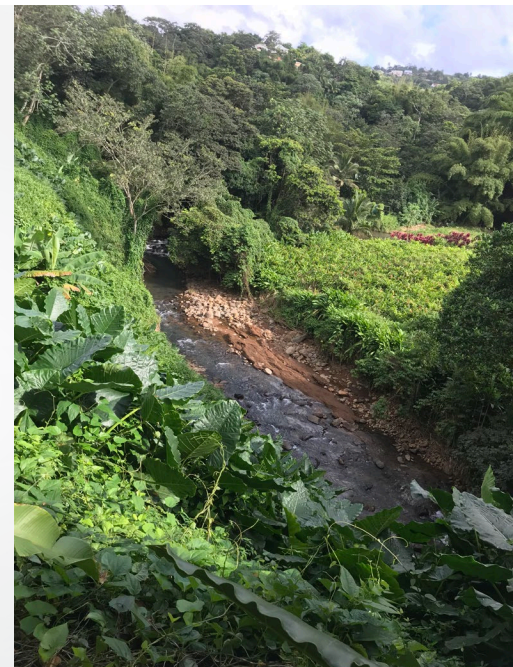


Tendances temporelles multi-résidus de pesticides d'un bassin versant volcanique tropical humide cultivé

Pak L.T., Molin N., Mottes C., Beillouin D.



Contexte et enjeu antillais

Monocultures destinées à l'export
sous climat tropical humide

- Favorisent le développement de bioagresseurs
- Usage intensif de pesticides pour sécuriser les rendements



En 2022 : 11 molécules quantifiées par station (N = 28)

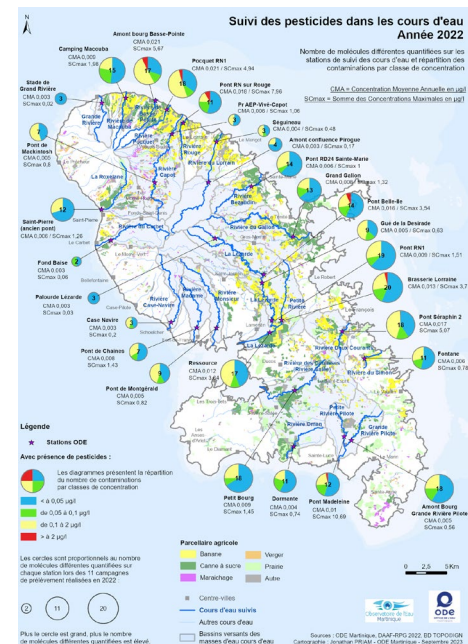
89 % des stations avec au moins 1 échantillon
avec une quantification à [0.1-2[µg/l

25 % avec au moins 1 échantillon avec une quantification ≥ 2 µg/l

→ Réduire l'exposition des **populations** et de l'**environnement**



Rivières représentent > 90 % de la
source en eau potable localement



(Lala & Bocaly, 2023)

Problématique et objectifs

MAIS méconnaissance :

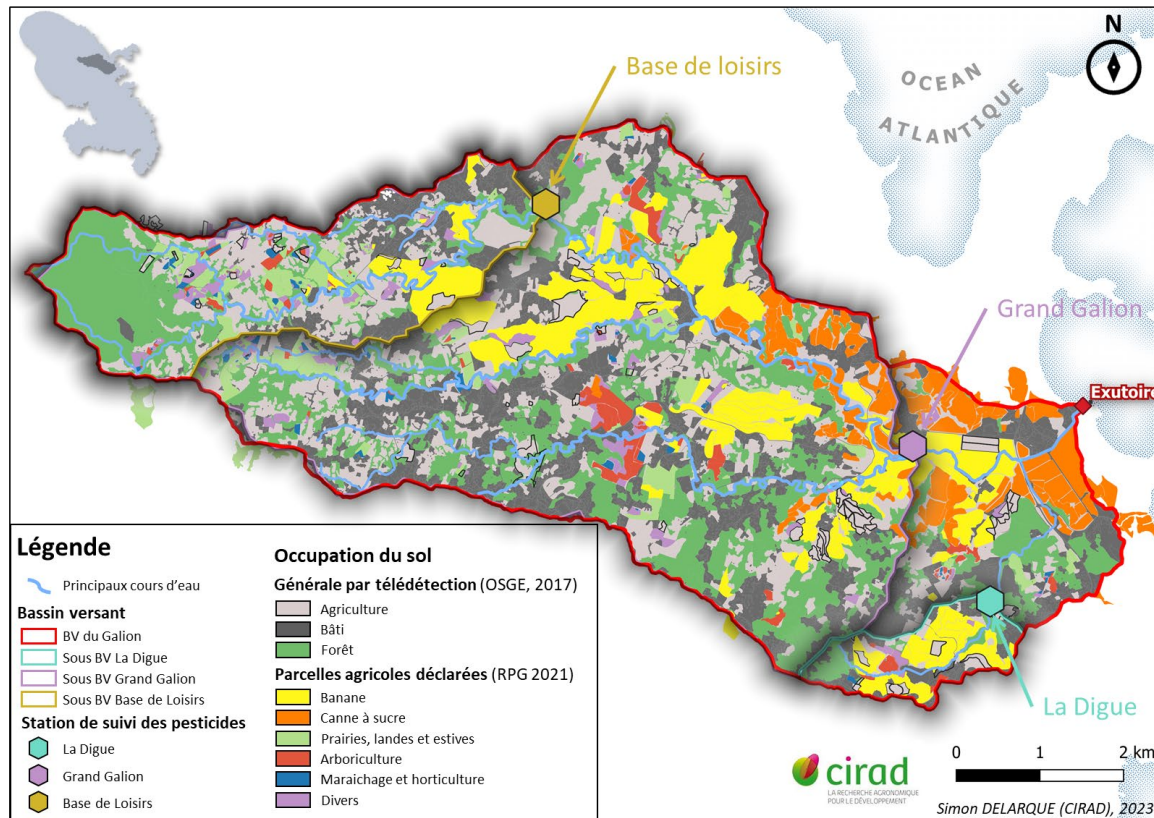
- des variabilités temporelles (inter-, intra-annuelles)
- et spatiales (au sein d'un bassin versant et entre bassins versants),...
- liées aux caractéristiques agro-pédo-géologiques ainsi qu'aux forçages météorologiques

Quelles sont les tendances d'évolution des contaminations par les principaux pesticides des eaux de surface de Martinique ?

OBJECTIFS :

1. Mettre en place une méthode pour étudier les tendances de long terme (> 5 ans) des concentrations en pesticide des eaux superficielles
2. Appliquer la méthode à un bassin versant martiniquais

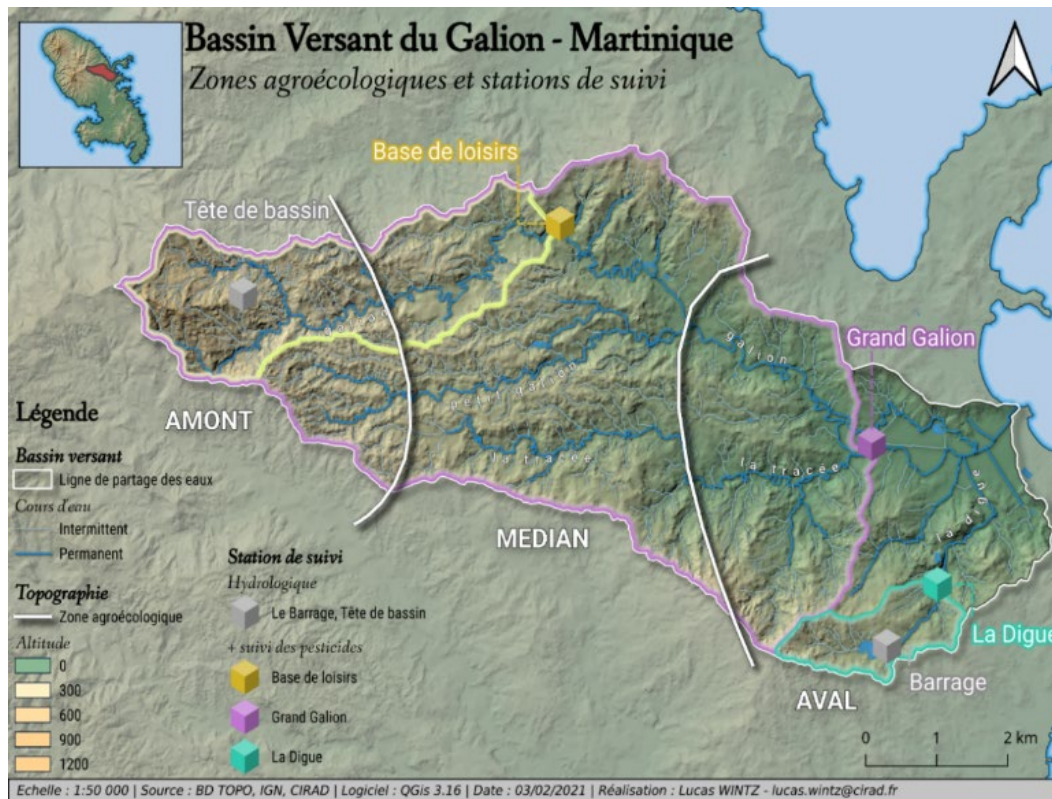
Bassin versant du Galion (45 km²) : 15 km² en agriculture



(Delarque & Pak, 2023)



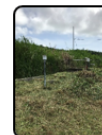
Dispositif de mesures et acquisition de données (OPALE)



(Wintz & Pak, 2021)

Eaux superficielles (cours d'eau)

Météo (6 min)
précipitation
température air
humidité air
ensoleillement



Hydro (3 min)
hauteur (H)
débit (Q)
tarage $Q = f(H)$



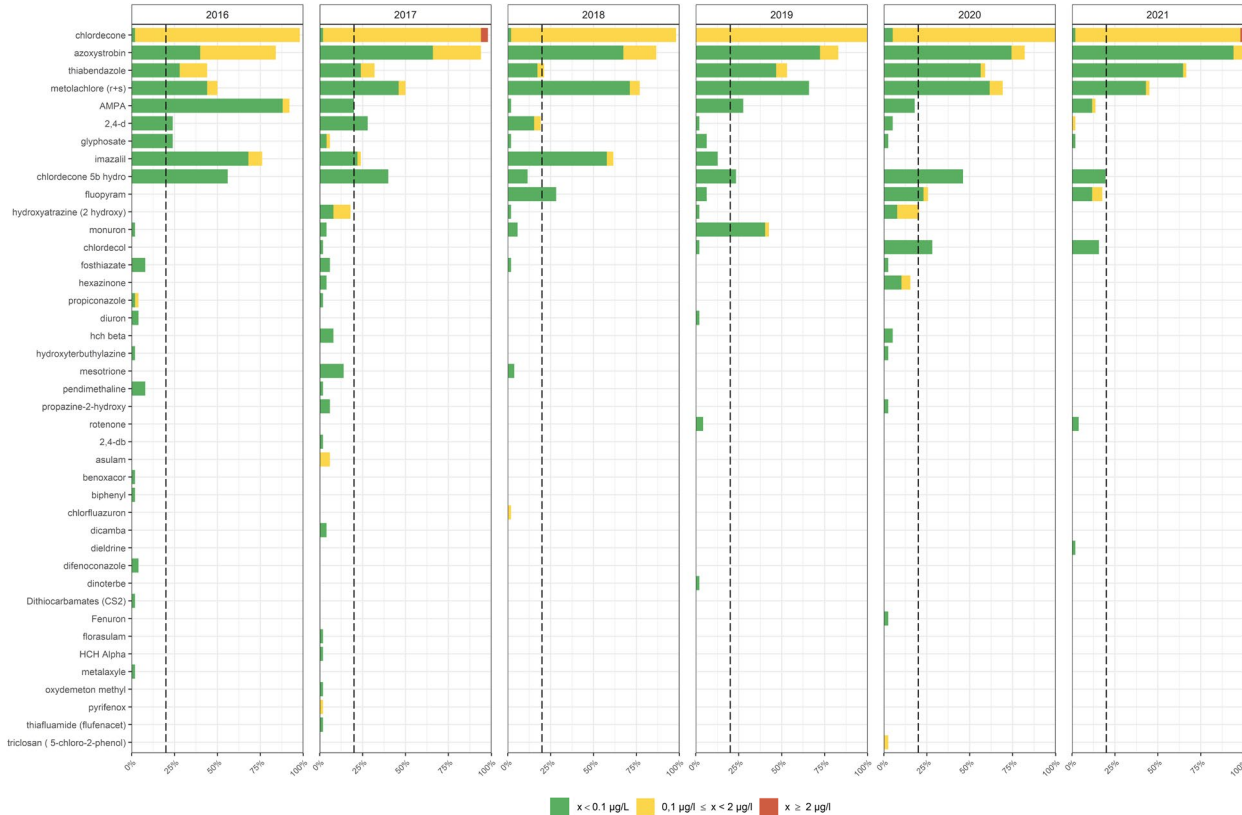
Physico-Chimie (3 min)
température eau
conductivité
électrique
turbidité

Polluants (1 semaine)
concentrations
pesticides
(~ 480 molécules)

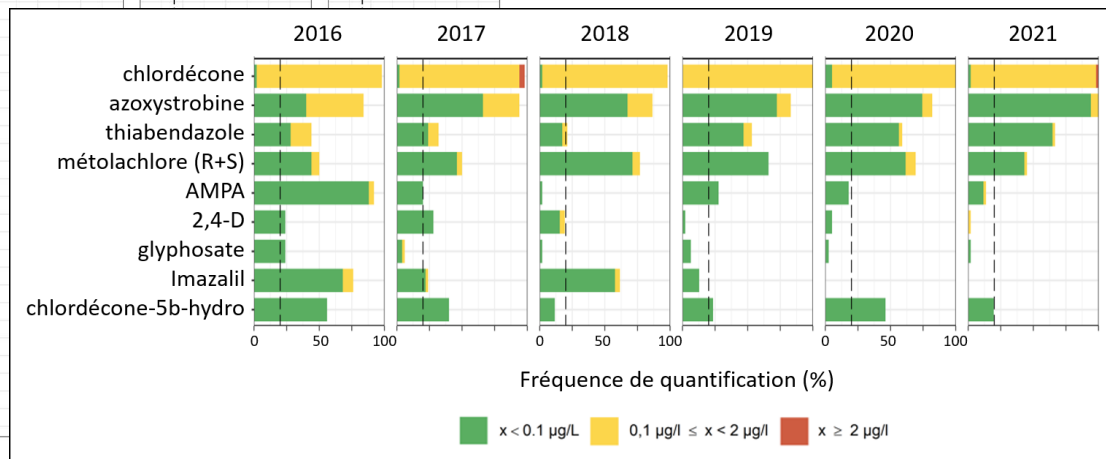
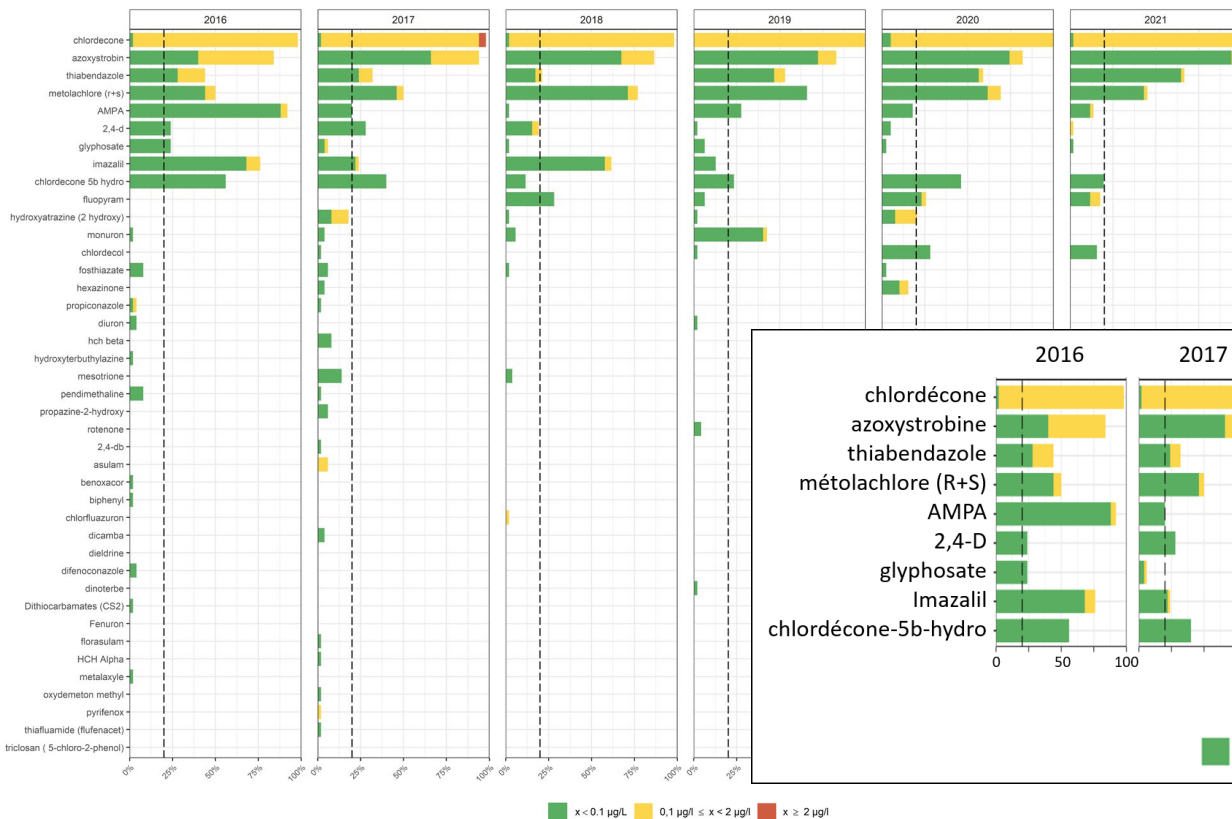


De 2016 à 2021 : ~ 450 000 données de concentration disponibles

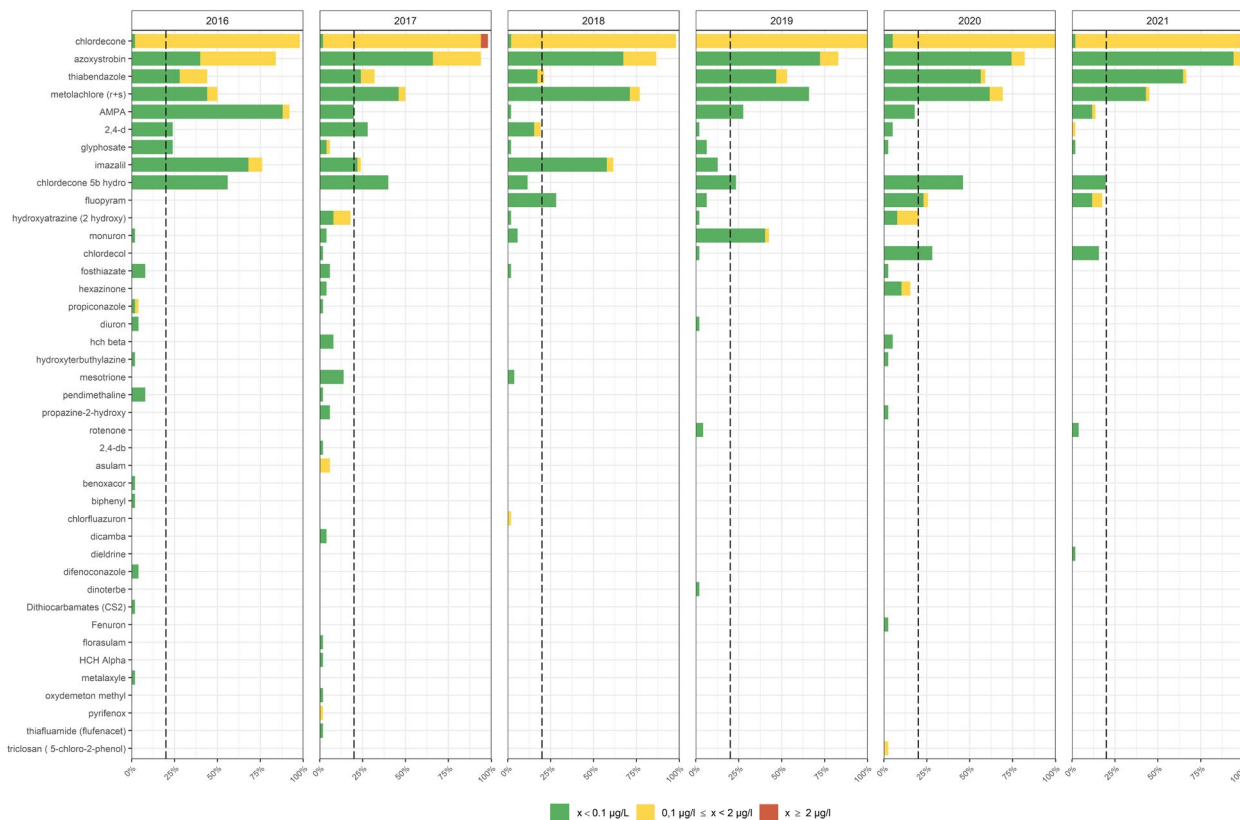
Sélection des données pour l'analyse des tendances



Sélection des données pour l'analyse des tendances

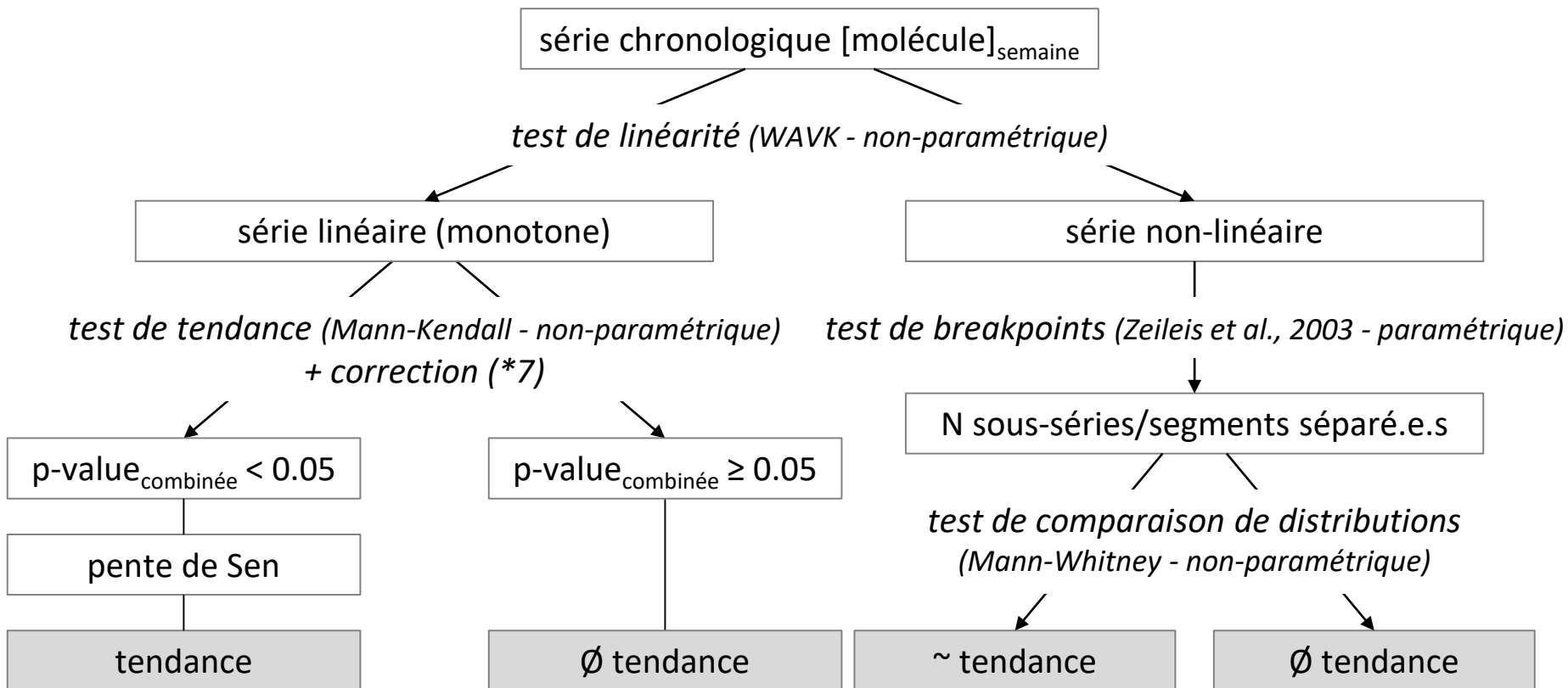


Sélection des données pour l'analyse des tendances



- Pollution dominée par la chlordécone
- Contaminations par les pesticides récents non négligeables
- Douzaine de molécules d'intérêt

Arborescence de tests statistiques



Arborescence de tests statistiques : tendance linéaire-monotone

série chronologique [molécule]_{semaine}

test de linéarité (WAVK - non-paramétrique)

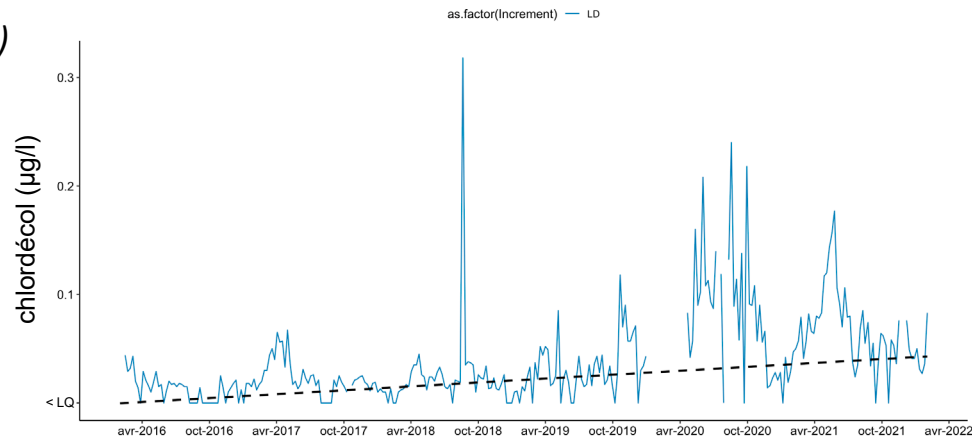
série linéaire (monotone)

*test de tendance (Mann-Kendall - non-paramétrique)
+ correction (*7)*

p-value_{combinée} < 0.05

pente de Sen

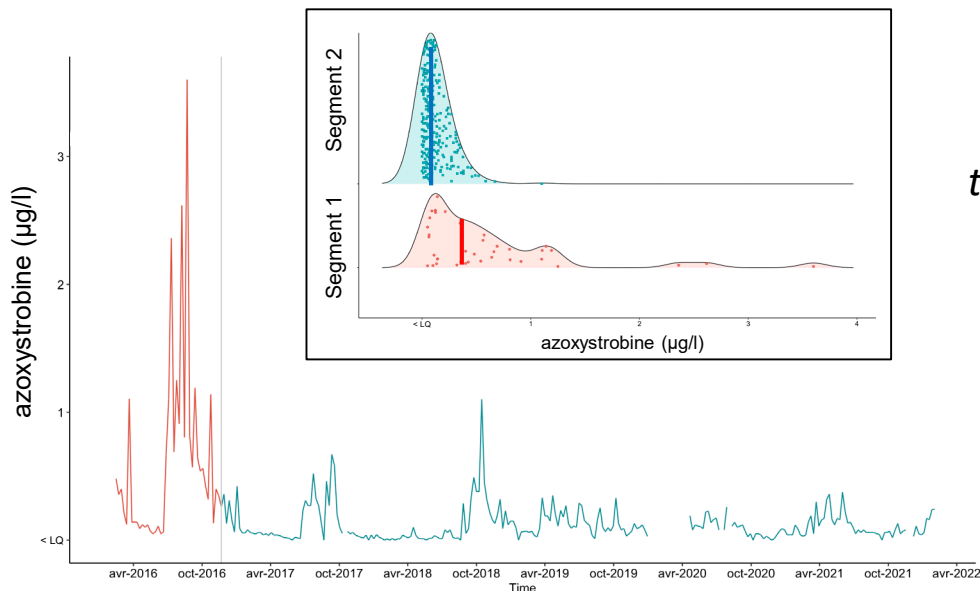
tendance



Arborescence de tests statistiques : non-linéarité

série chronologique [molécule]_{semaine}

test de linéarité (WAVK - non-paramétrique)



série non-linéaire

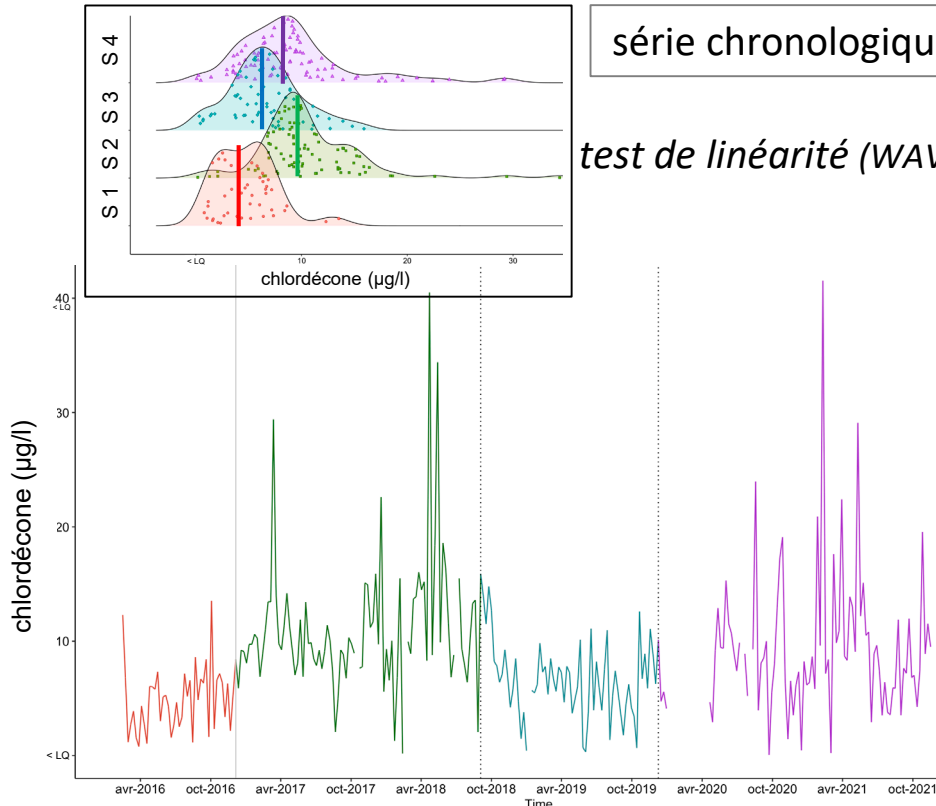
test de breakpoints (Zeileis et al., 2003 - paramétrique)

N sous-séries/segments séparé.e.s

test de comparaison de distributions (Mann-Whitney - non-paramétrique)

~ tendance

Arborescence de tests statistiques : non-linéarité



série chronologique [molécule]_{semaine}

test de linéarité (WAVK - non-paramétrique)

série non-linéaire

test de breakpoints (Zeileis et al., 2003 - paramétrique)

N sous-séries/segments séparé.e.s

test de comparaison de distributions
(Mann-Whitney - non-paramétrique)

∅ tendance

Synthèse des résultats

	Base de Loisirs		Grand Galion		La Digue	
chlordécone	linéaire	no trend	non-linéaire	no trend	non-linéaire	no trend
chlordécone-5b-hydro					linéaire	- 10.3 %/an
chlordécol					linéaire	+ 5.9 %/an
glyphosate						
AMPA	linéaire	no trend	non-linéaire	∇ ÷ 7 [bp = 55]	non-linéaire	no trend
2,4-D						
métolachlore (R+S)			non-linéaire	no trend		
azoxystrobine			non-linéaire	no trend	non-linéaire	∇ ÷ 5 [43]
imazalil			non-linéaire	no trend	non-linéaire	∇ ÷ 23 [43]
thiabendazole			non-linéaire	∇ ÷ 3 [43]	non-linéaire	∇ ÷ 4 [72]
fluopyram			non-linéaire	no trend	non-linéaire	no trend

Discussion

- Méthodologie : une analyse de tendance pas si simple
 - A cause de la non-monotonie des données (possibles effets locaux), des *no data*, des données < LQ,...
 - Attention à ne pas sur-interpréter les résultats si la série est courte
 - Attention à ne pas appliquer un effet linéaire à une série non-monotone

Conclusion

- Absence de tendance à l'évolution de la contamination par la chlordécone des eaux superficielles du Galion
 - Confirmée par l'analyse des dépassements des seuils de potabilité et de potabilisation (non présentée)
 - En contradiction avec Cattan *et al.* (2019) qui ont montré une tendance monotone décroissante des $[CLD]_{\text{mois}}$ à Grand Galion en 2009-2014
 - En cohérence avec Voltz *et al.* (2023) qui n'ont détecté aucune tendance monotone (Mann-Kendall) des $[CLD]_{\text{semaine}}$ à l'exutoire de deux bassins versants en Guadeloupe, ni en 2016-2019, ni en 2009-2019
 - Cette contamination resterait-elle un problème majeur des eaux de surface aux Antilles ?
- Autres molécules à ne pas négliger
 - Diminution des concentrations dans 6 'cas' (molécule à une station) sur 14 analysés (hors CLD)
 - Liée à une évolution des pratiques agricoles : fongicides post-récolte de la banane
 - Baisse continue : chlordécone-5b-hydro à une station (La Digue)
 - Augmentation du chlordécol à une station (La Digue)

Discussion

- Méthodologie : une analyse de tendance pas si simple
 - A cause de la non-monotonie des données (possibles effets locaux), des *no data*, des données < LQ,...
 - Attention à ne pas sur-interpréter les résultats si la série est courte
 - Attention à ne pas appliquer un effet linéaire à une série non-monotone

Perspectives

- Méthodologiques :
 - Poursuivre et augmenter la durée du suivi du bassin versant du Galion
 - Compléter avec d'autres tests : probabilité de dépassement des seuils de potabilité et de potabilisation (modèle logistique)
- Etudes futures :
 - Appliquer l'approche aux 28 stations de suivi de l'ODE (chlordécone, voire d'autres molécules)
 - Comprendre les causes et les déterminants des variations de contamination par *machine learning* (en cours)

Références bibliographiques

• Articles

- Cattan, P., Charlier, J.-B., Clostre, F., Letourmy, P., Arnaud, L., Gresser, J., Jannoyer, M., 2019. A conceptual model of organochlorine fate from a combined analysis of spatial and mid- to long-term trends of surface and ground water contamination in tropical areas (FWI). *Hydrology and Earth System Sciences*, 23, 691-709. <https://doi.org/10.5194/hess-23-691-2019>
- Voltz, M., Andrieux, P., Samouëlian, A., Ponchant, L., Grünberger, O., Bajazet, T., Comte, I., Nanette, J.-B., Onapin, G., Bussièrre, F., Richard, A., 2023. Flow patterns and pathways of legacy and contemporary pesticides in surface waters in tropical volcanic catchments. *Science of The Total Environment*, 893, 164815. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164815>
- Zeileis, A., Kleiber, C., Krämer, W., Hornik, K., 2003. Testing and dating of structural changes in practice. *Computational Statistics & Data Analysis*, 44 (1-2), 109-123. [https://doi.org/10.1016/S0167-9473\(03\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0167-9473(03)00030-6)

• Rapports

- Delarque, S., Pak, L.T., 2023. Caractérisation des évolutions des concentrations en pesticides dans les eaux de surface du bassin versant du Galion en Martinique : résultats de six campagnes de suivi, rapport OPALE, Cirad, Martinique, 79 p.
- Lala, G., Bocaly, M., 2023. Suivi des produits phytopharmaceutiques dans les cours d'eau de Martinique, rapport de suivi 2022, Office de l'Eau Martinique, Martinique, 98 p.
- Wintz, L., Pak, L.T., 2021. Caractérisation des évolutions des concentrations en pesticides dans les eaux de surface du bassin versant du Galion en Martinique : résultats sur quatre années de suivi, rapport OPALE, Cirad, Martinique, 78 p.