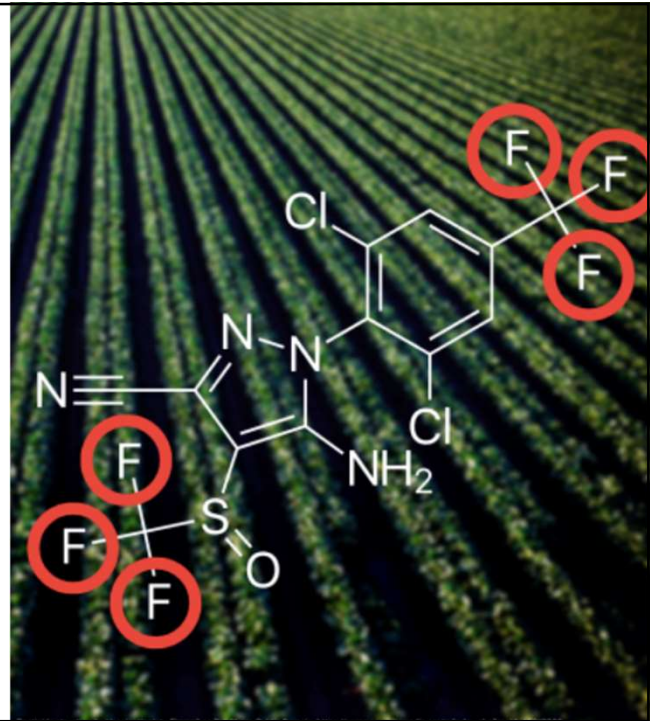


# Impacts des pesticides fluorés sur la santé

Céline Bertrand

Cellule Environnement de la Société  
Scientifique de Médecine Générale  
(SSMG)

Colloque Nature & Progrès  
17/01/2025



1

## Plan

- **Pesticides PFAS et fluorés: de quoi parle-t-on?**
  - Les principes actifs
  - Les co-formulants
  - Les adjuvants
  - Les semences enrobées
- **Quels effets sur la santé?**
  - Écotoxicité
  - Pesticides fluorés et plastiques
  - Perturbation endocrinienne
  - Immunotoxicité
  - Périodes de vulnérabilité

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

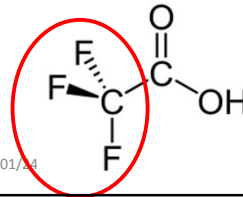
2

## Pesticides PFAS, de quoi parle-t-on?

"Par définition, les PFAS contiennent **au moins un groupe méthyle ou méthylène entièrement fluoré** (sans aucun atome H, Cl, Br ou I lié).

En d'autres mots, tout produit chimique, à quelques exceptions près, comportant **au moins un groupe méthyle perfluoré (-CF<sub>3</sub>) ou un groupe méthylène perfluoré (-CF<sub>2</sub>-)** est un PFAS » (OCDE 2021)

- Donc, les pesticides comme le Flufenacet, le Flutolanil SONT des PFAS
- Le TFA est un PFAS



Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

3

## Pesticides PFAS, de quoi parle-t-on?

« **Même un seul groupement** -CF<sub>3</sub> ou difluorométhylène (-CF<sub>2</sub>) dans un ingrédient actif de pesticide peut résister à la dégradation dans des conditions très strictes »

« Cela garantit que **la plupart des molécules de PFAS persisteront dans l'environnement à perpétuité ou se décomposeront en un produit de dégradation qui persistera également à perpétuité** »

Bhat AP, Pomerantz WCK, Arnold WA. 2022. Finding fluorine: photoproduct formation during the photolysis of fluorinated pesticides. *Environ Sci Technol* 56(17):12336–12346.

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

4

## La fluoration des pesticides

- Utilisée pour modifier les attributs chimiques, tels que la **stabilité** et la **lipophilie**, améliorer la spécificité stéréochimique et augmenter l'**activité résiduelle** des ingrédients pesticides.

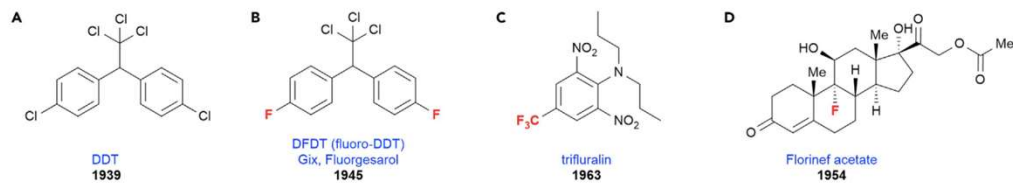


Figure 1. Early Examples of Synthetic Pesticides and Fluoro-pharmaceuticals

- (A) DDT.  
(B) DFDT.  
(C) Trifluralin.  
(D) Florinef acetate.

Donley, N., Cox, C., Bennett, K., Temkin, A. M., Andrews, D. Q., & Naidenko, O. V. (2024). Forever Pesticides: A Growing Source of PFAS Contamination in the Environment. *Environmental health perspectives*, 132(7), 75003.

Ogawa, Y., Tokunaga, E., Kobayashi, O., Hirai, K., & Shibata, N. (2020). Current Contributions of Organofluorine Compounds to the Agrochemical Industry. *iScience*, 23(9), 101467.

5

## Pesticides fluorés

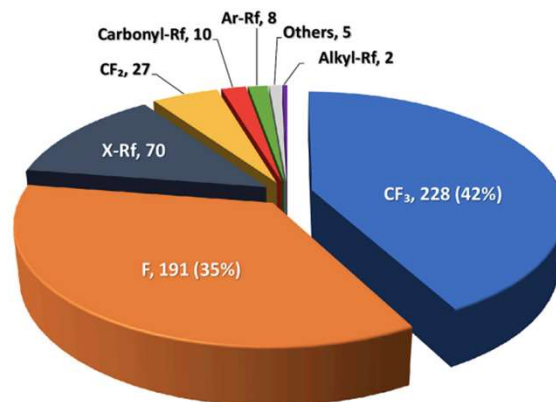


Figure 7. Chemotype Distribution of Fluoro-Agrochemicals Focusing on the Number of Fluorine Atoms Present Per Functional Group (424 Compounds, 541 Entries, 8 Groups)

Ogawa, Y., Tokunaga, E., Kobayashi, O., Hirai, K., & Shibata, N. (2020). Current Contributions of Organofluorine Compounds to the Agrochemical Industry. *iScience*, 23(9), 101467. <https://doi.org/10.1016/j.iisci.2020.101467> *le Environnement SSMG 17/01/24*

6

**Scientific world**

**PESTICIDES fluorés**

Ingrédient actif déclaré

Additifs

Diluants

Émulsifiants

Surfactants

La part d'ombre qui change la toxicologie

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/2022

7

## Des PFAS dans des formulations dont le principe actif n'est pas un PFAS?

Table 1. Average concentration of PFOS in the analyzed insecticide formulations (mg PFAS/kg formulation or ppm, ± standard deviation). The concentrations reported were calculated from the dilution described previously in the "Insecticide Analysis section". PFAS with no concentrations above LOQ were not included in this table.

Sample ID	Formulation type	Active ingredient	PFOS (mg/kg)
1	Liquid concentrate	Abamectin	3.92 ± 0.51
2	Emulsified suspension	Novaluron	9.18 ± 0.34
3	Liquid concentrate	Mineral Oil (Petroleum oil)	8.64 ± 0.67
4	Emulsified suspension	Imidacloprid	13.3 ± 1.4
5	Emulsified suspension	Spiromesifen	19.2 ± 1.2
6	Liquid concentrate	Malathion	17.8 ± 0.7
7	Wettable powder	<i>Beauveria Bassiana</i>	0

*Steven et al. (2022) ont découvert qu'il y avait des PFAS dans des formulations d'insecticides qui ne contenaient pas de PFAS en tant qu'« ingrédients actifs ».*

Steven et al. Targeted analysis and Total Oxidizable Precursor assay of several insecticides for PFAS, Journal of Hazardous Materials Letters, Volume 3, 2022

8

## D'où viennent alors ces PFAS?

Ingrédient actif: *Imidacloprid*

« Co-formulants » ou ingrédients  
« inertes »: diluants, émulsifiants,  
stabilisants, surfactants, additifs, ...



Jungers, G., Portet-Koltalo, F., Cosme, J., & Seralini, G. É. (2022). Petroleum in Pesticides: A Need to Change Regulatory Toxicology. *Toxics*, 10(11), 670. <https://doi.org/10.3390/toxics10110670>  
Seralini G. E. (2024). Pesticides in Formulations: New Revolutionary Findings. *Toxics*, 12(2), 151. <https://doi.org/10.3390/toxics12020151>

9

## Des co-formulants fluorés?

- De nombreux brevets ont démontré comment les « inertes » fluorés peuvent accélérer la **dispersion** du pesticide pulvérisé sur des surfaces ciblées telles que les feuilles, contribuer à la **surfactance** et faciliter la **pénétration** du pesticide dans les organismes vivants.
- La **fluoration des ingrédients inertes** peut aider à prévenir la formation de mousse dans la formulation du pesticide afin de garantir un épandage efficace du pesticide après la pulvérisation, et les ingrédients inertes fluorés sont également utilisés comme agents propulseurs dans les produits pesticides en aérosol.

Steven et al. Targeted analysis and Total Oxidizable Precursor assay of several insecticides for PFAS, *Journal of Hazardous Materials Letters*, Volume 3, 2022

10

**ADJUVANTS**

Mouillants

Anti-mousse

Dans les enregistrements, toutes ces catégories d'adjuvants sont classées sous le nom générique d'« additifs ».

« Stickers »

« Autres adjuvants »

Il s'agit de produits visant à permettre l'autorisation de produits phytopharmaceutiques nécessitant ces adjuvants pour leur efficacité (acidifiants, précurseurs,...)

« Résidus »

Aucune donnée sur les résidus n'est requise si au moins l'un des critères suivants est rempli :

(1) l'utilisation proposée de l'adjuvant est limitée à la combinaison avec des produits phytopharmaceutiques utilisés sur des cultures non destinées à la consommation humaine ou animale.

(2) Il est recommandé d'utiliser l'adjuvant avec « la moitié de la dose approuvée de produit phytopharmaceutique » (ou moins de la moitié).

SPF, Requirements applied in Belgium to an application for the authorization of an "adjuvant" for agricultural use Version 1.3 06/09/2018

11

## Des adjuvants fluorés?

- Dans l'agriculture, les pesticides sont couramment appliqués avec des adjuvants, qui sont des produits distincts pouvant **réduire la dérive/volatilisation, faciliter l'application** ou **renforcer les effets pesticides des produits**.
- La fluoration est utilisée pour modifier les attributs chimiques, tels que la **stabilité** et la **lipophilie**, améliorer la spécificité stéréochimique et **augmenter l'activité résiduelle** des ingrédients pesticides.
- Étant donné que de nombreux adjuvants et ingrédients inertes remplissent des fonctions similaires, on suppose qu'au moins certains ingrédients d'adjuvants sont fluorés.

Donley, N., Cox, C., Bennett, K., Temkin, A. M., Andrews, D. Q., & Naidenko, O. V. (2024). Forever Pesticides: A Growing Source of PFAS Contamination in the Environment. *Environmental health perspectives*, 132(7), 75003.

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

12



# Adjuvants

- On distingue quatre catégories d'adjuvants :
  - **Les mouillants** : ce sont des produits visant à améliorer l'efficacité (adhérence aux cultures) des produits phytopharmaceutiques.
  - **Les adjuvants de type « autres adjuvants »** : ce sont des produits visant à permettre l'autorisation de produits phytopharmaceutiques nécessitant ces adjuvants pour leur efficacité (acidifiants, précurseurs,...).
  - **Les « stickers »** : il s'agit de produits visant à permettre une meilleure adhérence des produits de traitement des semences et à prévenir la formation de poussières importantes lors du semis.
  - **Les agents anti-mousse** : il s'agit de produits visant à prévenir la formation excessive de mousse lorsque plusieurs formulations sont utilisées ensemble.

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

SPF, Requirements applied in Belgium to an application for the authorization of an "adjuvant" for agricultural use Version 1.3 06/09/2018

13

# Adjuvants

REQUIREMENTS APPLIED IN  
BELGIUM TO AN APPLICATION  
FOR THE AUTHORIZATION OF AN  
"ADJUVANT" FOR AGRICULTURAL  
USE

 Federal Public Service Health, Food Chain Safety and Environment  
Service Plant protection products and Fertilizers

- Les méthodes d'essai applicables sont les mêmes que pour les produits phytopharmaceutiques (règlements 283/2013 et 284/2013). Il s'agit notamment des méthodes de la CIMAP, de l'OCDE et de l'UE. Un test conforme aux BPL est requis de la même manière que pour les produits phytopharmaceutiques.
- **« Certains de ces tests peuvent être inutiles pour les adjuvants »**
- « La distinction entre l'évaluation des adjuvants et des produits phytopharmaceutiques provient de la différence d'utilisation. Les adjuvants sont mélangés aux produits phytopharmaceutiques pour améliorer leur action d'une manière ou d'une autre. Par conséquent, ces mélanges (et non les adjuvants eux-mêmes) doivent posséder des caractéristiques techniques acceptables pour être utilisés correctement. Néanmoins, certaines propriétés intrinsèques des adjuvants doivent également être évaluées pour garantir la sécurité et la stabilité de l'adjuvant commercialisé. »

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

SPF, Requirements applied in Belgium to an application for the authorization of an "adjuvant" for agricultural use Version 1.3 06/09/2018

14

## Adjuvants

« Aucune donnée sur les résidus n'est requise si au moins l'un des critères suivants est rempli :

1) l'utilisation proposée de l'adjuvant est limitée à la combinaison avec des produits phytopharmaceutiques utilisés sur des cultures **non destinées à la consommation humaine ou animale.**

2) Il est recommandé d'utiliser l'adjuvant avec « la moitié de la dose approuvée de produit phytopharmaceutique » (ou moins de la moitié). »

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

SPF, Requirements applied in Belgium to an application for the authorization of an "adjuvant" for agricultural use Version 1.3 06/09/2018

15

**SEMENCES ENROBÉES**

1  
2  
3  
4

Les graines de maïs sont traitées à l'étranger et importées en Belgique. Les traitements de semences utilisés sont autorisés dans le pays d'origine.  
Plus d'informations [cliquez ici](#)


**SOYEZ PRUDENT AVEC LES SEMENCES ET LES GRANULÉS**  
**SUIVEZ ATTENTIVEMENT LES INSTRUCTIONS**









**Seedcare™** **syngenta**

16



# Semences enrobées



traitement des semences	produits	nom de la marque
Standard	Redigo M + VIBRANCE®	 Elevation
Répulsif oiseaux 	Redigo M + VIBRANCE® + KORIT 420 FS	 Elevation Plus
Dégâts d'insectes 	Redigo M + VIBRANCE® + FORCE 20 CS	 Elevation Plus
Répulsif oiseaux Dégâts d'insectes  	Redigo M + VIBRANCE® + KORIT 420 FS + FORCE 20 <sup>CS</sup>	 Elevation Plus

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

17

# Semences enrobées

**VIBRANCE™ fait la différence**

Les semences Syngenta sont toutes traitées avec VIBRANCE®

[Actualités](#) [Nos produits](#) [Votre Culture](#) [Biologicals](#) [Agriculture durable](#) [Meteo](#)

Matière active : 500g/l sedaxane

Utiliser des semences traitées en toute sécurité  
 L'utilisation de semences protégées (traitées) est très efficace contre les organismes nuisibles dans le champ. Néanmoins, vous devez savoir comment manipuler correctement la semence traitée afin de limiter au minimum votre exposition et celle de l'environnement.

Les graines de maïs sont traitées à l'étranger et importées en Belgique. Les traitements de semences utilisés sont autorisés dans le pays d'origine.

Plus d'informations [cliquez ici](#)

SOYEZ PRUDENT AVEC LES SEMENCES ET LES GRANULÉS

SUIVEZ ATTENTIVEMENT LES INSTRUCTIONS



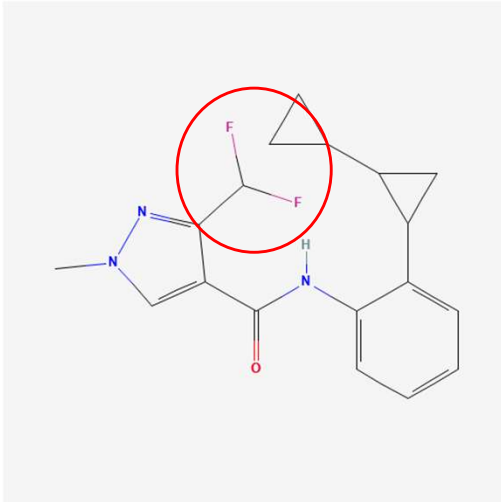

Seedcare™





18

## SEDAXANE



- **Fongicide**: efficace contre un grand nombre de champignons pathogènes de la semence et du système racinaire.
- Méthode d'action SDHI
- Classé comme **cancérigène probable** chez l'Homme
- Augmentation du nombre de tumeurs, localisées au niveau du foie, de la thyroïde et de l'utérus.
- Reproduction: baisse du nombre de follicules ovariens et variation du poids des gonades.
- Chez le poisson zébra Fish, provoque des anomalies du développement (microcéphalie, déformation, œdème, problème cardiaque) ainsi qu'un stress oxydant
- Le sédaxane aurait vraisemblablement un caractère **perturbateur endocrinien**

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24  
<https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/LoadPrintModal?MatiereActiveID=571>

19

## Semences enrobées

RECHERCHE SYNGENTA GLOBAL MON SITE LOG IN FRANÇAIS

Biologicals Agriculture durable Meteo

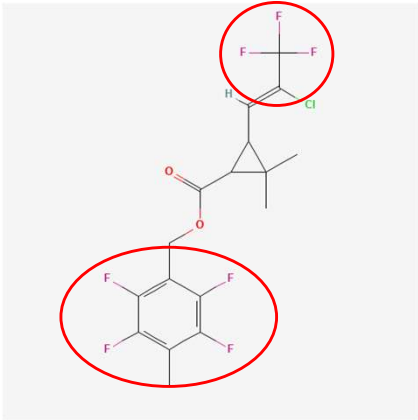
**FORCE**  
INSECTICIDE  
Numéro d'homologation:  
7744P/B  
**Composition:**  
200 g/l TEFLUTHRINE  
**Formulation:**  
CS (Capsule suspensie)

**IBRIDITRIN**  
CORTEVA  
Découvrir CORTEVA >  
AMM : 2210324  
Phytos Insecticides  
**Matières actives**  
200 g/l - Téfluthrine

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

20

## TEFLUTHRINE

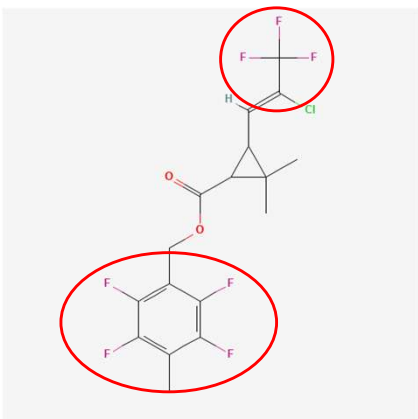


Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

- 2,3,5,6-**tetrafluoro**-4-methylbenzyl 3-[(1Z)-2-chloro-3,3,3-**trifluoro**prop-1-en-1-yl]-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate
- **Insecticide pyréthriinoïde** de synthèse qui agit sur le système nerveux en interférant avec le fonctionnement du canal sodique.
- Toxicité aiguë: La téfluthrine est **très toxique par les voies orale et respiratoire** et de très à modérément toxique par la voie cutanée.
- Une paresthésie faciale, soit des fourmillements, des brûlements, des démangeaisons ou des engourdissements temporaires, sont couramment observés chez les personnes exposées aux composés pyréthriinoïdes de synthèse.

21

## TEFLUTHRINE




Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

- Effets à long terme:
  - Etude chronique chez les rats: ataxie
  - Chez les souris: changements hémangiomateux de l'utérus et une nécrose hépatique ont été observés.
  - Chez des rates exposées à des doses élevées, les observations de cas de néoplasie comprennent une hausse de la fréquence d'adénocarcinomes utérins.
  - Le produit a été classé non cancérigène par l'EPA et l'Union Européenne, mais l'ARLA a quand même calculé un **excès de risque**.
  - On ne sait pas si certains effets observés dans une étude à long terme sont liés à une **perturbation de la fonction endocrinienne**.
  - Il n'y a pas d'études acceptables spécifiques de disponibles sur la **neurotoxicité** de la téfluthrine. Cependant, des signes de neurotoxicité ont été observés dans d'autres études dont celle sur la reproduction et dans l'étude chronique chez les rats (ataxie).
  - **Les produits de la même famille chimique que la téfluthrine sont généralement des composés neurotoxiques.**

22

Traitements de semences Acceleron<sup>MD</sup>

Les maladies, les insectes, les conditions météorologiques. Des carences en humidité ou en nutriments. Vous faites face à des menaces imprévisibles saison après saison. C'est pourquoi vous avez besoin d'un traitement de semences qui peut vous mettre sur une trajectoire de résultats prévisibles. Le portefeuille des solutions Acceleron<sup>MD</sup> est un système avancé de traitements de semences permettant d'améliorer le contrôle et la protection. Une simple décision peut vous aider à préserver votre confiance et à favoriser la croissance de votre culture.

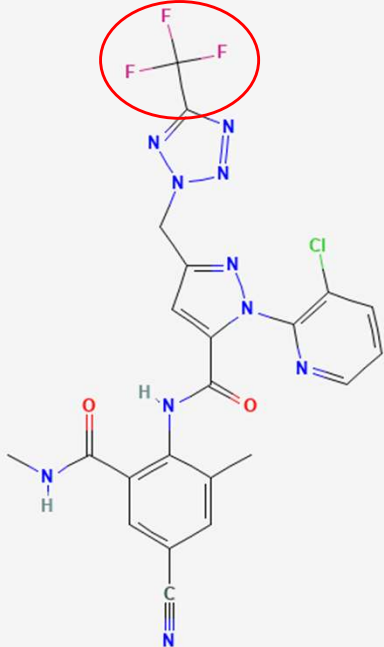


	ACCELERON BASE	ACCELERON STANDARD				ACCELERON COMPLET			
		OPTION NÉONICOTINOÏDE (GROUPE 4A)		OPTION DIAMIDE** (GROUPE 2B)		OPTION NÉONICOTINOÏDE (GROUPE 4A)		OPTION DIAMIDE** (GROUPE 2B)	
<b>FONGICIDE</b> Fluoxastrobine Prothioconazole Métalaxyl	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<b>MAÎTRISE SUPÉRIEURE DES MALADIES</b> Un taux élevé de prothioconazole et de fluoxastrobine qui assure une maîtrise supérieure des maladies, du début jusqu'au milieu de la saison.						✓	✓	✓	✓
<b>INSECTICIDE</b> Clothianidine (option néonicotinoïde) ou Tétraniliprole (option diamide)		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

23

# TETRANILIPROLE

- C<sub>22</sub>H<sub>16</sub>ClF<sub>3</sub>N<sub>10</sub>O<sub>2</sub>
- Mai 2024: l'EFSA a été invitée à évaluer les données toxicologiques évaluées par la JMPR concernant le pyrasulfotole, le pyraziflumid, le spiropidion et le tétraniliprole. **Ces substances actives n'ont pas été évaluées précédemment au niveau de l'UE.**



Céline Bertrand, cellu

24

## Semences enrobées

**syngenta**  
France

**INFLUX XL**  
DERNIÈRE MISE À JOUR: 11.01.2025  
FONGICIDES  
PROTECTION DES SEMENCES



N° AMM : 9800344

**Composition:**  
25 g/l fludioxonil +  
9,7 g/l métalaxyl-M

Famille chimique :  
Phénylpyrroles, Phénylamides

**SURRENDER** GLOBACHEM NV

N° AMM : 2230051    TYPE DE PRODUIT : PPP    TYPE COMMERCIAL : Produit de référence

SECONDS NOMS COMMERCIAUX :

Substances et formulation

COMPOSITION (DE LA SPÉCIALITÉ) EN SUBSTANCE ACTIVE

fludioxonil  
Sous forme de : fludioxonil - 100 g/L

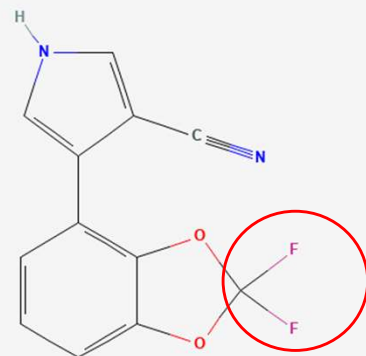
FORMULATION  
Suspension concentrée pour traitement des semences

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

25

## FLUDIOXONYL

- C<sub>12</sub>H<sub>6</sub>F<sub>2</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>
- Considéré comme un **perturbateur endocrinien** lors d'un criblage antiandrogène in vitro à haut débit.  
Orton et al. (2011).
- Capacité à provoquer des effets sur le **développement** en tant qu'antagoniste des androgènes (Teng et al., 2012) et à induire un **stress oxydatif, une apoptose cellulaire** et d'autres processus physiologiques dans une gamme de concentrations (Wang et al., 2020d)

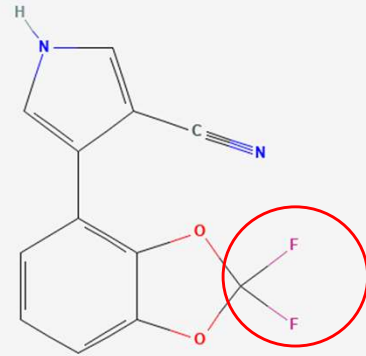


Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

26

## FLUDIOXONYL

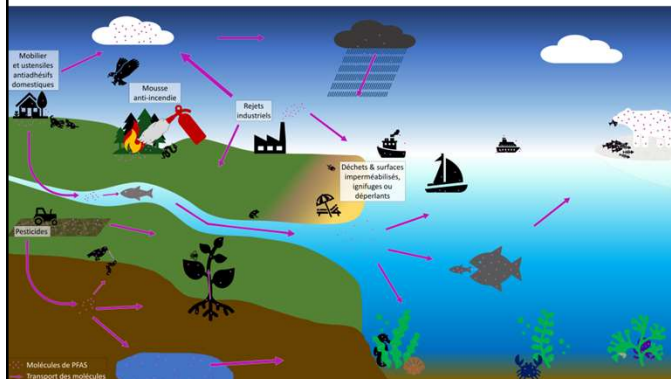
Est **persistant** dans les sols en condition aérobie (demi-vie de 143 à **494** jours) et dans l'eau en condition aérobie (demi-vie de 473 à **718** jours).



Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

27

## Quels effets sur la santé?



Les PFAS constituent un problème de santé environnementale gravissime en raison de leur nature **hautement persistante**, de leur **toxicité** souvent puissante, de leur **potentiel de bioaccumulation**, de **biomagnification** et de leur **présence généralisée** chez l'homme, les animaux et l'environnement au sens large.

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

28



# Toxicité des PFAS

• Les PFAS sont connus notamment pour leurs effets toxicologiques de:

- Perturbation endocrinienne,
- Hépatotoxicité,
- Immunotoxicité,
- Développement des fœtus
- et pour certains, pour leur cancérogénicité (par ex. le PFOA)



Société Scientifique de Médecine Générale, cellule Environnement

## Consensus:

### Adulte – général

- Troubles thyroïdiens
- Augmentation des niveaux de cholestérol
- Atteintes du foie
- Cancers (rein, testicules)

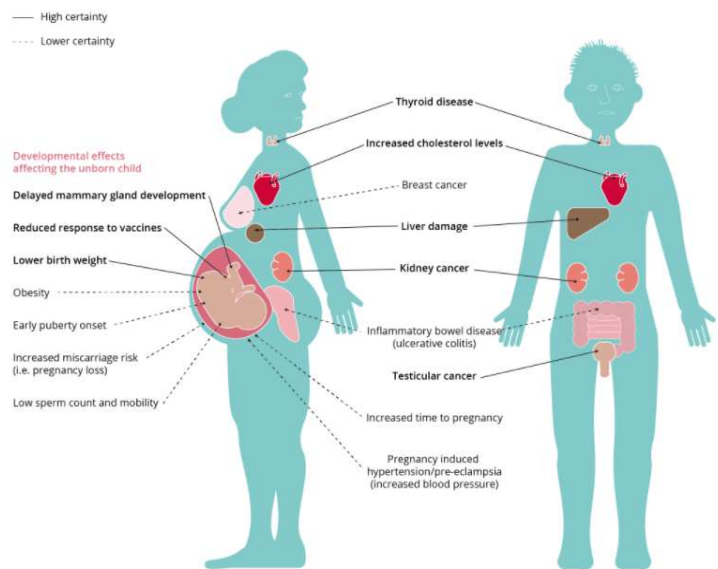
### Femme en âge de procréer/enceinte

- Troubles de la fertilité
- Pré-éclampsie

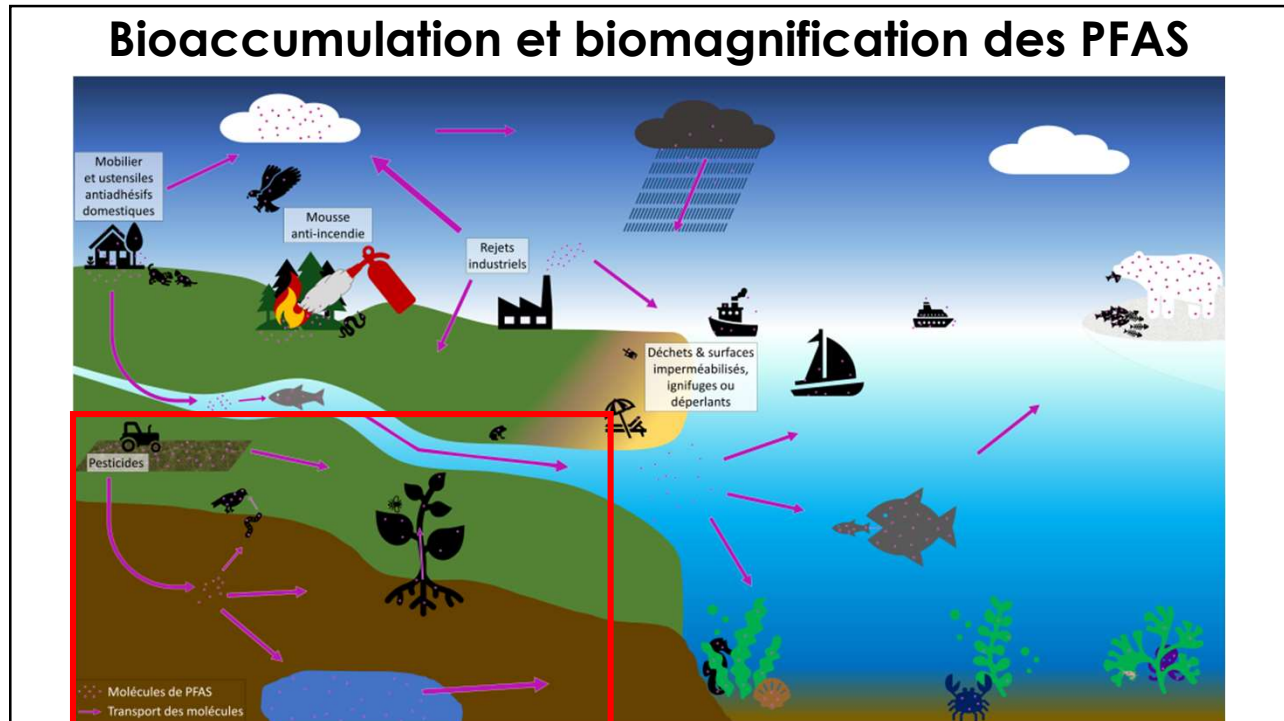
### Fœtus

- Retard du développement mammaire
- Réponse réduite aux vaccins – immunotoxicité
- Poids de naissance réduit

Figure 1. Effects of PFAS on human health



Sources: US National Toxicology Program, (2016); C8 Health Project Reports, (2012); WHO IARC, (2017); Barry et al., (2013); Fenton et al., (2009); and White et al., (2011).



31

## Persistance

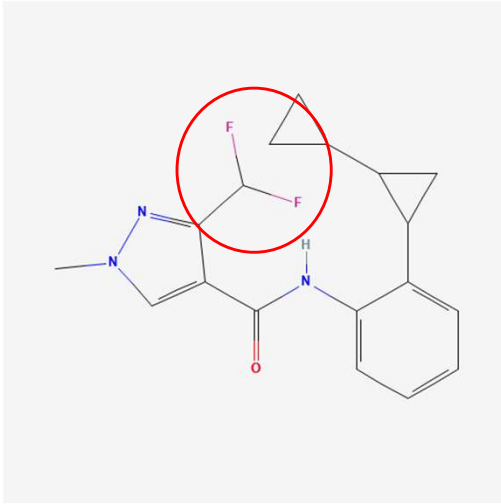
- Dans l'UE, un pesticide est considéré comme persistant si sa demi-vie (DT50) **est égale ou supérieure à 30 jours**.
- De nombreux ingrédients actifs des pesticides fluorés sont classés comme **persistants** (30 jours < DT50 < 365 jours) ou **très persistants** (DT50 > 365 jours).

Alexandrino, D. A. M., Almeida, C. M. R., Mucha, A. P., & Carvalho, M. F. (2022). Revisiting pesticide pollution: The case of fluorinated pesticides. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 292(Pt A), 118315. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118315>

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

32

## Exemple du SEDAXANE



- **Persistant** dans les sols aérobie (demi-vie de 60 à 367 jours) et dans les milieux aquatiques aérobie (demi-vie de 867 à 950 jours).

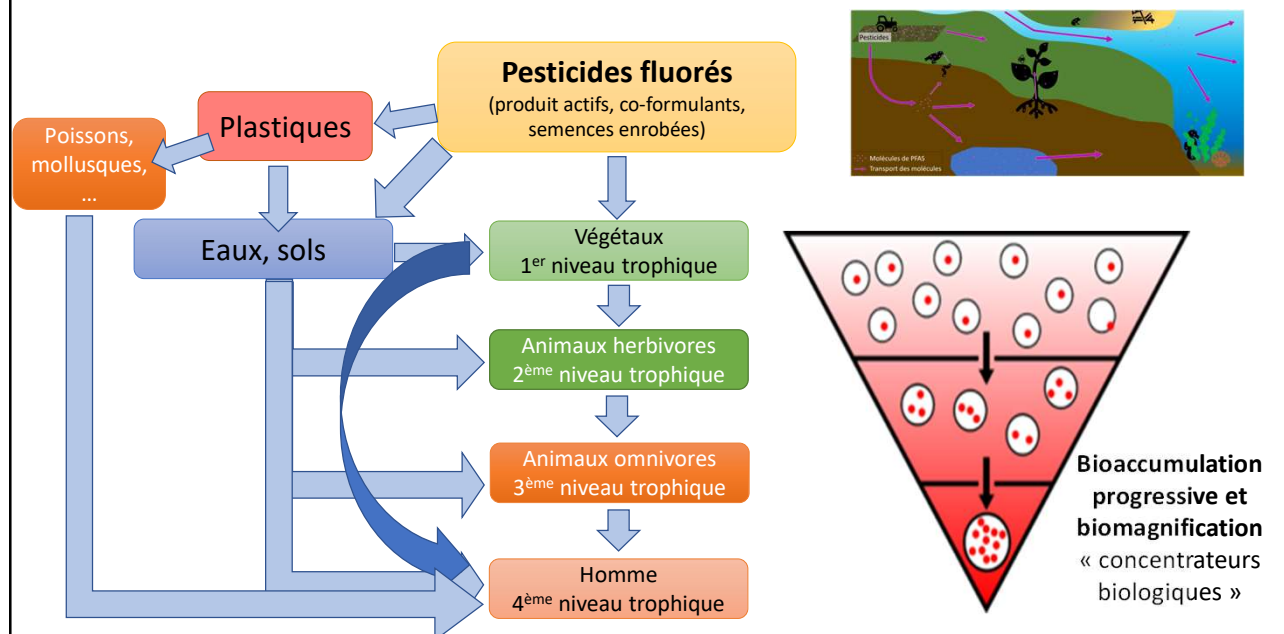
- **Persistance particulièrement élevée dans les milieux aquatiques anaérobies**

Demi-vie de 1945 à 4909 jours = **13 ans!**

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

33

## Voies de contamination



34

## Pesticides fluorés et plastiques

- La présence de plastique influence le devenir global et la dynamique des pesticides dans l'environnement (Wanner, 2021).
- Les pesticides fluorés sont **plus susceptibles d'être adsorbés par les plastiques que leurs homologues non fluorés** en raison de leur **lipophilie** généralement élevée.
- → **Plus grande mobilité** dans l'environnement, **persistance**.
- → **prolongation significative de La demi-vie dans l'environnement aquatique**

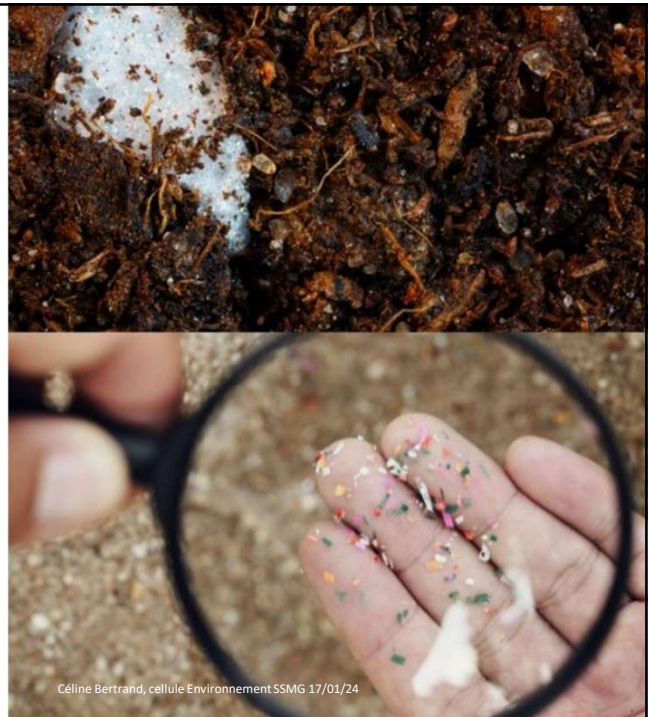


Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

35

## Pesticides fluorés et plastiques

- Des observations similaires ont également été faites dans les sols agricoles, où la **pollution microplastique** est particulièrement importante.
- Le flubendiamide s'est avéré être le composé le plus adsorbé sur les fibres de polyester et les particules de polypropylène parmi les pesticides testés, ce qui a également conduit à une **augmentation de sa mobilité** dans le système du sol



Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

36

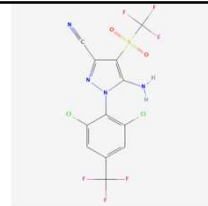
## Bioaccumulation

- **Lipophilie** généralement élevée des pesticides fluorés → plus grande affinité pour la **bioaccumulation dans les organismes vivants**
- Corrélation entre la bioaccumulation de pesticides fluorés chez les abeilles et des événements de mortalité massive de colonies de ces insectes en Italie. *Martinello et al. (2020)*
  - Large éventail de pesticides fluorés différents bioaccumulés dans les abeilles mortes, y compris le fludioxonil, le fluopicolide, le fluopyram, le flutriafol, la téfluthrine, la trifloxystrobine et le fipronil, dans des quantités allant jusqu'à 140 ng par abeille.
- Les **pyréthrinoïdes**, ont également été largement impliqués dans les phénomènes de **bioaccumulation** chez les organismes aquatiques et terrestres ainsi que chez l'homme, y compris chez les bébés exposés par le biais de la lactation.

Alexandrino, D. A. M., Almeida, C. M. R., Mucha, A. P., & Carvalho, M. F. (2022). Revisiting pesticide pollution: The case of fluorinated pesticides. *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)*, 292(Pt A), 118315. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118315>

37

## Produits de dégradation des pesticides PFAS: exemple du Fipronil



- Les produits de dégradation fluorés hautement persistants du pesticide PFAS fipronil se retrouvent souvent **à des concentrations beaucoup plus élevées** dans le sérum, le plasma et l'urine humains et sont largement répandus dans l'environnement
- Ces produits de dégradation fluorés sont également **plus persistants et plus toxiques** pour un large éventail d'organismes vivants, y compris les mammifères, que l'ingrédient pesticide d'origine.
- **Pour pouvoir évaluer correctement le risque, il faut absolument tenir compte de ces produits de dégradation très persistants qui se forment dans l'environnement et dans les organismes!**

Shi L, Wan Y, Liu J, He Z, Xu S, Xia W. 2021. Insecticide fipronil and its transformation products in human blood and urine: assessment of human exposure in general population of China. *Sci Total Environ* 786:147342.

McMahan RL, Strynar MJ, Dagnino S, Herr DW, Moser VC, Garantziotis S, et al. 2015. Identification of fipronil metabolites by time-of-flight mass spectrometry for application in a human exposure study. *Environ Int* 78:16–23.

38



## Acide Trifluoroacétique (TFA)

- « Les données sont suffisantes pour conclure que **le TFA présente un risque pour l'homme et l'environnement** » (...) « Cette substance répond aux critères d'une **menace planétaire** » Arp et al. *Environmental Science & Technology*, 2024
- En avril de cette année, l'autorité allemande de réglementation des produits chimiques a informé l'Agence européenne des produits chimiques qu'elle souhaitait que le TFA soit classé comme **REPROTOXIQUE**, ce qui signifie qu'il peut nuire à la fonction de reproduction humaine, à la fertilité et au développement du fœtus.
- L'exécutif britannique chargé de la santé et de la sécurité a quant à lui identifié le TFA comme « une substance préoccupante, car il existe des indications selon lesquelles il pourrait entraîner une **toxicité pour le développement** ».
- Si la toxicité du TFA est encore mal connue, les scientifiques du RIVM (Institut de santé publique néerlandais) constataient déjà dans la littérature scientifique des effets sur le foie et n'excluaient pas un impact sur le **système immunitaire**. Pour cette agence, **le TFA est "supposé avoir les mêmes effets toxiques que les autres PFAS"**.

Arp, H. P. H., Gredelj, A., Glüge, J., Scheringer, M., & Cousins, I. T. (2024). The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA). *Environmental science & technology*, 58(45), 19925–19935. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c06189>  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.4c06189>

39

## Quels effets sur la santé?

- Potentiel de divers pesticides fluorés, tels que le fipronil, la trifluraline ou l'époxiconazole, à agir comme des agents **perturbateurs endocriniens, génotoxiques et immunosuppresseurs** après des expositions aiguës et chroniques d'organismes terrestres et aquatiques. Murphy et al. (2012)
- Plusieurs nouvelles études ont corroboré ces résultats, non seulement pour ces pesticides phares, mais aussi pour une plus large sélection de pesticides fluorés.

Alexandrino, D. A. M., Almeida, C. M. R., Mucha, A. P., & Carvalho, M. F. (2022). Revisiting pesticide pollution: The case of fluorinated pesticides. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 292(Pt A), 118315. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118315>

40

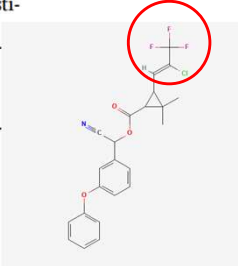


# Toxicité des pesticides fluorés

**Table 4**  
Summary of the concentration thresholds at which selected fluorinated pesticides exert adverse effects.

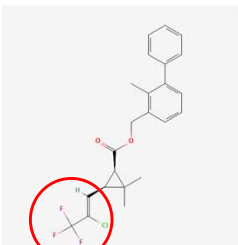
Pesticide	Toxic effect	Effective concentration (s)	Test organism	Ref.
λ-cyhalothrin	Teratogenicity	0.1 mgL <sup>-1</sup>	Zebrafish	DeMicco et al. (2009)
	Endocrine disruption	10.4 mgL <sup>-1</sup>	Human cell line	Orton et al. (2011)
	Genotoxicity	1.5–3.5 µgL <sup>-1</sup>	African Catfish	Amaeze et al. (2020)
Bifenthrin	Teratogenicity	0.2 mgL <sup>-1</sup>	Zebrafish	DeMicco et al. (2009)
		1/3/10 µgL <sup>-1</sup>		Tu et al. (2016)
	Immunotoxicity	1/5/20 mgL <sup>-1</sup>	Mouse	Wang et al. (2017)

## Pyréthriinoïdes



Acute Toxic Environmental Hazard

C23H19ClF3NO3



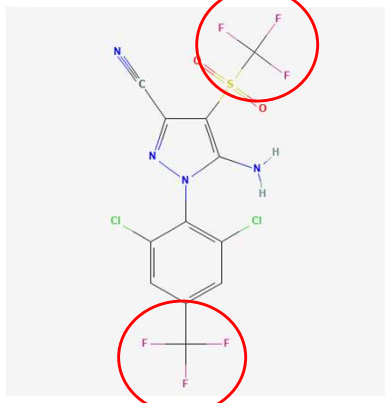
Acute Toxic Health Hazard Environmental Hazard

C23H22ClF3O2

41

Epoxiconazole	Endocrine disruption	15/50 mgkg <sup>-1</sup>	Rat	Taxvig et al. (2007)
		0.03–9.9 mgL <sup>-1</sup>	Human cell line	Kjaerstad et al. (2010)
	Teratogenicity	0.1/1 mgL <sup>-1</sup>	Zebrafish	Jia et al. (2019)
		7.2 mgL <sup>-1</sup>		Weng et al. (2021)
Fipronil	Teratogenicity	0.3 mgL <sup>-1</sup>	Zebrafish	Stehr et al. (2006)
	Reproductive toxicity	1.1–2.1 µgL <sup>-1</sup>	Water flea	Silva et al. (2020)
	Immunotoxicity/Genotoxicity <sup>a</sup>	95 mgkg <sup>-1</sup>	Mouse	Bano and Mohanty (2020)
	Genotoxicity	6.5–10.5 µgL <sup>-1</sup>	African Catfish	Amaeze et al. (2020)
Fonicamide	Immunotoxicity	0.1 mgL <sup>-1</sup>	Common carp	Taheri Mirghaed et al. (2020)
Flubendazole	Teratogenicity	40 mgkg <sup>-1</sup>	Rat	Garcés et al. (2020)

## Fipronil



Acute Toxic Environmental Hazard

/24

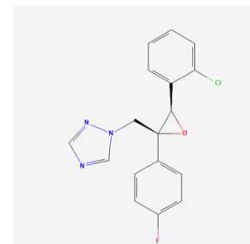
42

Fludioxonil	Endocrine disruption	0.2 mgL <sup>-1</sup>	Human cell line	Orton et al. (2011) Teng et al. (2012)	<p>Fludioxonil (fongicide)</p> <p>Flutolanil (fongicide)</p>
	Teratogenicity	2.5/25 µgL <sup>-1</sup>	Zebrafish		
Flupyradifurone	Immunotoxicity	4.3 mgL <sup>-1</sup>	Honeybee	Al Naggar and Baer (2019)	
Flutolanil	Endocrine disruption	32.3 mgL <sup>-1</sup>	Human cell line	Oh et al. (2007) Teng et al. (2020)	
	Teratogenicity	0.25/500/1000 µgL <sup>-1</sup>	Zebrafish		
Fluvalinate	Teratogenicity	25 mgkg <sup>-1</sup>	Rabbit	Garcès et al. (2020)	
Lunefuron	Immunotoxicity	4.3 mgL <sup>-1</sup>	Common carp	Taheri Mirghaed et al. (2020)	
Oxyfluorfen	Teratogenicity	15 mgkg <sup>-1</sup>	Rat	Garcès et al. (2020)	
Trifluralin	Teratogenicity	1 mgkg <sup>-1</sup>	Mouse	Garcès et al. (2020)	

43

## Perturbation endocrinienne

- La perturbation endocrinienne liée à la **toxicité reproductive et tératologique** est probablement l'effet toxique le plus signalé lié aux pesticides fluorés, étant donné la diversité des composés impliqués en tant qu'antagonistes endocriniens et agents tératologiques.
- L'époxiconazole a été reconnu:
  - comme un **puissant toxique endocrinien** et développemental en raison de sa capacité à inhiber l'activité des monoxygénases impliquées dans la stéroïdogénèse chez les rats et les lignées cellulaires humaines à différentes concentrations. (Kjærstad et al., 2010 ; Taxvig et al., 2007)
  - Pour ses caractéristiques **foetotoxiques** similaires chez le rat et le poisson zèbre à différentes concentrations (Jia et al., 2019 ; Taxvig et al., 2007 ; Weng et al., 2021)



Alexandrino, D. A. M., Almeida, C. M. R., Mucha, A. P., & Carvalho, M. F. (2022). Revisiting pesticide pollution: The case of fluorinated pesticides. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 292(Pt A), 118315. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118315>

44

## Perturbation endocrinienne

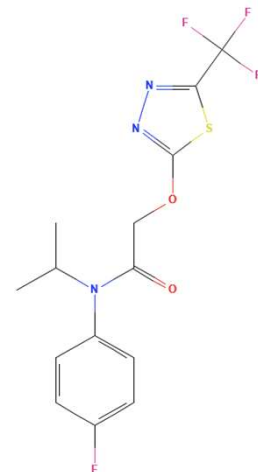
- Flutolanil: effet perturbateur potentiel sur le système endocrinien, attribué à sa **capacité à imiter les œstrogènes dans les lignées cellulaires humaines** (Oh et al., 2007)
- Fludioxonil:
  - Considéré comme un **perturbateur endocrinien** lors d'un criblage antiandrogène in vitro à haut débit. Orton et al. (2011).
  - Capacité à provoquer des **effets sur le développement** en tant qu'antagoniste des androgènes (Teng et al., 2012) et à induire un **stress oxydatif, une apoptose cellulaire et d'autres processus physiologiques** dans une gamme de concentrations (Wang et al., 2020d)

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

45

## Le Flufénacet reconnu perturbateur endocrinien

« En ce qui concerne l'évaluation des propriétés de perturbation endocrinienne (PE), il a été conclu globalement que, pour l'homme et les mammifères sauvages, **le flufenacet répond aux critères de la modalité thyroïde (T)** énoncés aux points 3.6.5 et 3.8.2 de l'annexe II du règlement (CE) n° 1107/2009, tel que modifié par le règlement (UE) 2018/605 de la Commission »



<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2024.8997>

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

46

## Flufénacet, études de toxicité pour la reproduction

- Chez les mères et/ou la progéniture dans les études de toxicité pour la reproduction, ont été observés:
  - la réduction du poids corporel et du gain de poids corporel,
  - les changements dans les hormones thyroïdiens et de l'histopathologie thyroïdienne
- Le flufénacet a induit une **axonopathie et un gonflement des axones** dans l'étude d'un an chez le chien et dans les études de toxicité chez le rat

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2024.8997>

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

47

## Flufénacet: étude de neurotoxicité développementale

- Dans l'étude de neurotoxicité développementale (DNT), on a observé un **retard de développement** (ouverture des yeux).
- Des **changements morphométriques** dans les mesures linéaires de la zone du putamen caudé ont également été observés chez les rats femelles au 72e JPN à partir de la faible dose de 1,7 mg/kg pc par jour et ont été considérés comme néfastes.

<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2024.8997>

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

48

## Immunotoxicité

### Plusieurs preuves d'immunotoxicité aiguë et chronique

- Bifenthrine: inhibition de la production de cytokines et cible les macrophages en altérant la viabilité cellulaire et en induisant l'apoptose (Wang et al., 2017).
- Lufénuron et flonicamide montrent un **potentiel d'immunosuppression** en conséquence du **stress oxydatif**, étant donné leur capacité à altérer l'expression des gènes liés aux antioxydants chez la carpe commune (Taheri Mirghaed et al., 2020).
- Flupyradifurone: **altération significative des voies immunitaires chez les abeilles** au cours de leur développement, ce qui a également conduit à une sensibilité accrue à d'autres facteurs de stress environnementaux à des stades ultérieurs de la vie (Al Naggar et Baer, 2019).

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

49

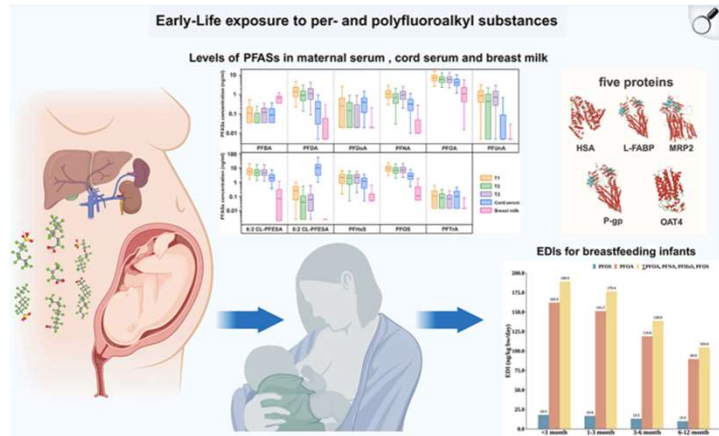
## Immunotoxicité

- Le Fipronil induit une suppression immunitaire en provoquant un stress oxydatif et des effets génotoxiques sur la thyroïde de souris albinos (Bano et Mohanty, 2020).
- L'exposition aux pesticides induirait des **syndromes persistants d'hypothyroïdie chez les souris**, interférant finalement avec le développement des organes lymphoïdes et affectant l'aptitude immunologique (Bano et Mohanty, 2020).
- Ce potentiel génotoxique **n'est pas exclusif à ce pesticide**, puisque les pyréthriinoïdes fluorés ont également montré leur capacité à causer des **dommages à l'ADN et aux chromosomes**, y compris chez des humains exposés professionnellement. (Amaeze et al., 2020 ; Barron ' Cuenca et al., 2019)

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

50

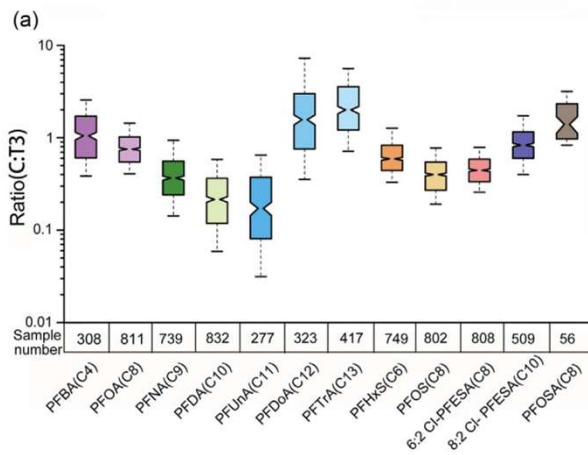
Exposition et  
vulnérabilité  
aux PFAS  
pendant les  
1000 premiers  
jours de vie



Xu Y, Sui X, Li J, Zhang L, Wang P, Liu Y, Shi H, Zhang Y. Early-life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances: Analysis of levels, health risk and binding abilities to transport proteins. *Eco Environ Health*. 2024 May 8;3(3):308-316

51

## Transfert placentaire des PFAS



Les PFAS peuvent traverser la barrière placentaire, ce qui conduit à leur **enrichissement dans le sang du cordon et à l'exposition du fœtus**

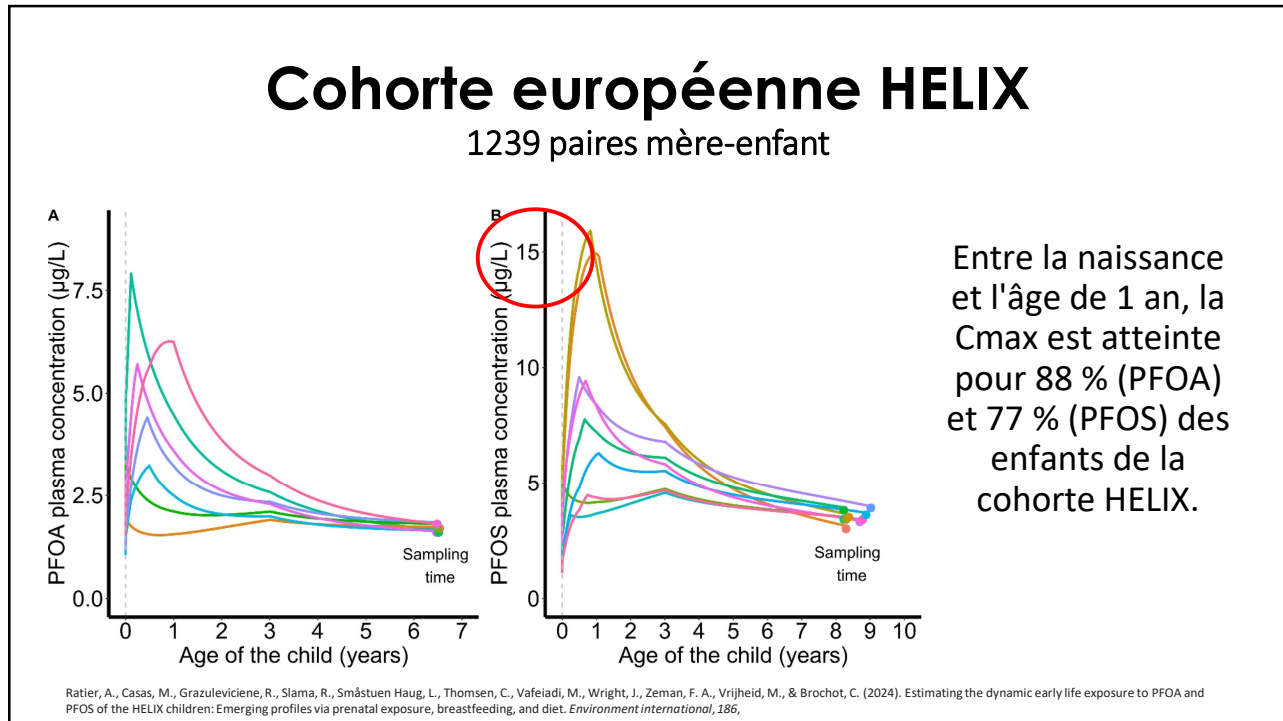
Au fur et à mesure que la longueur de la chaîne augmentait, l'efficacité de transfert diminuait dans un premier temps, puis atteignait son point le plus bas et enfin augmentait.

Xu Y, Sui X, Li J, Zhang L, Wang P, Liu Y, Shi H, Zhang Y. Early-life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances: Analysis of levels, health risk and binding abilities to transport proteins. *Eco Environ Health*. 2024 May 8;3(3):308-316

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

52






53

## Transfert de PFAS via l'allaitement

The median estimated daily intake [EDI, ng/(kg bw-day)] of PFAS by infants through breastfeeding and the tolerable exposure levels (TDI, TWI).

Analyte	age, months				TDI <sup>a</sup>	TWI <sup>b</sup>
	1	1-3	3-6	6-12		
PFBA	100	93.8	73.7	55.6	-	-
PFHxA	6.00	5.60	4.40	3.32	-	-
PFOA	162	151	119	89.6	1,500	-
PFNA	1.50	1.40	1.10	0.83	-	-
PFDA	0.75	0.70	0.55	0.42	-	-
PFUnA	0.75	0.70	0.55	0.42	-	-
PFDoA	3.00	2.80	2.20	1.66	-	-
PFTtA	2.25	2.10	1.65	1.25	-	-
PFHxS	7.50	7.00	5.50	4.15	-	-
PFOS	18.0	16.8	13.2	9.96	150	-
6:2 Cl-PFESA	10.5	9.80	7.70	5.81	-	-
8:2 Cl-PFESA	0.38	0.25	0.28	0.21	-	-
Σ(PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS)	189	176	139	105	-	4.40
EPFAS	313	292	230	173	-	-



Avis scientifique de l'EFSA (2020): une dose hebdomadaire tolérable (DHT) de **4,4 ng/kg/semaine** pour quatre PFAS (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) a été recommandée

Pour un enfant de 1 mois pesant 4 Kg

$189 \times 4 \times 7 = \mathbf{5292 \text{ ng!}}$

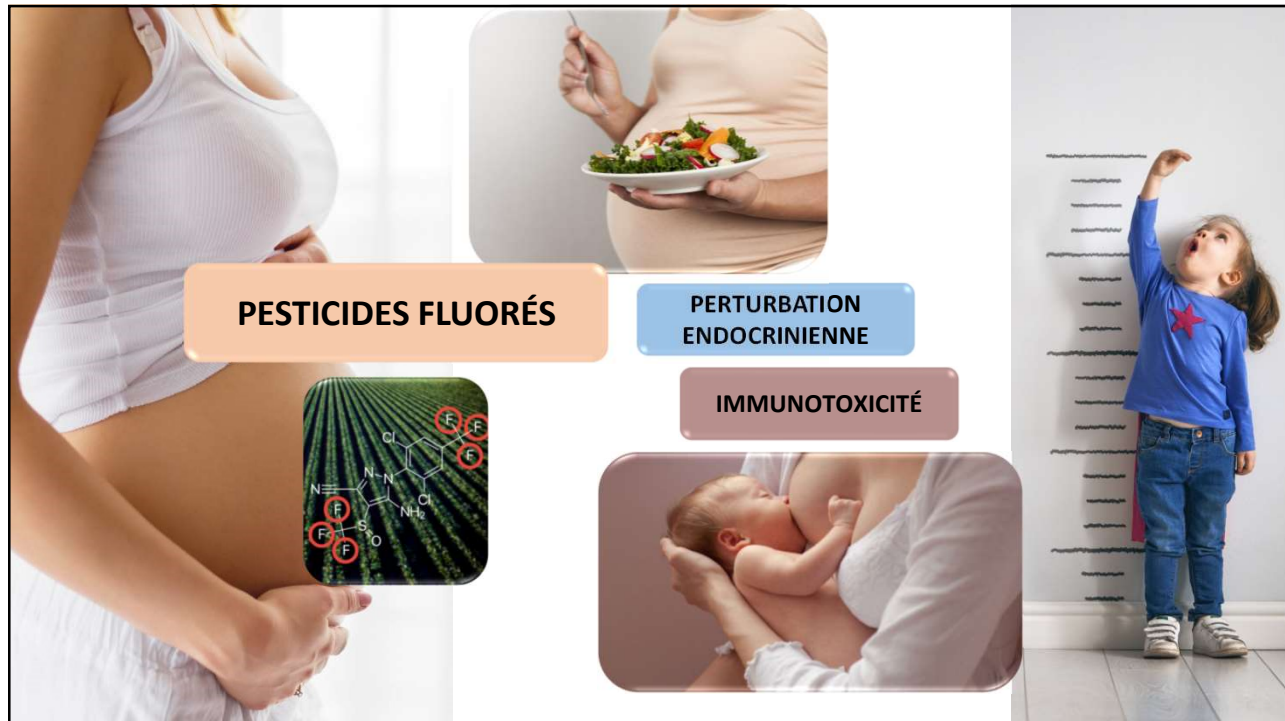
$DHT = 4 \times 4,4 = \mathbf{17,6 \text{ ng}}$

**$294 \times$  la TWI !!**

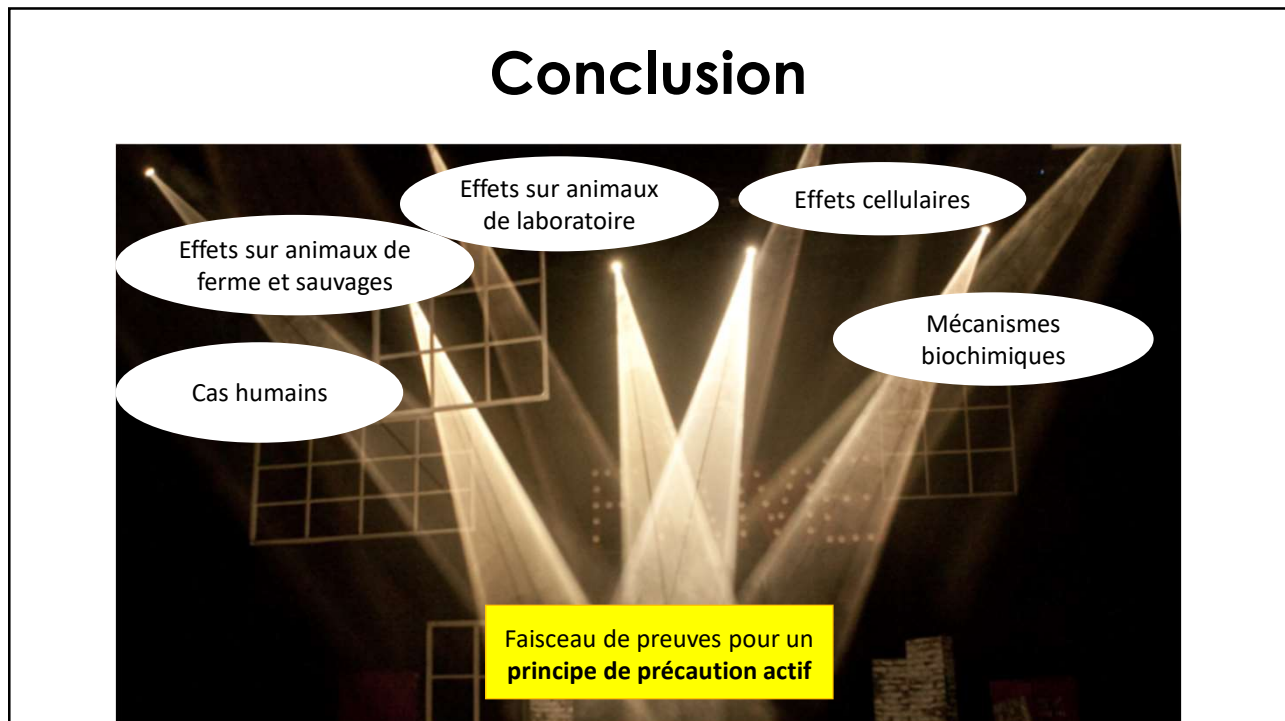
<sup>a</sup>The 2008-proposed daily tolerable intake [ng/(kg-day)] by the EFSA.  
<sup>b</sup>The 2020-proposed tolerable weekly intake [ng/(kg-week)] by the EFSA.

Xu Y, Sui X, Li J, Zhang L, Wang P, Liu Y, Shi H, Zhang Y. Early-life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances: Analysis of levels, health risk and binding abilities to transport proteins. *Eco Environ Health*. 2024 May 8;3(3):308-316

54



55



56

# Le coût socio-économique des pesticides



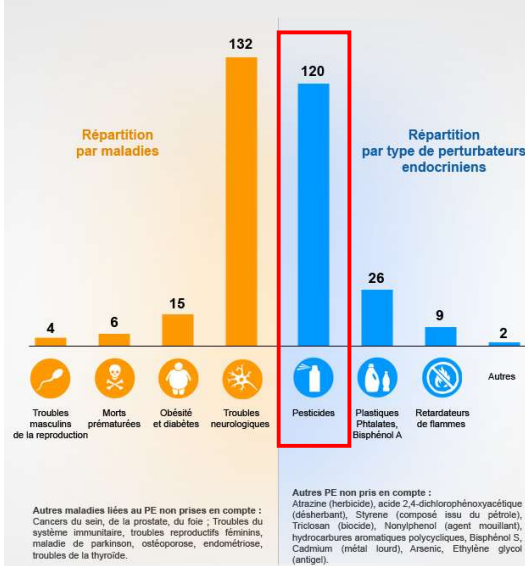
Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

57

Les perturbateurs endocriniens coûtent 157 milliards €/an à l'Europe

En milliards d'euros

SCIENCES  
AVENIR




Coût réestimé en 2016 à 163 milliards €/an en Europe

Sources : Leonardo Truand, New York University, Environnement SSMG 17/01/24  
The Journal of clinical Endocrinology and Metabolism


58

**JOURNAL ARTICLE**

**Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union** 

*“The most substantial costs were related to **loss of IQ and intellectual disability** attributable to **prenatal organophosphate exposure**; base case estimates identified **€146 billion** in attributable costs, whereas sensitivity analyses suggested that costs might actually range from €46.8 to 195 billion annually.”*

Trasande, 2015

 **Equivalence en Belgique** → **4,5 milliards d’euro**

Budget des soins de santé 2022 : 35 milliards

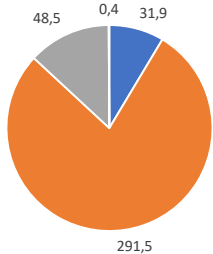
Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

59

## LE COÛT SOCIO-ÉCONOMIQUE DES PESTICIDES

Secteur	Domaine	Cout (millions)
<b>Coûts de régulation</b>	Activités de régulation européenne (au prorata des activités en Fr)	1,9
	Plan national Ecophyto	30
<b>Coûts environnementaux</b>	Traitement des eaux (excès de dépenses)	260
	Emissions de gaz à effet de serre	31,5
<b>Coûts de santé</b>	Maladies professionnelles	
	- Parkinson	46,7
	- Lymphome non-hodkinien	1,8
	<i>Dans la population générale (estimation non comptabilisée, pas de fraction attribuable)</i>	
	- Parkinson	1 262
	- Cancer de la prostate	1 101
	- Lymphome non-hodkinien	2 090
<b>Support public du secteur</b>	Bayer	0,6
	BASF	1,25
	Total rapporté à la Fr	0,4

Coût des pesticides par secteur



■ Coûts de régulation  
■ Coûts environnemental  
■ Coûts de santé publique  
■ Financement public de soutien au secteur

**Au minimum :**  
« 10% of the annual budget in 2017 of the French Ministry of Agriculture and Food (3,587 million euros) »

Alliot C (2022) The social costs of pesticide use in France  
Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

60

## Merci de votre attention

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

61

## Références

- Alexandrino, D. A. M., Almeida, C. M. R., Mucha, A. P., & Carvalho, M. F. (2022). Revisiting pesticide pollution: The case of fluorinated pesticides. *Environmental pollution (Barking, Essex : 1987)*, 292(Pt A), 118315. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118315>
- Alliot et al. (2022) The social costs of pesticide use in France <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.1027583/full>
- Arp, H. P. H., Gredelj, A., Glüge, J., Scheringer, M., & Cousins, I. T. (2024). The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA). *Environmental science & technology*, 58(45), 19925–19935. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c06189>
- Bhat AP, Pomerantz WCK, Arnold WA. 2022. Finding fluorine: photoproduct formation during the photolysis of fluorinated pesticides. *Environ Sci Technol* 56(17):12336–12346.
- Donley, N., Cox, C., Bennett, K., Temkin, A. M., Andrews, D. Q., & Naidenko, O. V. (2024). Forever Pesticides: A Growing Source of PFAS Contamination in the Environment. *Environmental health perspectives*, 132(7), 75003.
- Jungers, G., Portet-Koltalo, F., Cosme, J., & Seralini, G. É. (2022). Petroleum in Pesticides: A Need to Change Regulatory Toxicology. *Toxics*, 10(11), 670. <https://doi.org/10.3390/toxics10110670>
- Kim, Y. A., Yoon, Y. S., Kim, H. S., Jeon, S. J., Cole, E., Lee, J., Kho, Y., & Cho, Y. H. (2019). Distribution of fipronil in humans, and adverse health outcomes of in utero fipronil sulfone exposure in newborns. *International journal of hygiene and environmental health*, 222(3), 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.01.009>
- Leonardo Trasande, R. Thomas Zoeller, Ulla Hass, Andreas Kortenkamp, Philippe Grandjean, John Peterson Myers, Joseph DiGangi, Martine Bellanger, Russ Hauser, Juliette Legler, Niels E. Skakkebaek, Jerrold J. Heindel, Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union, *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, Volume 100, Issue 4, April 2015, Pages 1245–1255, <https://doi.org/10.1210/jc.2014-4324>

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

62

## Références

- McMahan RL, Strynar MJ, Dagnino S, Herr DW, Moser VC, Garantziotis S, et al. 2015. Identification of fipronil metabolites by time-of-flight mass spectrometry for application in a human exposure study. *Environ Int* 78:16–23.
- Ogawa, Y., Tokunaga, E., Kobayashi, O., Hirai, K., & Shibata, N. (2020). Current Contributions of Organofluorine Compounds to the Agrochemical Industry. *iScience*, 23(9), 101467. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101467>
- Ratier, A., Casas, M., Grazuleviciene, R., Slama, R., Småstuen Haug, L., Thomsen, C., Vafeiadi, M., Wright, J., Zeman, F. A., Vrijheid, M., & Brochot, C. (2024). Estimating the dynamic early life exposure to PFOA and PFOS of the HÉLIX children: Emerging profiles via prenatal exposure, breastfeeding, and diet. *Environment international*, 186, 108621. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108621>
- Seralini G. E. (2024). Pesticides in Formulations: New Revolutionary Findings. *Toxics*, 12(2), 151. <https://doi.org/10.3390/toxics12020151>
- Shi, L., Wan, Y., Liu, J., He, Z., Xu, S., & Xia, W. (2021). Insecticide fipronil and its transformation products in human blood and urine: Assessment of human exposure in general population of China. *The Science of the total environment*, 786, 147342. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147342>
- Steven et al. Targeted analysis and Total Oxidizable Precursor assay of several insecticides for PFAS, *Journal of Hazardous Materials Letters*, Volume 3, 2022
- Wang, Z., Buser, A. M., Cousins, I. T., Demattio, S., Drost, W., Johansson, O., Ohno, K., Patlewicz, G., Richard, A. M., Walker, G. W., White, G. S., & Leinala, E. (2021). A New OECD Definition for Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *Environmental science & technology*, 55(23), 15575–15578. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c06896>

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

63

## Références

- <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7547>
- <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8997>
- [https://fytoweb.be/sites/default/files/guide/attachments/guidelines\\_adjuvant\\_belgium\\_-\\_ver.1.3\\_0.pdf](https://fytoweb.be/sites/default/files/guide/attachments/guidelines_adjuvant_belgium_-_ver.1.3_0.pdf)
- <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls/download>
- <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/8693>
- <https://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/RechercheMatiere/LoadPrintModal?MatiereActiveID=571>
- [https://www.maine.gov/dacf/php/pesticides/documents2/bd\\_mtgs/Oct22/3a-2022%20PFAS%20October%20Memo%20Tox.pdf](https://www.maine.gov/dacf/php/pesticides/documents2/bd_mtgs/Oct22/3a-2022%20PFAS%20October%20Memo%20Tox.pdf)

Céline Bertrand, cellule Environnement SSMG 17/01/24

64