

DYNAMIQUE EVOLUTIVE DU PARAQUAT DANS LES SOLS SABLO-LIMONEUX: APPROCHE COUPLEE PAR MODELISATION ET EXPERIENCES DE LABORATOIRE.

Alain Didier SIMO^{1*}, Mathias FONTEH FRU¹

^{1*}Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agronomy and Agricultural Sciences, University of Dschang, P.O Box 222 Dschang, Cameroon

*Corresponding author: salaindidier@yahoo.fr

Résumé

Dans ce travail, un modèle numérique en 1-D a été développé pour le suivi de l'évolution de la concentration du paraquat sur une profondeur de 1m en la segmentant en 10 cm (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100) dans les sols sablo-limoneux en fonction du temps, et a été appliqué dans le bassin versant de Djuttitsa à l'ouest du Cameroun. Pour ce faire, l'équation de convection-dispersion qui gouverne le transport des polluants dans le sol a été résolue numériquement, par la méthode des volumes finis. Un code en Scilab a été écrit pour obtenir les solutions numériques de cette équation et les simulations ont été faites avec les données issues de la zone d'étude. D'autre part, une expérience a été menée au laboratoire où des échantillons non perturbés de chaque horizon de sol de la zone d'étude ont été pollués et les filtrats ont été recueillis toutes les dix minutes et analysés au spectrophotomètre à UV-visible pour déterminer leurs absorbances puis leurs concentrations par la loi de Beer-Lambert. L'efficacité du modèle a ensuite été calculée par la formule due à Marin-Benito en comparant les valeurs simulées par le modèle à celles obtenues au laboratoire. L'efficacité de 97,5% obtenue a permis de valider le modèle.

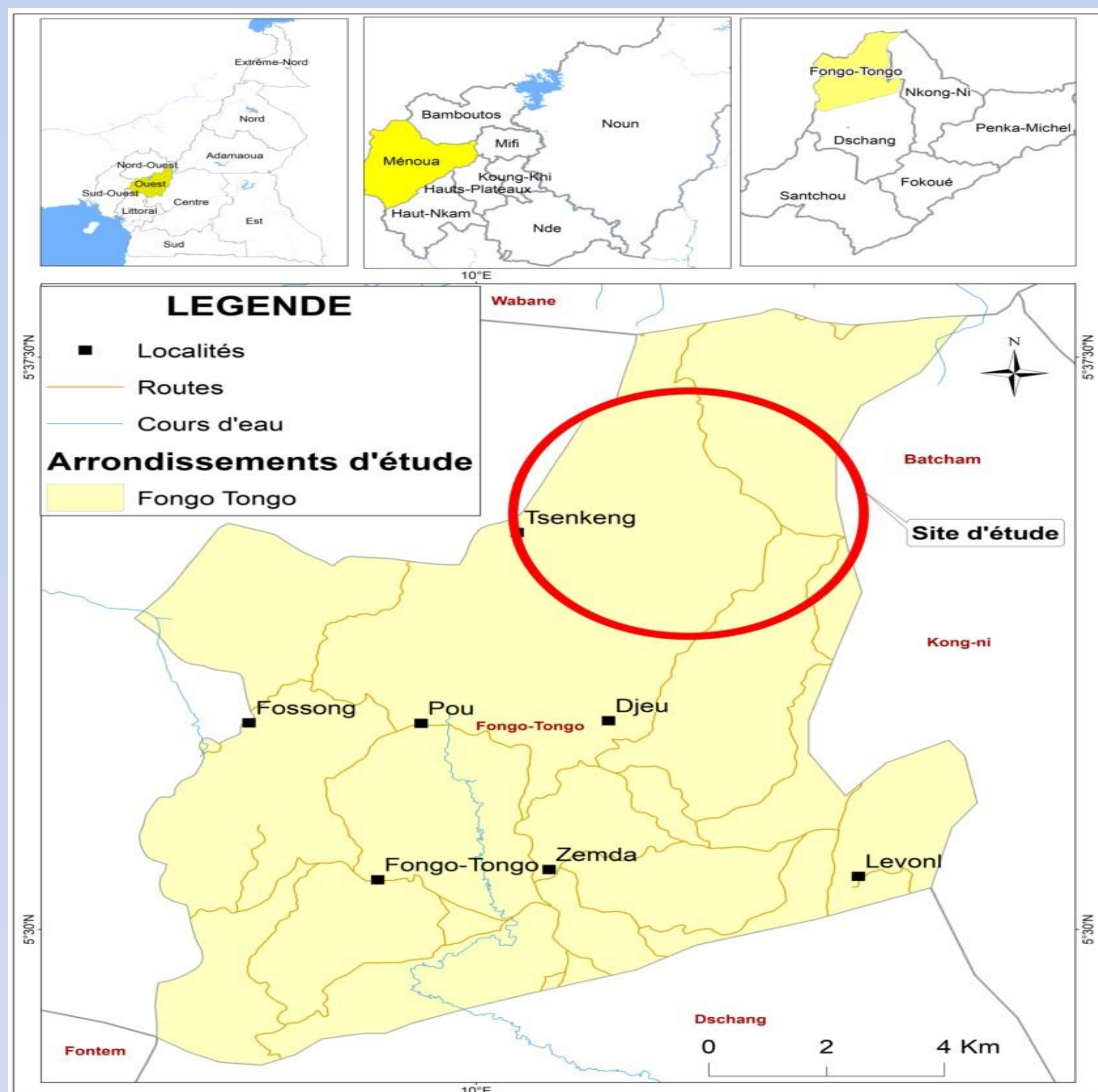
1. Introduction

Le nombre d'intoxications par les pesticides est estimé de 1 à 5 millions de cas chaque année [1]. Par ailleurs, on compte environ 220.000 décès dus aux pesticides par an dans le monde [2]. Si les pays en développement n'utilisent que 25% des pesticides produits dans le monde, 99% d'intoxications se sont produites dans ces pays et particulièrement en zone rurale, le plus souvent dues à la mauvaise manipulation des produits (dosage, stockage). L'objectif de ce travail est de développer un modèle numérique de transfert de pesticide, de faire des simulations avec du paraquat sur le site du bassin versant de Djuttitsa à l'ouest du Cameroun et d'évaluer sa performance.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Zone d'étude

Le bassin versant de Djuttitsa a été choisi comme zone d'étude à cause de la forte utilisation des pesticides[3]. Sa localisation géographique est entre 5°24' et 5°45' latitude Nord, et entre 10°2' et 10°40' latitude Est.



2.2. Résolution de l'équation de convection-dispersion par la méthode des volumes finis

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial t} [R(\theta)C] - \frac{\partial}{\partial z} \left[D(\theta, v) \frac{\partial C}{\partial z} \right] + \frac{\partial}{\partial z} [vC] = 0 \text{ in }]0, 1[\\ C(z, 0) = C_0(z) \\ C(0, t) = c(1, t) = 0 \\ R(\theta) = 1 + \rho \frac{K_d}{\theta} \end{array} \right.$$

C , concentration du polluant dans le sol
 K_d , coefficient de transfert entre les phases solides et liquides
 D , coefficient de dispersion

Matériel et Méthodes (SUITE)

2.3. Détermination des paramètres pédologiques

Les paramètres suivants ont été évalués:

- La texture par analyse granulométrique
- La teneur en eau résiduelle et à saturation
- La conductivité hydraulique
- La densité du sol
- Le coefficient d'absorption

2.4. Déterminations des valeurs expérimentales des concentrations de paraquat dans les filtrats.

Les échantillons non perturbés de sol ont été recueillis à différents horizons (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90, 90-100 cm) du site d'étude puis pollués au laboratoire par une solution au paraquat de concentration $5,4 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$. Les filtrats sont recueillis toutes les dix minutes et analysés au spectrophotomètre pour déterminer leurs absorbances puis leurs concentrations par la loi de Beer-Lambert:

$$A = \epsilon l C$$

A : absorbance

l : Tank length

ϵ : Molar extinction coefficient in $L \cdot \text{mol}^{-1} \text{cm}^{-1}$

C : Molar concentration of colored substances in mol/l

2.5. Calcul de la performance du modèle

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

O_i : valeur observée

\bar{O} : moyenne des O_i

S_i : valeur simulée

n : nombre d'observations

3. Résultats

3.1. Schéma numérique de résolution de l'équation de convection-dispersion par la méthode des volumes finis.

$$\left\{ \begin{array}{l} R_i^n h_i \frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{k} + D_i^n \left(-\frac{C_{i+1}^n - C_i^n}{h_{i+\frac{1}{2}}} + \frac{C_i^n - C_{i-1}^n}{h_{i-\frac{1}{2}}} \right) + v(C_i^n - C_{i-1}^n) = 0 \\ C_i^0 = \frac{1}{h_i} \int_{K_i} C_0(z) dz \quad \forall i = 1, \dots, N \\ C_0^n = C_{N+1}^n = 0 \quad \forall n \in \mathbb{N} \end{array} \right.$$

Ce schéma numérique converge vers la solution du problème continu

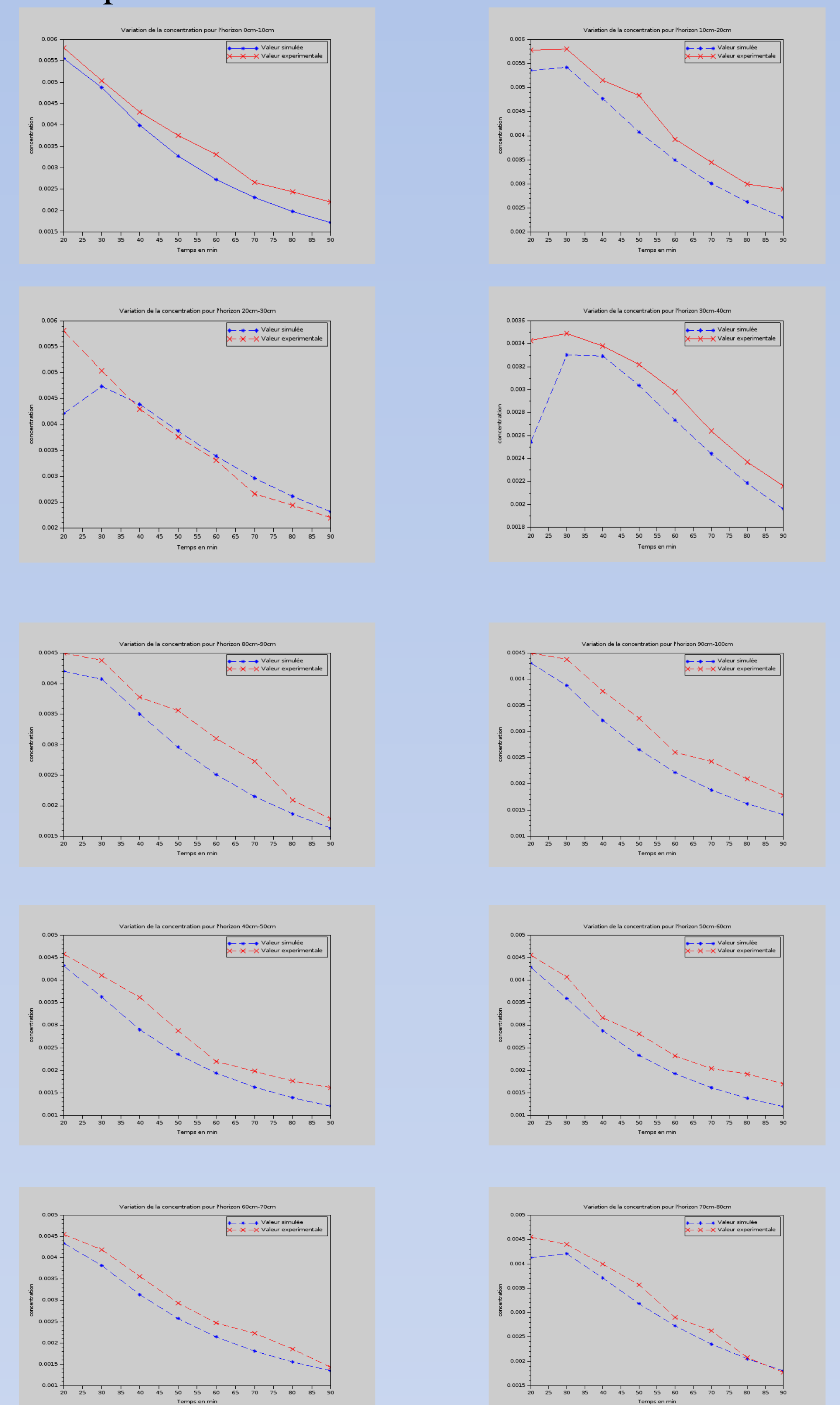
3.2 Paramètres physico-chimiques du sol

Horizon	Residual water content (θ_r) in g/cm ³	Saturated water content (θ_s) in g/cm ³	Absorption coefficient	Density	Hydraulic conductivity at saturation (K_s) in m/s	CO ₂	OM%	PH _{ca}	PH _{cl}
0-10	0,77	0,64	1,20	0,35	$1,79 \times 10^{-6}$	7,5	12,93	4,8	3,9
10-20	0,57	0,52	1,10	0,28	$1,80 \times 10^{-6}$	7,29	12,56	4,2	3,4
20-30	0,62	0,60	1,04	0,32	$1,80 \times 10^{-6}$	7,64	13,18	4,3	3,3
30-40	0,38	0,37	1,03	0,19	$1,79 \times 10^{-6}$	7,43	12,81	4,5	3,2
40-50	0,45	0,59	0,77	0,26	$1,79 \times 10^{-6}$	5,93	10,22	4,7	3,6
50-60	0,28	0,50	0,56	0,19	$1,79 \times 10^{-6}$	4,79	8,25	4,7	3,8
60-70	0,44	0,50	0,88	0,24	$1,78 \times 10^{-6}$	4,07	7,02	4,9	4
70-80	0,51	0,57	0,91	0,28	$1,79 \times 10^{-6}$	3,64	6,28	5,2	4,1
80-90	0,48	0,58	0,83	0,27	$1,78 \times 10^{-6}$	3,79	6,53	5,4	4,4
90-100	0,45	0,54	0,78	0,25	$1,77 \times 10^{-6}$	3,76	6,32	5,1	4,2

Résultats (SUITE)

3.3. Simulations numériques

Les simulations numériques ont été faites sur scilab et les courbes d'évolution du paraquat pour chaque profondeur du sol comparées à celles obtenues expérimentalement sont présentées ci-dessus:



4. Performance du modèle

La performance du modèle pour chaque horizon est donnée par le tableau ci-dessous.

Depth (cm)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Efficiency	0,98	0,97	0,98	0,99	0,96	0,98	0,97	0,96	0,98	0,98

La performance générale obtenue en faisant la moyenne des performances des différents horizons est $E = 0,975$

4. Conclusion

Dans cette étude, il a été développé un modèle numérique en 1-D pour le suivi de l'évolution du paraquat dans les sols sablo-limoneux. Les simulations ont été faites avec les données issues du bassin versant de Djuttitsa à l'ouest du Cameroun. La performance du modèle a été évaluée en comparant les valeurs fournies par le modèle à celles obtenues expérimentalement au laboratoire. Cette performance évaluée à 97,5% nous a permis de valider le modèle.

Références:

1. Macary, F., 2013. Evaluation des risques de contamination des eaux de surface sur des bassins versants agricoles. approches multiscalaire par modélisation spatiale et analyse multicritère pour l'aide à la décision. Thèse de Doctorat. Toulouse, France. Université de Toulouse. 235 pp.
2. El habib E.A., 2013. Processus Physico-chimiques d'Elimination des pesticides dans l'environnement : Cas de l'Imazéthapyr. Thèse de Doctorat. Caire, Egypte : Université Mohammed V, 213 pp.
3. Keugne, S. E. R., 2004. Transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux du versant sud des monts Bambouto : exemples des bassins versants élémentaires de Djuttitsa et de Messong. Mémoire de Maitrise en Sciences de la Terre, Dschang, Cameroun. Université de Dschang, 74 pp.