et de mettre en évidence les mécanismes qui le régissent.

Pour le cas d'injection instantanée, l'analyse de l'évolution spatio-temporelle de la concentration de phénol a permis de distinguer deux zones :

- Une zone dite *d'advection* ; près de l'injection ou les profils obtenus sont pointus, le transport est alors convectif.
- Une zone diffusif, dans le champ lointain, où le palier des profils de concentration est plus important, le transport devient donc de plus en plus diffusif.

L'étude quantitative et la comparaison entre les résultats obtenus pour différents scénarios d'injection montre que Le phénomène de transport est très lié à la variation de débit, vu son influence sur les propriétés de l'écoulement qui transporte le polluant à savoir :

- La vitesse moyenne de l'écoulement et par conséquent le processus d'advection, une augmentation de débit conduit à des vitesses plus importantes, et le transport dévient ainsi plus convectif.
- Le *nombre de Reynolds* devient plus important pour des vitesses élevées, et par conséquent le phénomène de la turbulence s'accroît; et donc la diffusion sera plus importante. Ce qui augmente notablement le taux de mélange.
- Le *temps de séjour* est plus important pour des débits faibles (vitesse faible), donc le taux d'écrasement de la concentration par la dispersion longitudinale sera plus important.
- Une augmentation de taux de dilution, qui veut dire des concentration plus faible pour des débits plus grands.

REFERENCES :

[1] Chanson, H., (2004). «Environmental hydraulics of open channel flow», Library of Congress Cataloging in Publication Data. 423 pages.

[2] Czernuszenko, W & Alexey, R (2005). «Three-dimensional model of flow and mixing processes in open channels ».book.

« Water quality hazards and dispersion of pollutants » pp. 35-54, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. (Springer 2005).

[3] Fischer, H.B., (1966). « Longitudinal dispersion in laboratory and natural streams » . Report No. KH-R-12, Journal of Water Resources Division, 250 pages.

[4] Fischer, H.B & John, E.L., (1979) . « Mixing in inland coastal waters ». Academic press . INC. Library of Congress cataloging in publication data. 458 pages.

[5] Gerhard, H, J & Volker, W. (2005). «Mixing Models for Water Quality Management in Rivers», book. «Water quality hazards and dispersion of pollutants». pp 01-34, Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. (Springer 2005).

[6] Gharbi, S (1998). « Évaluation des coefficients de mélange longitudinal et transversal des polluants dans les cours d'eau: proposition de nouvelles formules», Thèse Doctorat à l'université Laval Québec, 197 pages.

[7] Hibbs, D. & Gulliver, J., & Voller, V. & Chen, Y. F. (1999). «An aqueous concentration model for riverine spills ». Journal of Hazardous Materials, A64 : pp 37-53.

[8] Rutherford, J.C. (1994). « River mixing ». Willey & Son, New York. U.S.A. 347p

[9] Shen, H.T. & Yapa, P. D. & Zhang, B. Z., (1995). « A simulation model for chemical spills in the upper St Lawrence River ». Journal of Great Lakes Research, Volume 21, N° 10, pp. 652-664.

[10] Steve, W & Russell, M. (2005). « On the theoretical prediction of longitudinal dispersion coefficients in a compound channel » . book. « Water quality hazards and dispersion of pollutants». pp 69-84 Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. (Springer 2005).