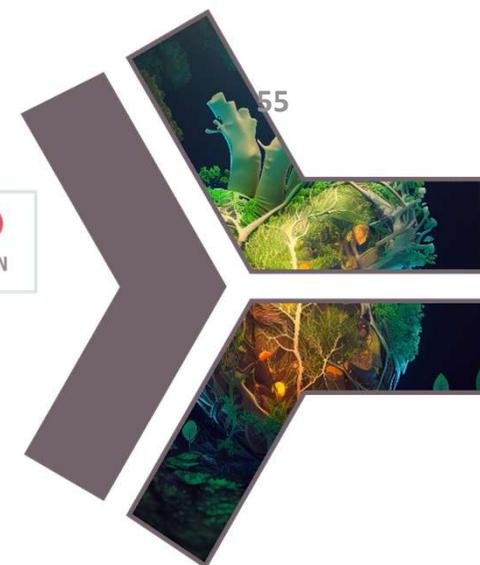




Carrefours de l'innovation INRAE
Agriculture / Alimentation / Environnement

ÉCOPHYTO
RECHERCHE & INNOVATION



TAPIOCA

Caractériser l'exposition chronique aux produits de transformation des produits phytopharmaceutiques et leurs effets écotoxiques dans les milieux aquatiques

Christelle MARGOUM, INRAE UR RiverLy, Lyon-Villeurbanne



Carrefour de l'Innovation INRAE – Ecophyto Recherche & Innovation

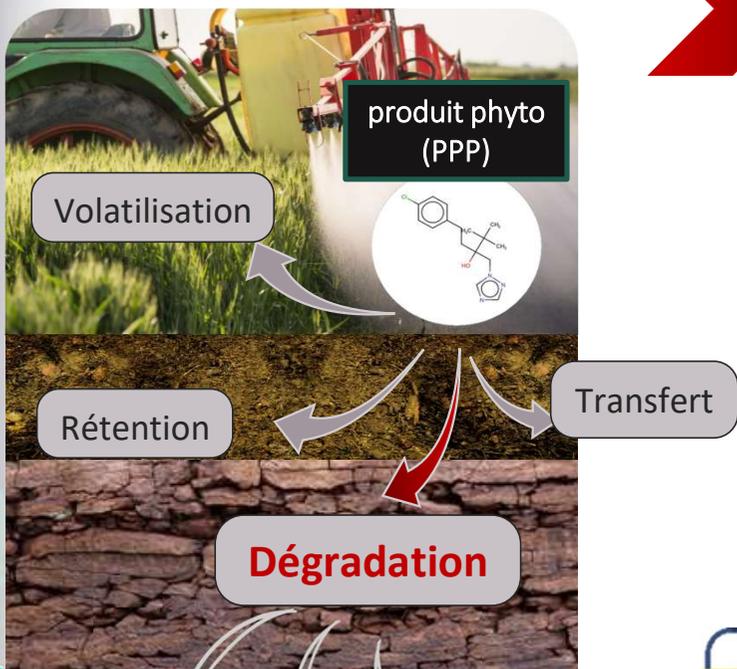
février 2025 à l'Oniris Nantes

Messages clés du projet TAPIOCA

- Les produits phytopharmaceutiques et leurs nombreux produits de transformation peuvent être toxiques également pour des organismes aquatiques non cibles.
- La dégradation des produits phytopharmaceutiques atténue généralement leur toxicité dans les milieux aquatiques, mais de nouvelles toxicités peuvent apparaître.

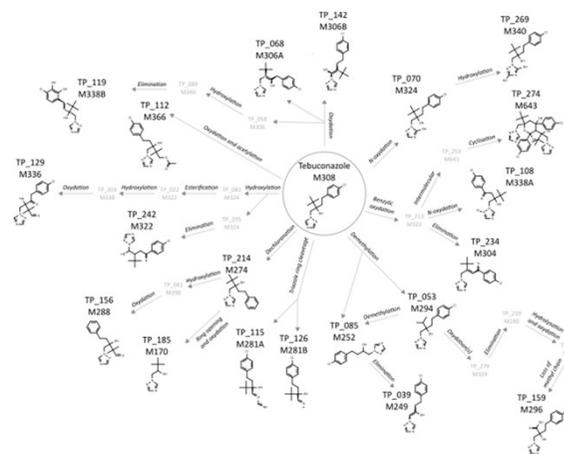


01. Contexte



- des produits de transformation (TP) nombreux, souvent inconnus

- en faibles concentrations (< ng/L) dans l'environnement



1 Présence dans l'environnement ?

2 Ecotoxicité ?



01. TAPIOCA et les enjeux Ecophyto

- **Manque d'informations sur les TP** (propriétés, analyse, occurrence, écotoxicité)

Hensen et al. (2020) 10.1016/j.envint.2020.105533, Anagnostopoulou et al. (2022) 10.1016/j.scitotenv.2021.152863

Rodrigues et al. (2022) 10.1007/s44169-022-00014-w, Mitra et al. (2024) 10.1016/j.scitotenv.2024.173026

- Vers une **meilleure prise en compte** des TP de produits phytopharmaceutiques pour :

i) Améliorer le **suivi de la qualité chimique et écotoxicologique** des milieux aquatiques

ii) Re-questionner les démarches d'**évaluation du risque** :

- biais d'une évaluation orientée sur des espèces cibles du mode d'action des substances ?
- problématique de l'additivité de la toxicité des mélanges et temporalité des réponses ?

iii) Encourager la **réduction de l'utilisation** de certains produits phytos (devenir, effets) et suivre l'efficacité des mesures

iv) Adapter les **procédures d'autorisation et de retrait**, voire l'évolution vers une agriculture moins dépendante des produits phyto.



02. Consortiums et partenaires du projet



INRAE
RiverLy

Equipes LAMA, EMA,
Ecotox, PollDiff

INRAE

UR1454
ÉCOSYSTÈMES AQUATIQUES
& CHANGEMENTS GLOBAUX [EABX]

Equipe ECOVEA

INRAE

eco sys | Écologie Fonctionnelle
et Ecotoxicologie
des Agroécosystèmes

Equipe Sol&Tox

UCA
UNIVERSITÉ
Clermont
Auvergne

Laboratoire
Microorganismes :
Génome
et Environnement

Equipe BioADAPT

Université Claude Bernard  Lyon 1

IS INSTITUT DES
SCIENCES
ANALYTIQUES

Equipe
Chromatographie et
techniques couplées

03. Hypothèses et méthodologies mises en place

1. Les TP sont nombreux et pour la plupart inconnus

-> Développer des **méthodes analytiques non ciblées** (LC-HRMS : chromatographie-spectrométrie de masse haute résolution)

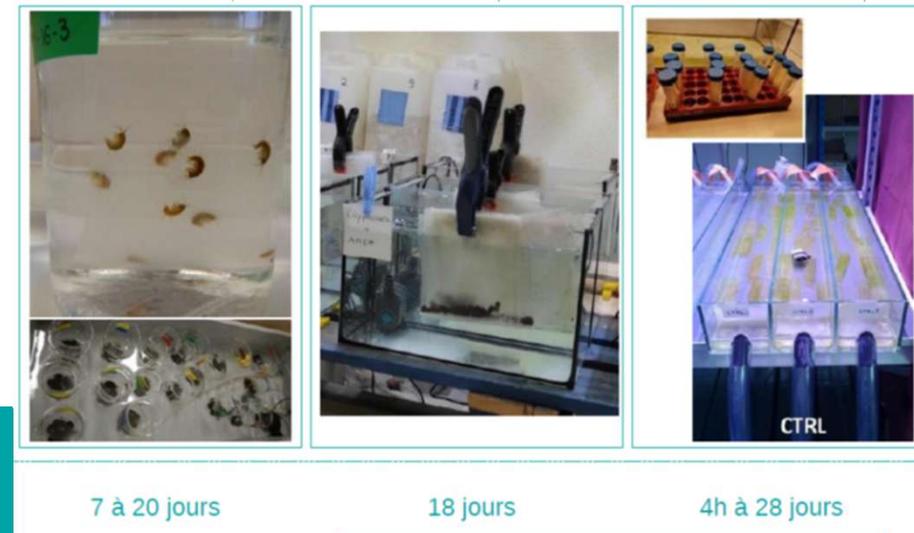
2. Les TP ont un potentiel écotoxique qui peut être différent de leur molécule mère

-> Évaluer les **effets de 3 phytos avec mode d'action différent** (terbutylazine, tébuconazole et fénoxycarbe) **et TP associés** sur les communautés microbiennes et les macroinvertébrés aquatiques, en conditions contrôlées

3. La nature du produit phyto et les conditions environnementales influent sur l'apparition des TP

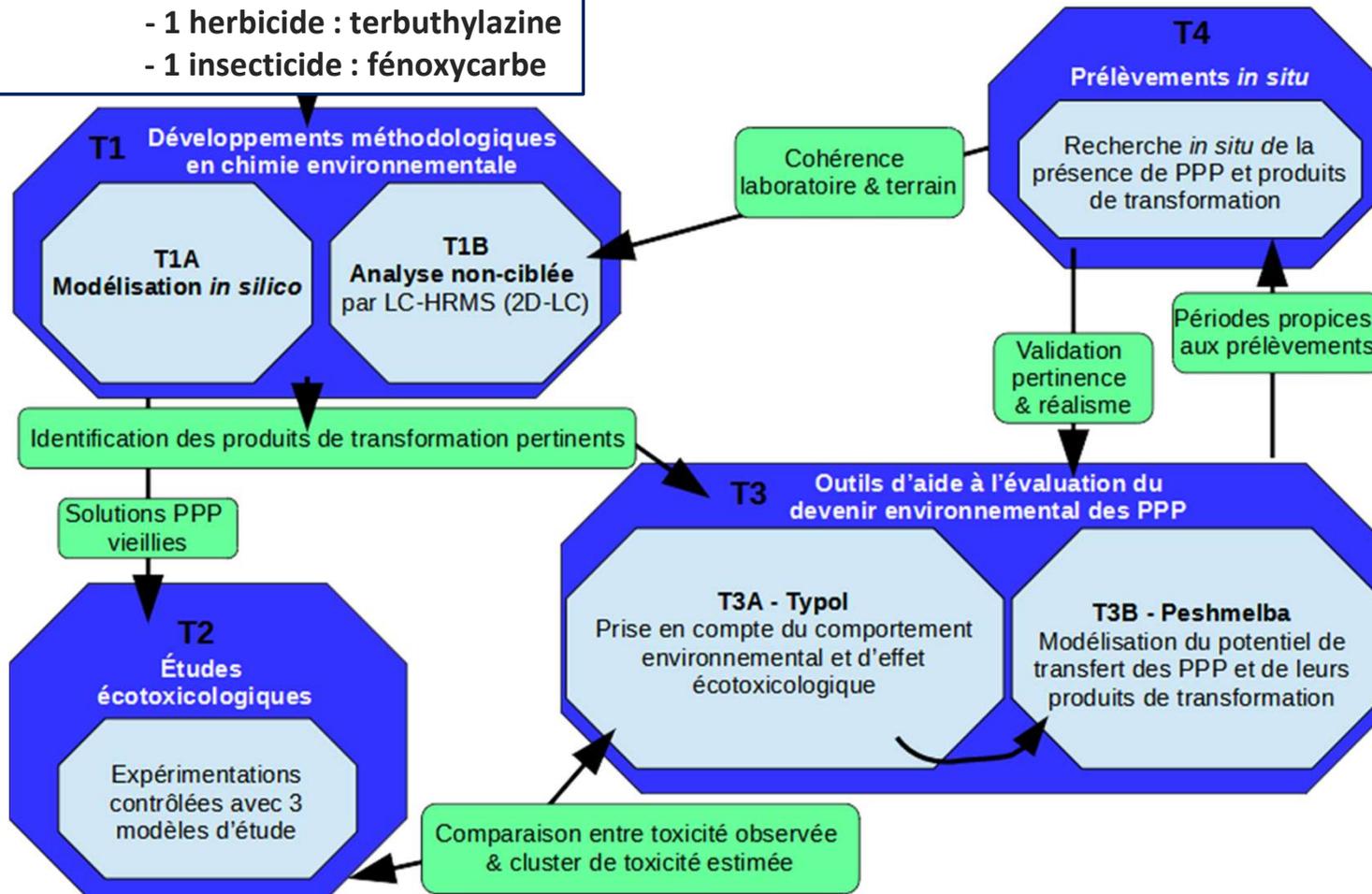
-> Tester l'apport d'**outils de prédiction** des propriétés de dissipation et de transferts

Couplages d'approches analytiques, écotoxicologiques et de modélisation pour améliorer les connaissances sur les TP

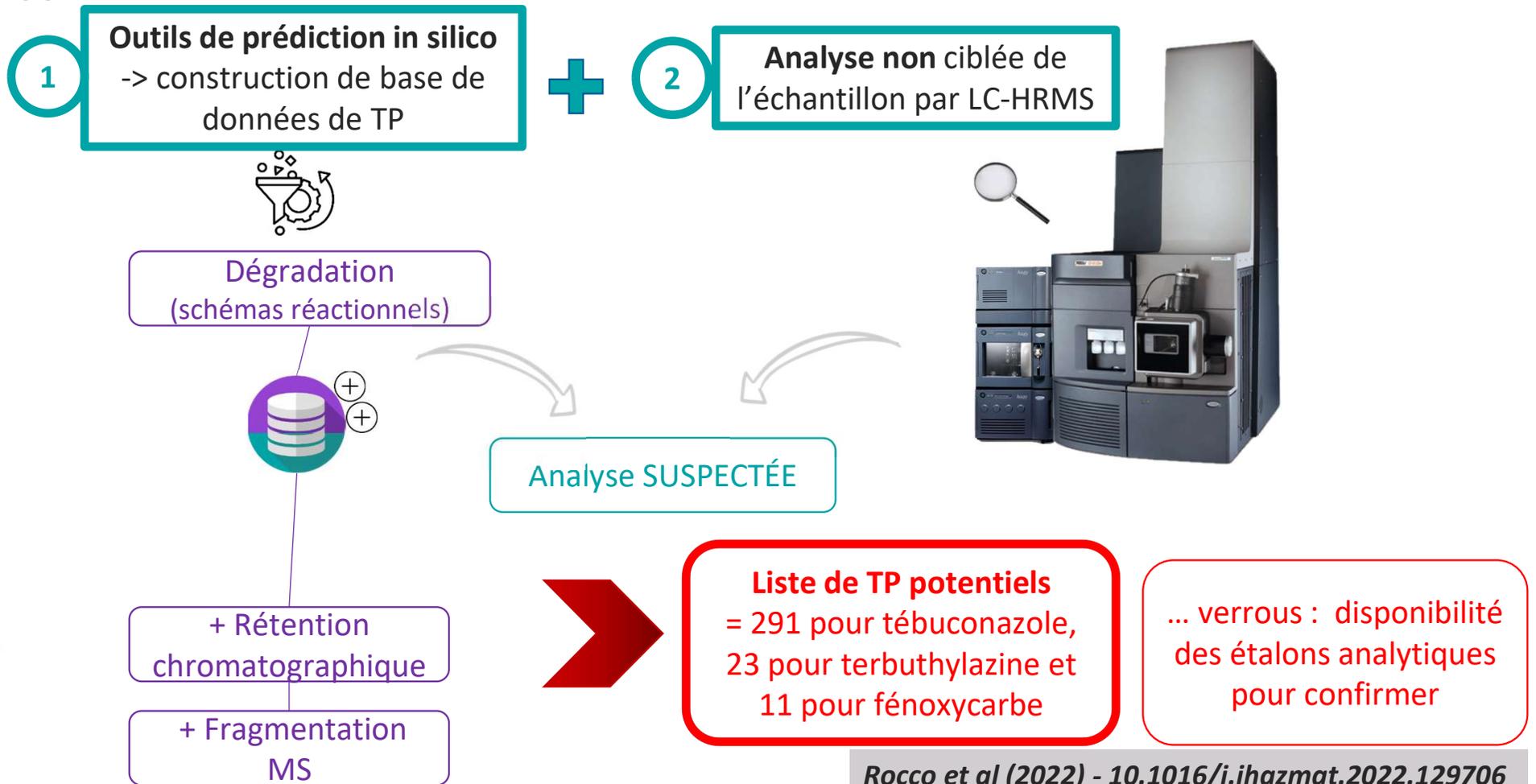


03. Organisation du projet TAPIOCA

Sélection : - 1 fongicide : tébuconazole
 - 1 herbicide : terbuthylazine
 - 1 insecticide : fénoxycarbe

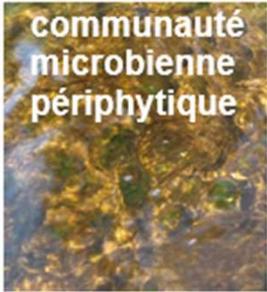
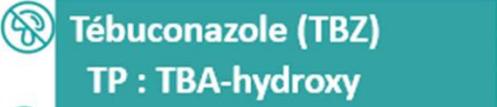
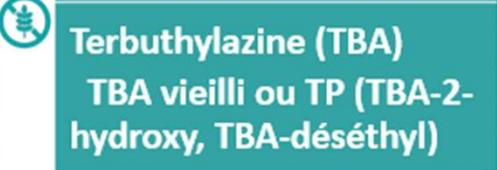


04. Résultats : stratégie analytique pour l'identification des TP

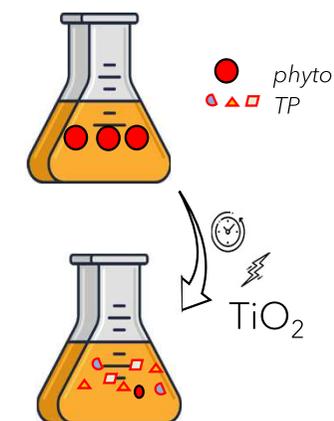


04. Résultats : identifier les effets écotoxiques des TP

La dégradation des PPP modifie-t-elle leur **toxicité envers les organismes cibles** ?

	 gammare	 communauté fongique	 communauté microbienne périphytique
 Fénoxy-carbe (FNX) FNX vieilli	?		
 Tébuconazole (TBZ) TP : TBA-hydroxy		?	
 Terbuthylazine (TBA) TBA vieilli ou TP (TBA-2-hydroxy, TBA-déséthyl)			?

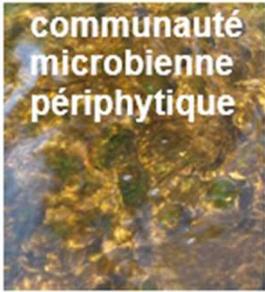
Solutions vieilles :



04. Résultats : identifier les effets écotoxiques des TP

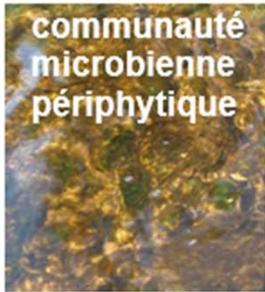
La dégradation des PPP modifie-t-elle leur **toxicité envers les organismes cibles ?**

PARFOIS

	gammare 	communauté fongique 	communauté microbienne périphytique 
 Fénoxycarbe (FNX) FNX vieilli	Reprotoxicité Reprotoxicité		
 Tébuconazole (TBZ) TP : TBA-hydroxy		Inhibition décomposition Inhibition décomposition	
 Terbuthylazine (TBA) TBA vieilli ou TP (TBA-2-hydroxy, TBA-déséthyl)			Inhibition photosynthèse Inhibition photosynthèse

04. Résultats : identifier les effets écotoxiques des TP

Quels **dommages collatéraux** de l'exposition aux PPP et à leurs TP **pour les organismes NON-cibles** ?

	 gammare	 communauté fongique	 communauté microbienne périphytique
 Fénoxycarbe (FNX) FNX vieilli	Reprotoxicité Reprotoxicité	/	?
 Tébuconazole (TBZ) TP : TBA-hydroxy	?	Inhibition décomposition Inhibition décomposition	?
 Terbuthylazine (TBA) TBA vieilli ou TP (TBA-2-hydroxy, TBA-déséthyl)	?	/	Inhibition photosynthèse Inhibition photosynthèse

04. Résultats : identifier les effets écotoxiques des TP

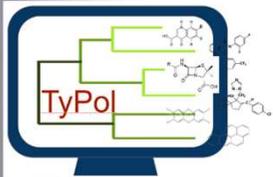
Quels **dommages collatéraux** de l'exposition aux PPP et à leurs TP **pour les organismes NON-cibles** ?

			
 Fénoxycarbe (FNX) FNX vieilli	Reprotoxicité Reprotoxicité		Faible toxicité (photosynthèse, biomasse...)
 Tébuconazole (TBZ) TP : TBA-hydroxy	Pas de toxicité (alimentation, survie...)	Inhibition décomposition Inhibition décomposition	Faible toxicité (photosynthèse, biomasse...)
 Terbuthylazine (TBA) TBA vieilli ou TP (TBA-2- hydroxy, TBA-déséthyl)	Toxicité Toxicité (+)		Inhibition photosynthèse Inhibition photosynthèse

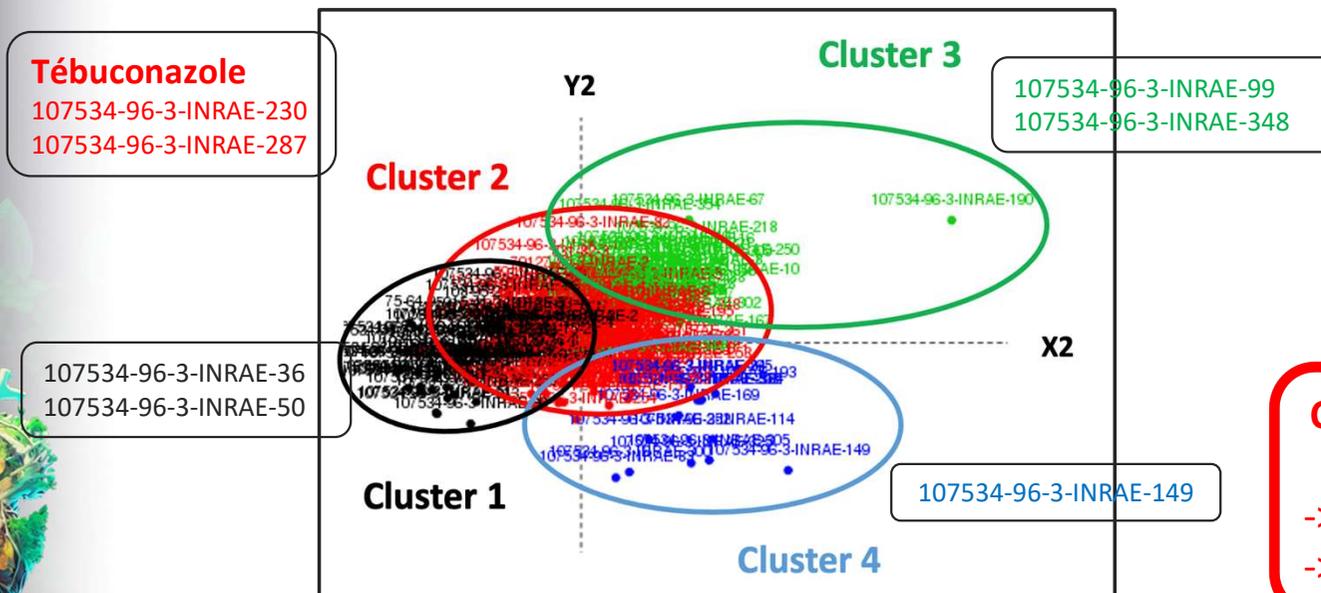
Un phyto ou TP peut être toxique pour un autre organisme que la cible initiale
Importance des **approches multi-espèces** pour évaluer la toxicité

04. Résultats : expérimentations/modélisation

Intérêt des approches *in silico* pour comprendre, prédire, généraliser les résultats et prioriser



Classification TyPol de 217 composés (tébuconazole, terbuthylazine, fénoxycarbe, et 214 TP associés) basée sur les descripteurs moléculaires (nb atomes, moment dipolaire...) et paramètres environnementaux (coefficient d'adsorption, demi-vie...)

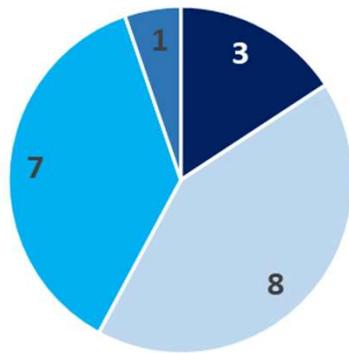


Classification des TP du tébuconazole dans plusieurs groupes :

- > comportements différents
- > effets/toxicité différents

05. Transfert & valorisation des résultats

19 valorisations (articles, colloques)
+ 8 stagiaires M1/M2 et 1 doctorant



■ projet TAPIOCA ■ T1/T4 ■ T2 ■ T3

+ 5 publications scientifiques/
techniques à venir

Séminaire de restitution finale du projet TAPIOCA

INRAE Lyon, mai 2024 (hybride)

70 participants (chercheurs, opérationnels, gestionnaires...)

Présentation des **résultats scientifiques**

(<https://nextcloud.inrae.fr/s/Ya4tydYyZ5tSdNt>)

Table ronde sur la thématique :

« Quelle place pour les produits de transformation dans
l'évaluation du risque environnemental ? »

(<https://nextcloud.inrae.fr/s/FjrrWPETP2EXNMY>)



07. Perspectives issues du projet

- Appliquer la stratégie analytique d'analyse non ciblée à **d'autres substances** (autres produits phyto et micropolluants organiques).
- Améliorer **la sensibilité des stratégies analytiques** (concentration < ng/L) avec un pré-traitement/pré-concentration des échantillons aqueux.
- **Prioriser les TP pertinents** à considérer en capitalisant des données d'occurrence dans l'environnement, et d'effets disponibles ou prédictibles.
- Acquérir plus de **données expérimentales** (comportement des TP, effets sur plusieurs organismes, effet cocktail, cinétique de réponse) pour faire le lien entre les résultats écotoxicologiques et les classements issus de TyPol ; couplages d'outils *in vitro/ in vivo*.
- En contexte de **changement climatique**, quelle sera l'influence de l'augmentation de la température, de la fréquence et de l'intensité des pluies ou sécheresses, des modifications des pratiques agricoles... sur la sensibilité des écosystèmes aquatiques aux produits phyto et à leurs produits de transformation ?



Remerciements



INRAE

UR RiverLy - équipes LAMA, EMA, Ecotox, PollDiff
UR EABX - équipe ECOVEA
UR ECOSYS - équipe SOL&TOX



Université Clermont Auvergne - équipe LMGE



Université Lyon I - ISA, UMR 5280

Les acteurs du Projet TAPIOCA :

Christelle Margoum, Chloé Bonnineau, Yoce Aprianto, Joan Artigas, Maelle Baillergeau, Pierre Benoit, Nadia Carluer, Arnaud Chaumot, Mélaine Claitte, Marina Coquery, Fanny Courapied, Nicolas Creusot, Nicolas Delorme, Jason Devaux, Mélissa Eon, Guillaume Hevin, Olivier Geffard, Véronique Gouy-Boussada, Céline Guillemain, Sabine Heinisch, Gwilherm Jan, Laure Mamy, Jean Marçais, Nicolas Mazzella, Débora Millan-Navarro, Soizic Morin, Bernard Motte, Patrice Noury, Stéphane Pesce, Rémi Recoura-Massaquant, Loïc Richard, Kevin Rocco, Christophe Rosy, Florent Rouvière, Camille Sand, Joséphine Véron, Ilan Viemont-Lefeuve, Bernadette Volat