

Dynamique de contamination des rivières par la chlordécone : rôle des phases dissoutes et particulaires

Lise PONCHANT¹, Anatja SAMOUELIAN², Patrick ANDRIEUX¹, Thierry BAJAZET¹, Mégane CROSSET^{1&2}, Jean-Baptiste NANNETTE¹, Marc VOLTZ².

¹ ASTRO Agrosystèmes Tropicaux, INRA, 97170 Petit Bourg, Guadeloupe, France

² LISAH, Univ Montpellier, INRA, IRD, Montpellier SupAgro, Montpellier, France

lise.ponchant@inra.fr

Session 1 : Comprendre le devenir et les impacts de la contamination dans l'environnement

Introduction

Dans le cadre de la DCE, la préservation et la restauration des masses d'eaux nécessitent la mise en place de programmes de mesure et de surveillance de la qualité des eaux. Actuellement les suivis réglementaires de surveillance de la qualité des cours d'eau s'appuient sur des prélèvements ponctuels sur lesquels les teneurs en micropolluants sont déterminées. Ces analyses sont faites à partir d'eaux brutes, et reflètent un état global de la masse d'eau qui englobe la phase dissoute et la phase particulaire. Néanmoins, bien que délicat à mettre en place dans le cadre d'un suivi, la connaissance de la répartition d'un contaminant entre les deux phases apporte plusieurs intérêts. Au plan cognitif, cette partition indique les contributions réciproques des processus de lessivage et d'érosion impliqués dans la dispersion des contaminants par voie hydrologique. Par ailleurs concernant les écosystèmes aquatiques la distinction entre dissout et particulaire permet de mieux définir les phases d'exposition majoritaire des organismes et donc la biodisponibilité des contaminants. Dans le cas spécifique de la Chlordécone (CLD), ses propriétés d'adsorption élevées sur les phases organo-minérales du sol suggèrent la possibilité d'un transport important en phase particulaire. On recense actuellement peu d'études alliant une détermination conjointe de la CLD sur la phase dissoute et particulaire. L'objectif de ce travail a donc été d'estimer les voies de contamination majoritaire de la CLD en fonction de différentes situations hydrologiques, et de déterminer ainsi le rôle du transport solide sur la dynamique de transfert de la CLD dans les eaux de surface.

Matériels et Méthodes

Zone d'étude

La zone d'étude se situe sur l'Observatoire des Pollutions Agricoles aux Antilles (OPALE) en Guadeloupe, à l'exutoire de la rivière Pérou (Andrieux et al. 2015). Le bassin versant est représentatif du contexte agropédoclimatique historiquement contaminé en CLD.

Echantillonnage

L'Observatoire OPALE assure l'acquisition des données hydrologiques (débits, conductivité, et pluie) à l'exutoire. Un échantillonnage dédié aux formes de transport (dissout/particulaire) a été mené par des prélèvements spécifiques réalisés en crues grâce à un préleveur automatique (Hydreka®, AS950) et permet d'obtenir 8 échantillons de 990 ml par crue. A cela a été rajouté un échantillonnage qualifié de « hors crues » prélevé manuellement. L'échantillonnage des crues a visé à couvrir la diversité des situations hydrologiques rencontrées en se basant sur une typologie de crues établie à partir d'une analyse fréquentielle des débits de pointe (méthode du renouvellement, Miquel.1984) sur 6 années hydrologiques (tableau 1).

Typologie 2009-2018	Probabilité d'occurrence	Q max (m ³ /s)
Type A	Plus de 20 fois par an avec $T < 0,05$ an	Entre 10 et 20
Type B	2 à 20 fois par année avec $0,05 < T < 0,5$ an	Entre 20 et 40
Type C	1 à 2 fois par année avec $0,5 < T < 1$ an	Entre 40 et 50
Type D	0,2 à 1 fois par année avec $1 < T < 5$ ans	Entre 50 et 65

Tableau 1 - Typologie de crue

Préparation des échantillons et analyse de la chlordécone sur les phases dissoute et particulaire

La séparation entre phase dissoute et particulaire s'effectue par filtration sous vide (filtres en fibre de verre Whatman®, Ø45 mm et 0,7 µm de porosité) sur l'ensemble des échantillons collectés. Les matières en suspension (MES) déposées sur les filtres sont séchées à l'étuve pendant 24h à 40°C, pour permettre conjointement l'estimation de la charge solide et la conservation de l'échantillon pour la détermination analytique. La CLD est analysée par chromatographie en phase liquide HPLC au Laboratoire La Drôme (LDA26, Valence, France), son incertitude analytique est de 35% sur la matrice liquide et de 40% sur la matrice solide. Lorsque les quantités de MES par échantillon sont trop faibles pour la détermination analytique de CLD un regroupement de filtres a été effectué.

Résultats et discussion

Les prélèvements concernent i) 12 crues, soit 94 analyses de CLD sur phase dissoute et 69 sur phase particulaire, et ii) 15 prélèvements manuels hors crues. L'échantillonnage se répartit sur l'ensemble de la typologie de crues, avec une meilleure représentation des crues les plus récurrentes.

A l'échelle de la crue, les formes d'hystérèses permettent d'identifier les processus de transferts comme proposé par Williams (1989). La majorité des crues (9 crues sur 12) présentent des relations (MES-Q) en forme de boucle horaire, caractérisées par un pic de concentration atteint avant ou simultanément au débit de pointe et une concentration plus faible en décrue qu'en montée. En termes de transport solide, ces situations sont reliées à un épuisement rapide du stock de MES mobilisables pendant l'évènement pluvieux.

Sur la base de l'ensemble des prélèvements on identifie une dynamique des concentrations en MES et en CLD fonction du débit. On observe sur la fig. 1a la croissance très importante des teneurs en MES avec le débit marquant l'augmentation du caractère érosif des crues avec leur intensité. Pour la CLD, on observe une diminution de la concentration en CLD avec l'augmentation du débit pour une gamme de débits faibles (<10m³/s), au-delà on constate une ré-augmentation progressive de la concentration en CLD (fig. 1b). L'interprétation de ces évolutions est la suivante. Comme l'a montré Crabit et al. (2016) pour les gammes de débits modérés inférieures à 3 m³/s, la concentration en CLD est élevée en lien avec une contribution importante des nappes fortement contaminées, entre 3 et 10 m³/s la concentration en CLD diminue progressivement en raison d'une augmentation de la contribution au débit de rivière des eaux de ruissellement, plus faiblement chargées en CLD que les eaux souterraines. Pour les débits supérieurs à 10 m³/s, la ré-augmentation de la concentration en CLD est probablement liée à une augmentation de la capacité de lessivage et d'érosion des crues avec le débit, qui surcompense la diminution liée à une moindre contribution des eaux souterraines.

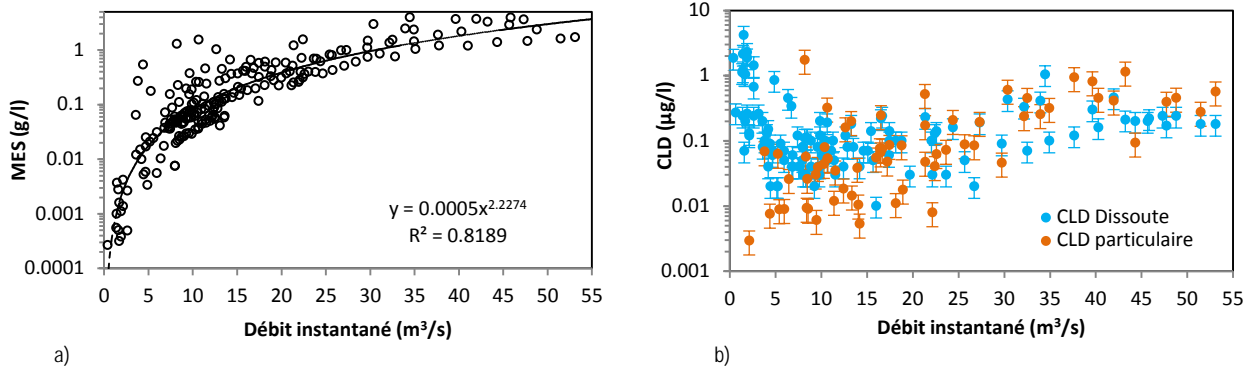


Figure 1 : Evolution a) des teneurs en MES et b) des concentrations en CLD en fonction du débit instantané

Les bilans d'exportation à l'échelle de la crue montrent une contribution de la phase particulaire très variable de 2,5 à 67% de la quantité totale de CLD exportée (figure 2a). Cette contribution est majoritaire (>60%) dans 2 cas sur 12, et minoritaire (<40%) dans 4 cas sur 12, avec une situation extrême en terme de participation très faible de la phase particulaire. Cette dernière s'explique par la situation hydrologique de la crue qui associe un débit de pointe et une charge en MES très faible. Dans la moitié des situations les contributions sont équivalentes sans lien apparent avec leur typologie hydrologique. La contribution de la CLD particulaire est plus importante en phase de décrue (figure 2b), ce résultat en apparence contradiction avec les teneurs en MES plus élevées en montée de crue qu'en décrue est lié au plus grand volume d'eau exporté en décrue qu'en montée de crue.

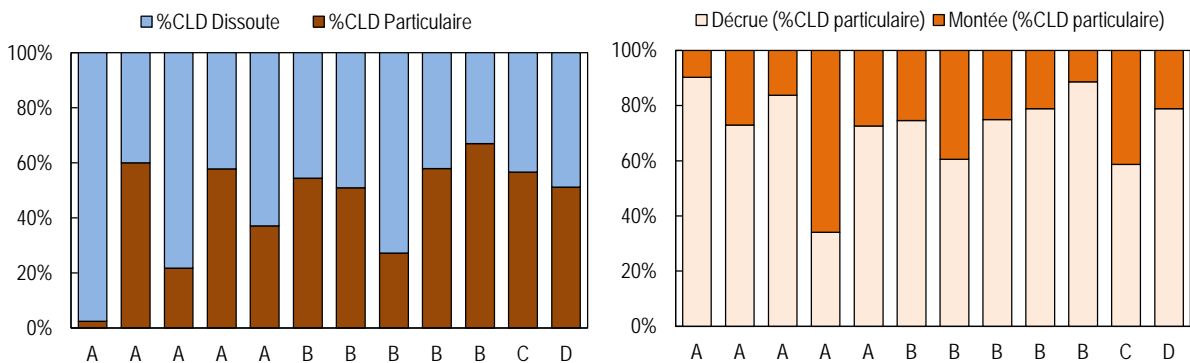


Figure 2- Transfert de la CLD pendant les crues : a) contribution entre phases dissoute et particulaire, b) contribution entre montée et décrue

Conclusion

Sur une période de 59 semaines entre 2016 et 2017, l'estimation de l'exportation du transfert de CLD est du même ordre de grandeur que celui calculé à partir des observations hebdomadaires fournies par l'observatoire OPALE. A l'échelle annuelle, on estime ainsi que 98% du transport de CLD se fait par voie dissoute et 2% s'effectue par voie particulaire. Le transfert via la phase particulaire est strictement lié aux épisodes de crue, avec une contribution plus importante en décrue qu'en montée. Par ailleurs durant ces périodes le transfert via la phase particulaire représente 27%, contre 73% par voie dissoute. L'apport de ces connaissances peut contribuer à une réflexion sur l'évolution des protocoles de suivi en fonction des objectifs de surveillance fixés.

Référence :

- Andrieux, P., Arnaud, L., Bonnal, V., Cattan, P., Charlier, J.B., Crabit, A., Ducreux, L., Grunberger, O., Jannoyer, M., Briquet, J.P., Samouelian, A., Voltz, M. 2015. Mise en place de bassins versants instrumentés en Guadeloupe et en Martinique, OPAC. Rapport Final à Allenvi, Février 2015, BRGM-CIRAD-INRA-IRD, 111 pages.
- Crabit, A., Cattan, P., Colin, F. and Voltz, M., 2016. Soil and River Contamination Patterns of Chlordecone in a Tropical Volcanic Catchment in the French West Indies (Guadeloupe). *Environmental Pollution* 212, 615–626. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.02.055>.
- Williams G.P. 1989. Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. *Journal of Hydrology*, 111:89-106p.
- J. Miquel. 1984. Guide pratique d'estimation des probabilités de crues, Collection de la direction des Etudes et Recherches d'EDF, n°53, Eyrolles Ed., Paris.