



**INSA** INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
LYON



Université Claude Bernard



Lyon 1

**anr**

MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

OXON L'EAU  
**SAINÉ**

Conférence publique du 18 décembre 2024

# Les PFAS et la contamination des sols, quelles solutions de dépollution pour aujourd'hui et demain ?

**Marnie MALLET**

Doctorante



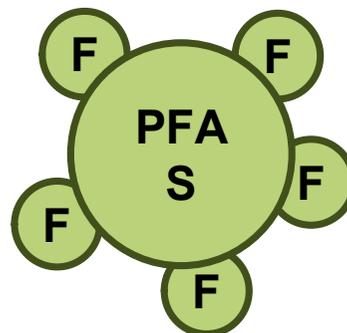
Laboratoire MAP INSA Lyon, UMR5240, Equipe  
M2E



# Quelles approches pour les PFAS ?

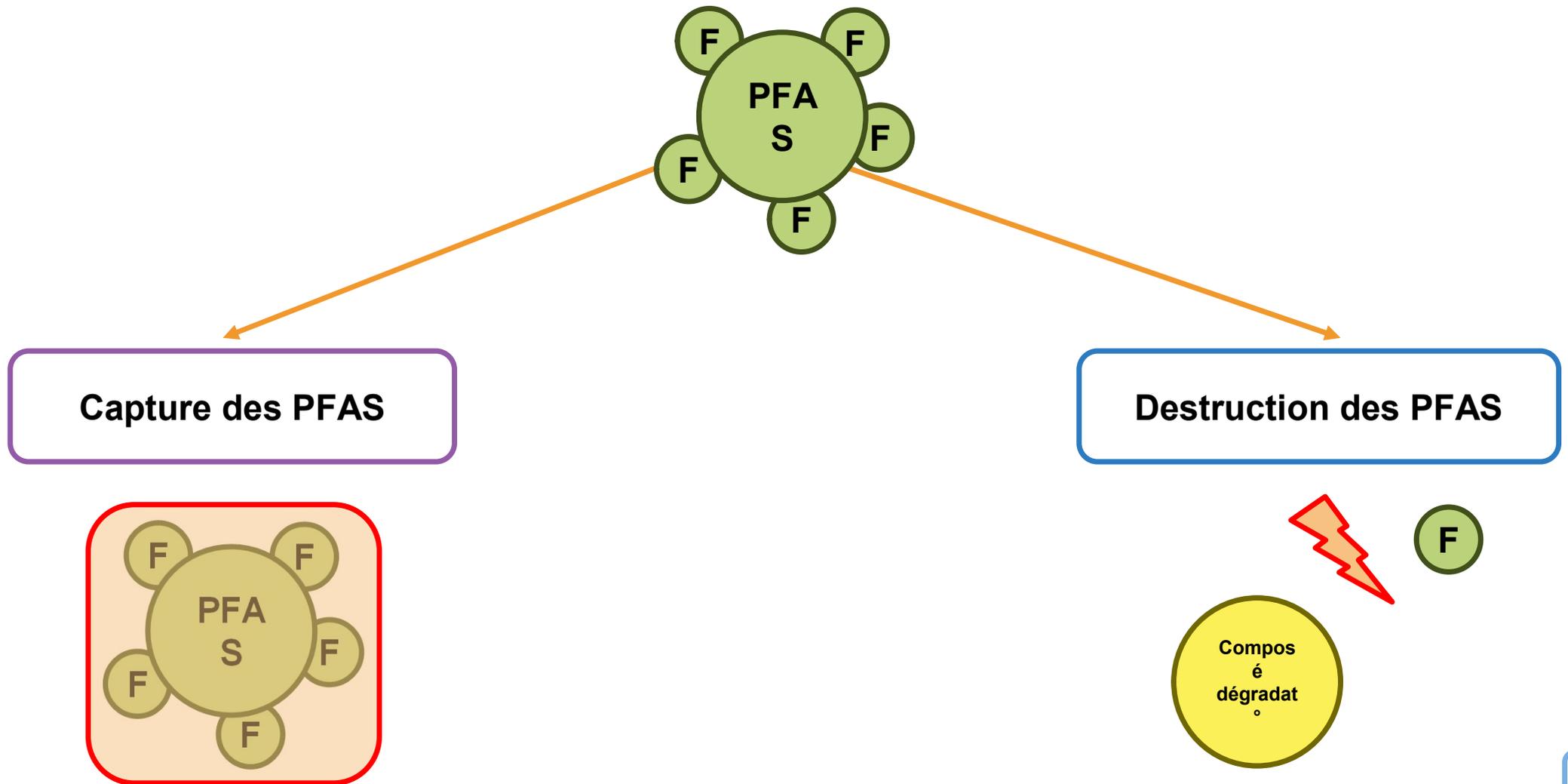
---

**Liaisons C-F  
extrêmement stables**

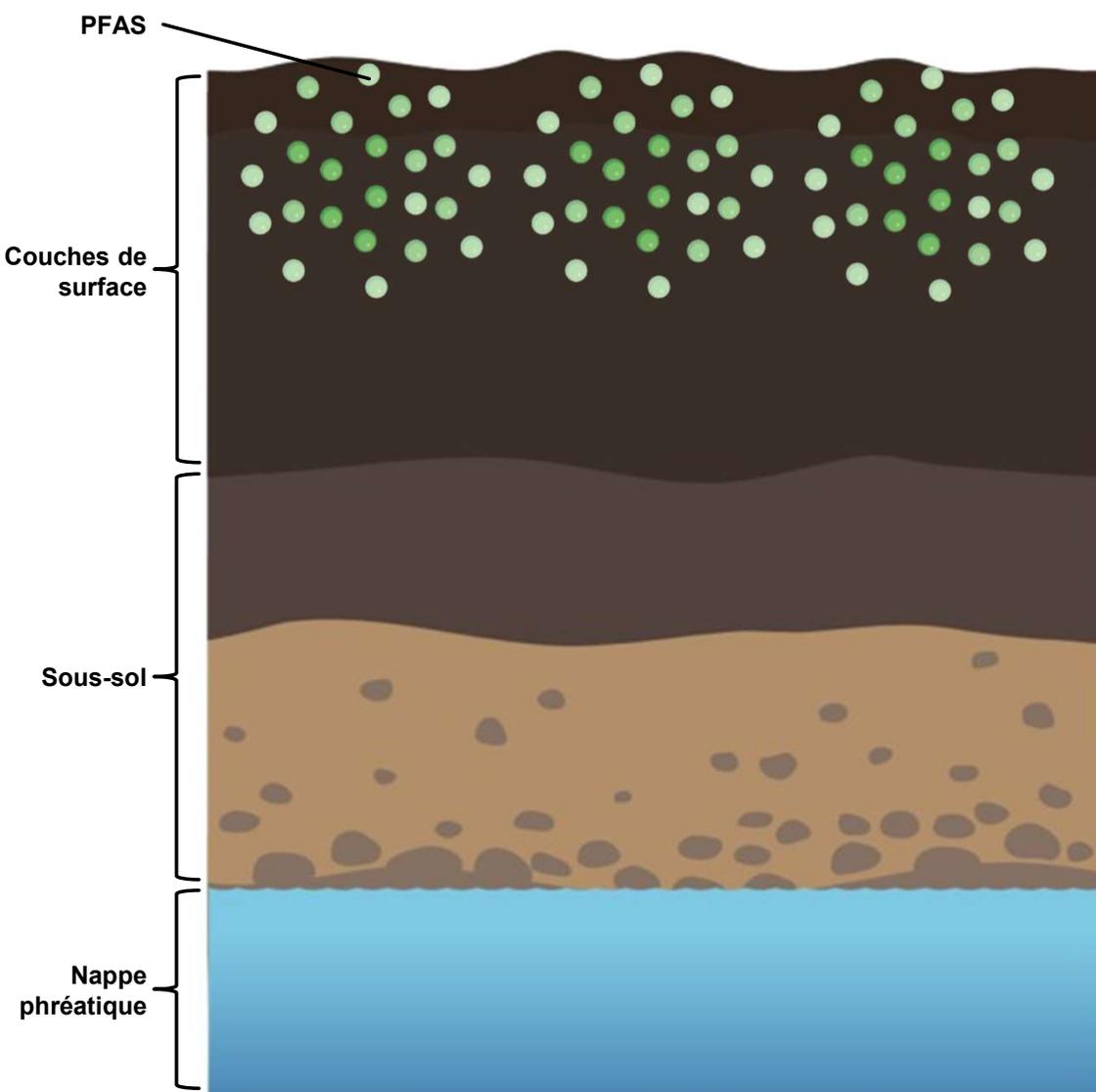


**Impact Santé et  
Environnement**

# Quelles approches pour les PFAS ?

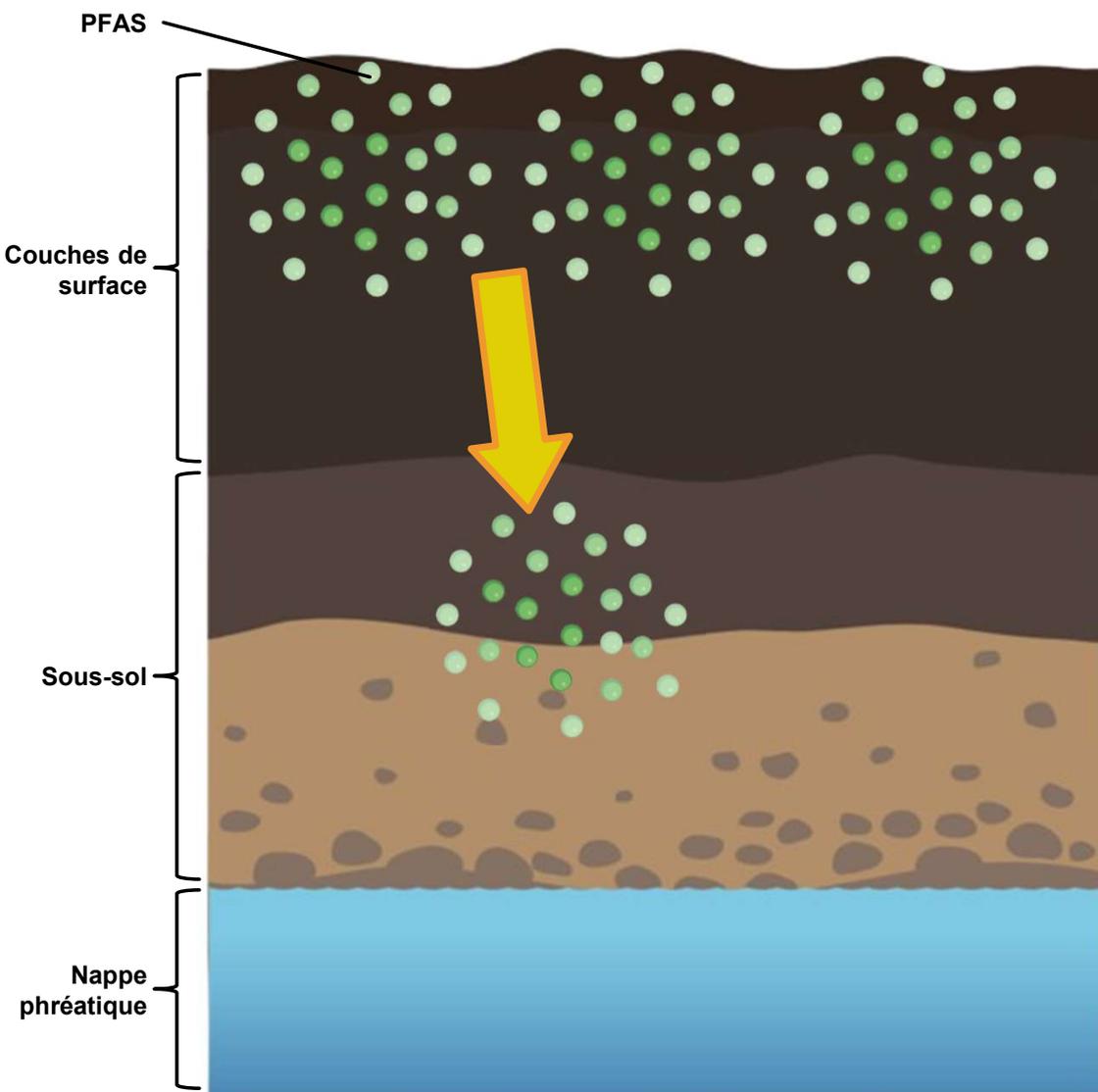


# Une contamination à grande échelle



**Solubilisation des PFAS** avec la matière organique et l'eau

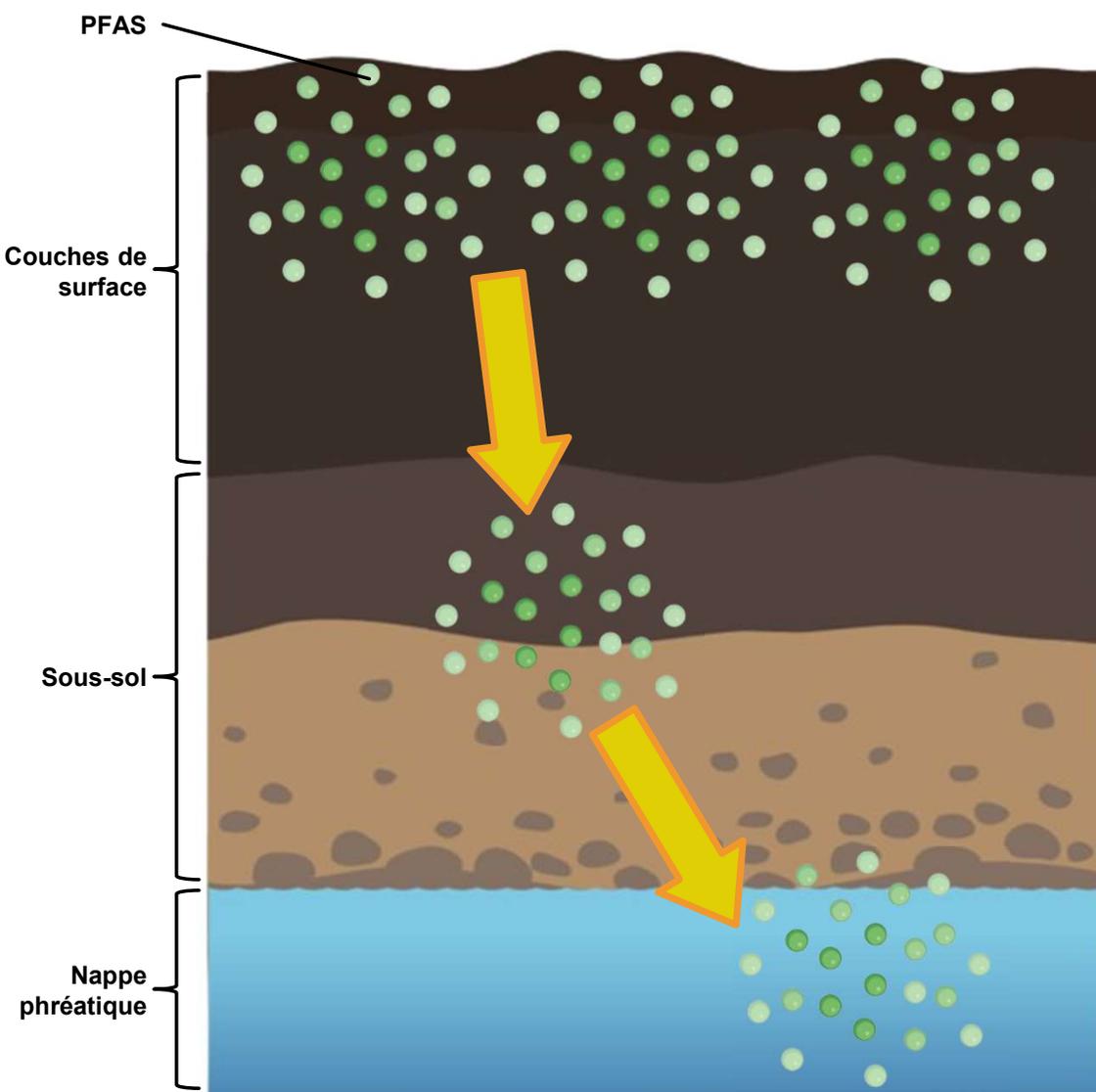
# Une contamination à grande échelle



**Solubilisation des PFAS** avec la matière organique et l'eau

**Lessivage** des PFAS dans le sol et les eaux

# Une contamination à grande échelle

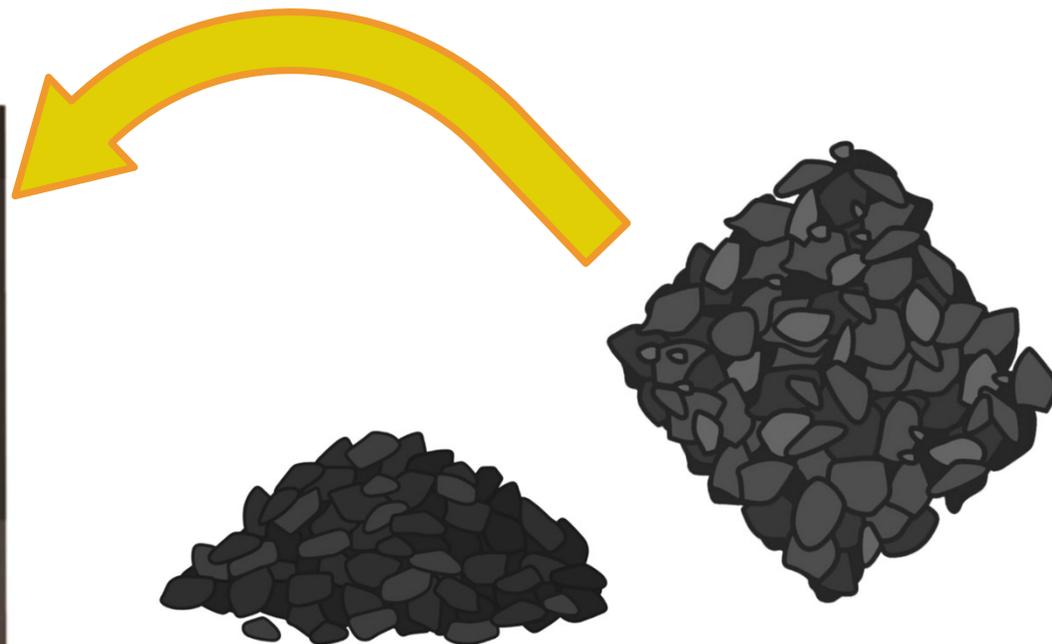
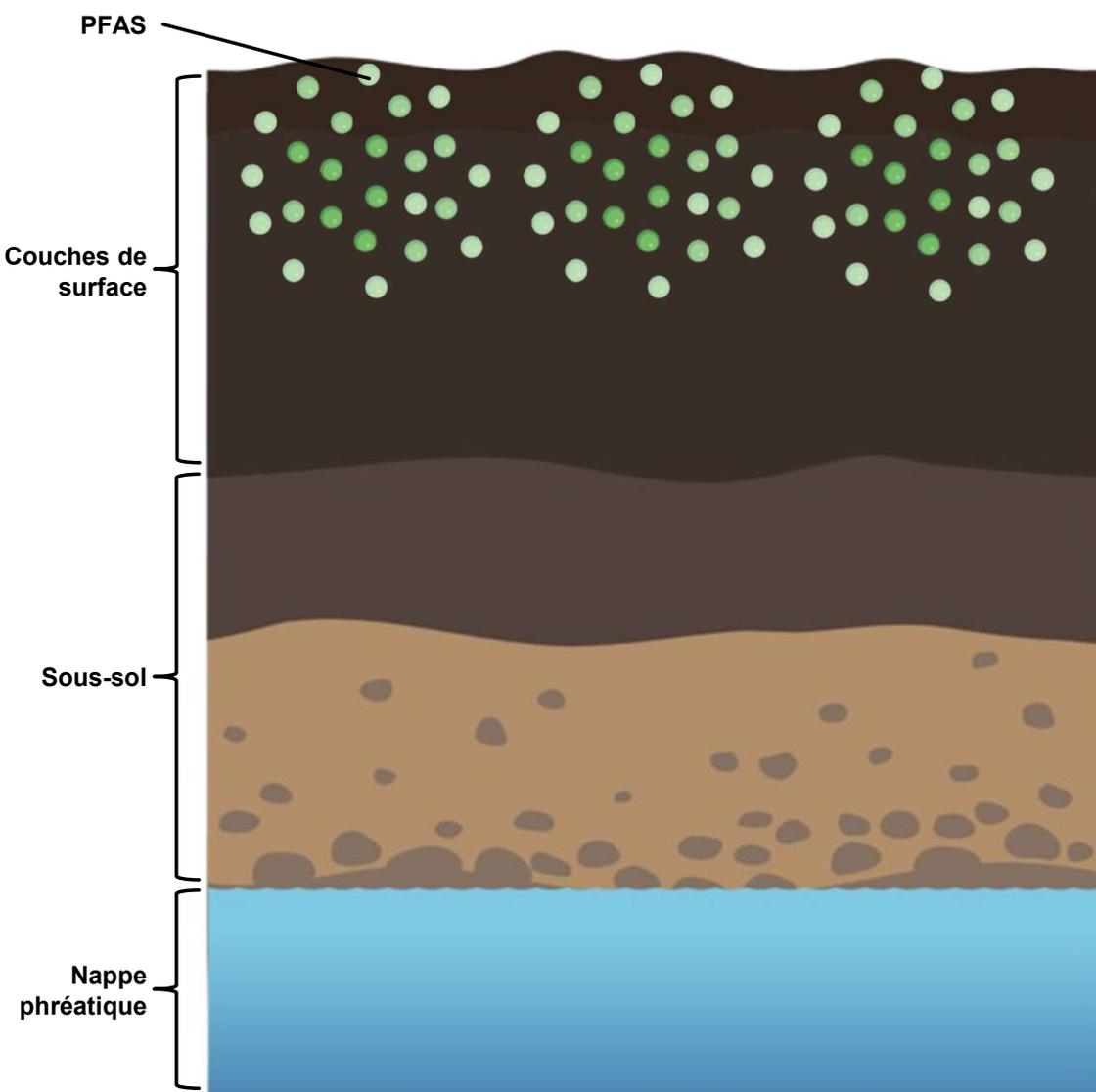


**Solubilisation des PFAS** avec la matière organique et l'eau

**Lessivage** des PFAS dans le sol et les eaux

PFAS dans le cycle de l'eau :  
**contamination à grande échelle**

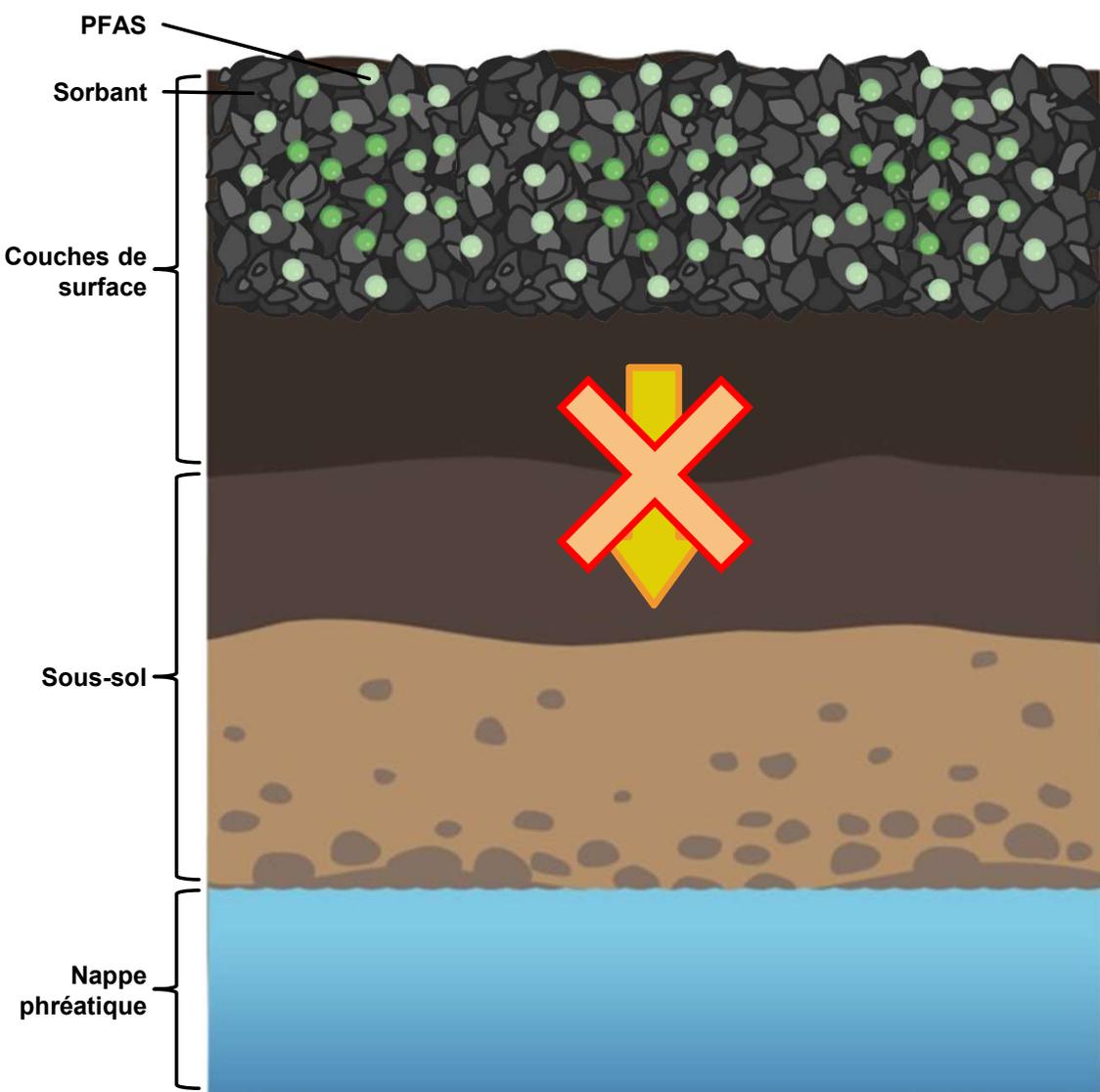
# Capture des PFAS : les sorbants



**Stopper la propagation des PFAS :**  
**utilisation de sorbants**

**Charbon actif, résines,  
minéraux, biomatériaux, etc.**

# Capture des PFAS : les sorbants



PFAS retenus dans le sorbant  
: **contamination localisée**

Système **efficace** déjà  
commercialisé mais **coûteux**

# Capture des PFAS : les sorbants



Ville de Vellinge, Suède  
Projet stabilisation avec le **sorbant RemBind**  
Envytech, 2019

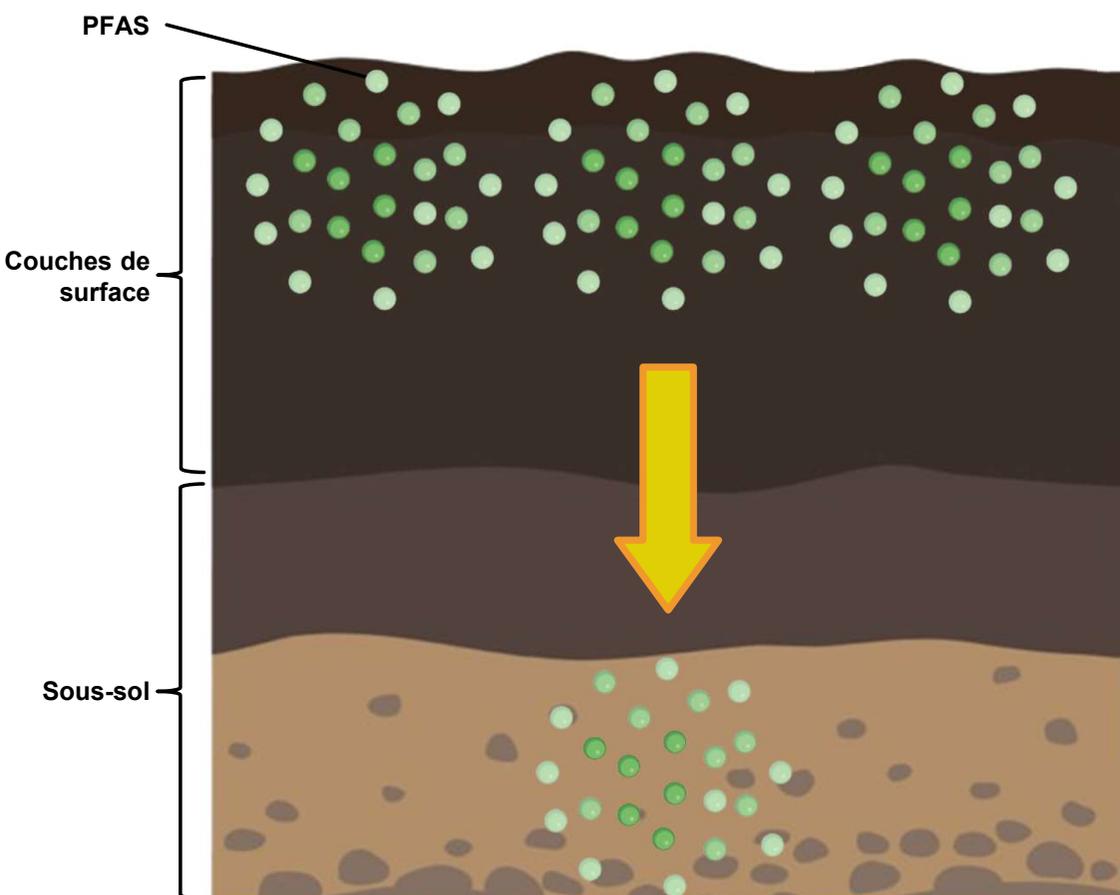
Réduction de la propagation dans l'eau

PFAS retenus dans le sorbant  
: **contamination localisée**

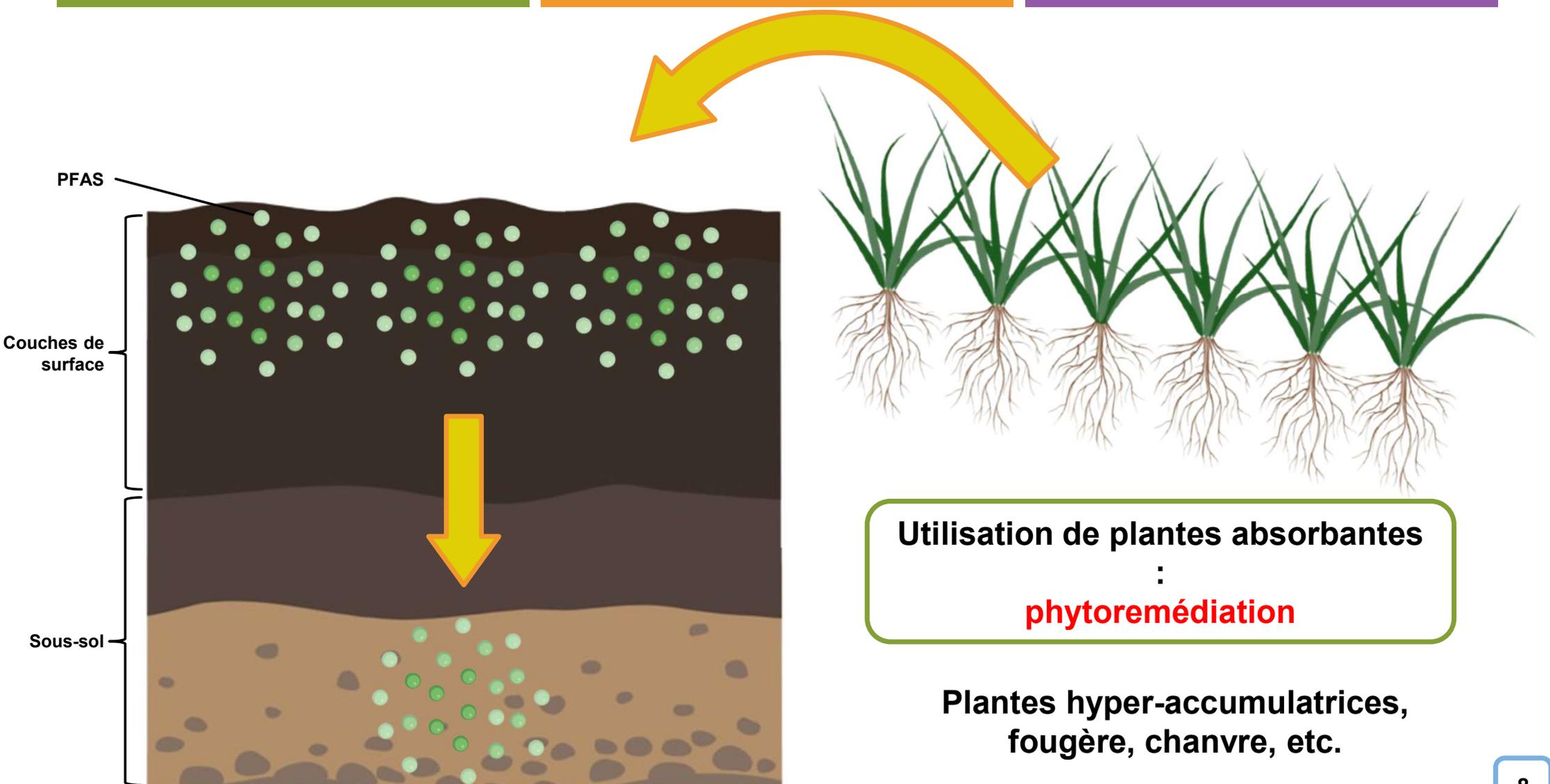
Systeme **efficace** déjà  
commercialisé mais **coûteux**



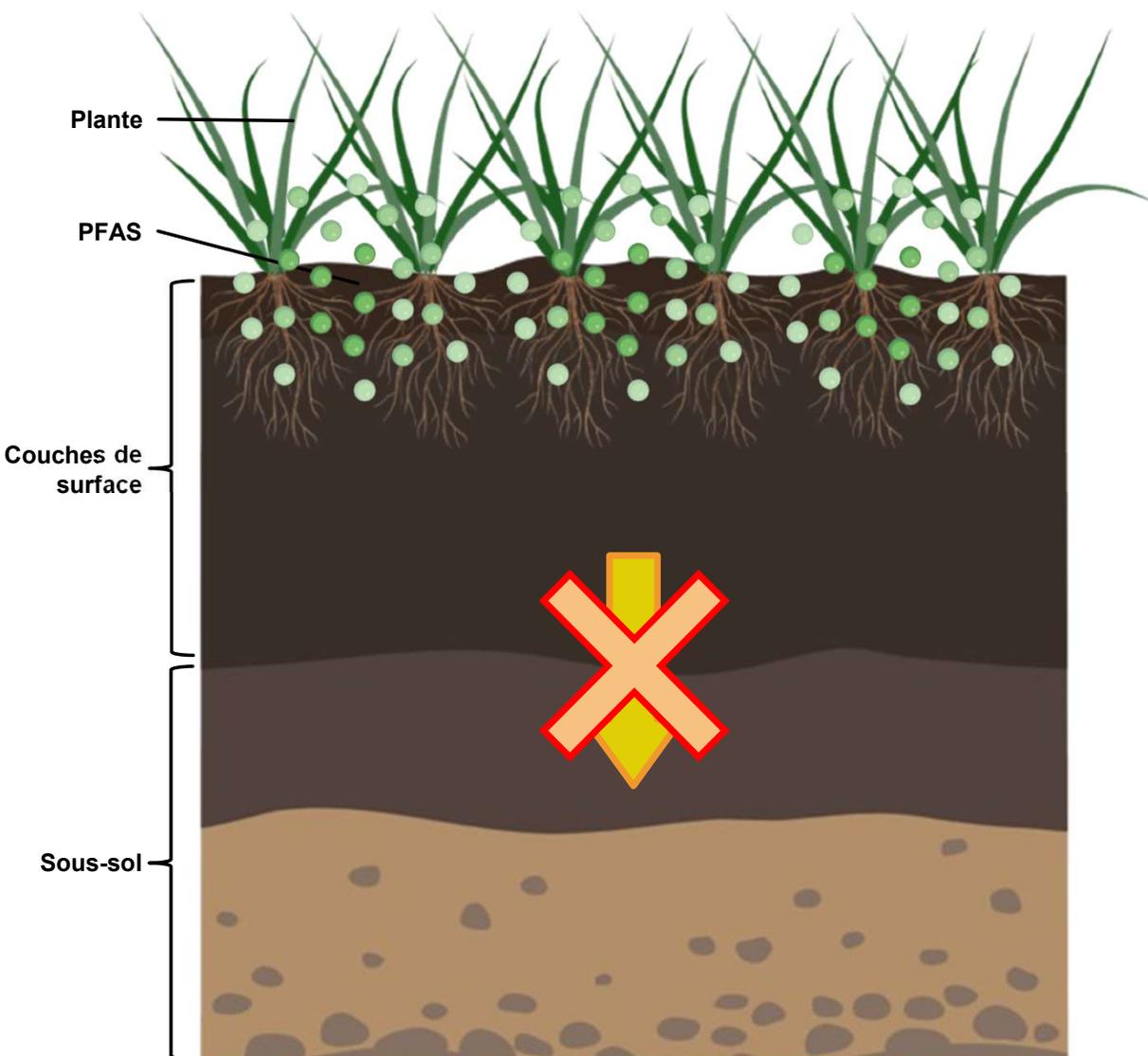
# Capture des PFAS : la phytoremédiation



# Capture des PFAS : la phytoremédiation



# Capture des PFAS : la phytoremédiation



**Accumulation** dans la plante,  
absorption des PFAS

Systeme **efficace** en plusieurs  
cycles, tests en cours sur le terrain

# Capture des PFAS : la phytoremédiation

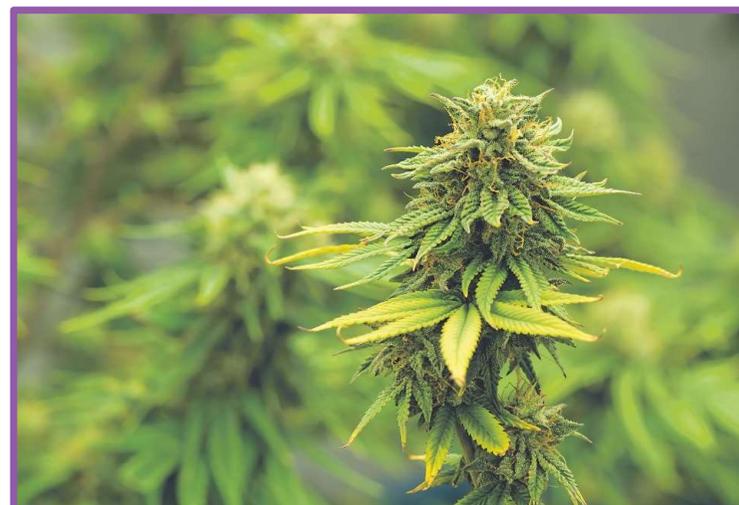


Village de Lillo, Belgique  
Projet stabilisation des PFAS à l'aide de **chanvre**  
Université de Gand, 2024

Réduction de la propagation des PFAS

**Accumulation** dans la plante,  
absorption des PFAS

Systeme **efficace** en plusieurs  
cycles, tests en cours sur le terrain



# Capture des PFAS

Solutions **efficaces** et utilisables dans **d'autres systèmes** :  
filtration de l'eau en station dépuration, etc.

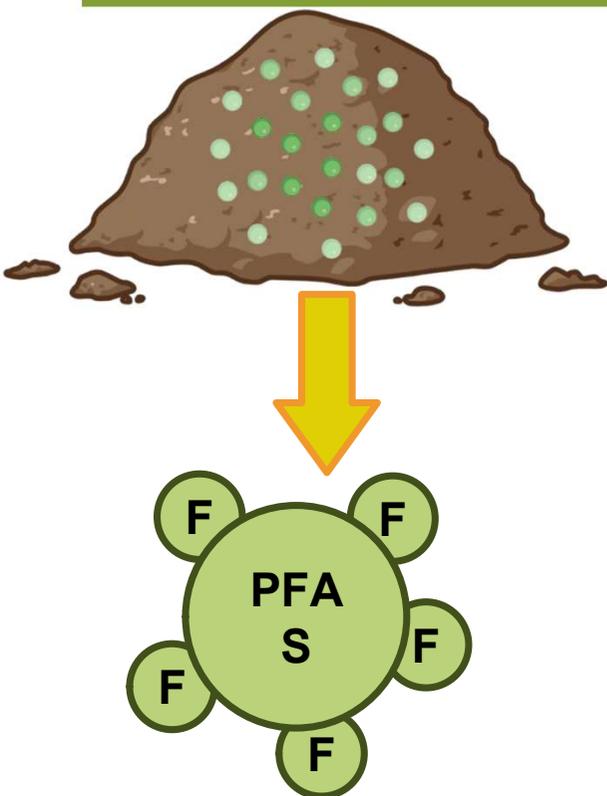


Méthodes **coûteuses** et **non applicables** à tous les types de  
terrains et sols

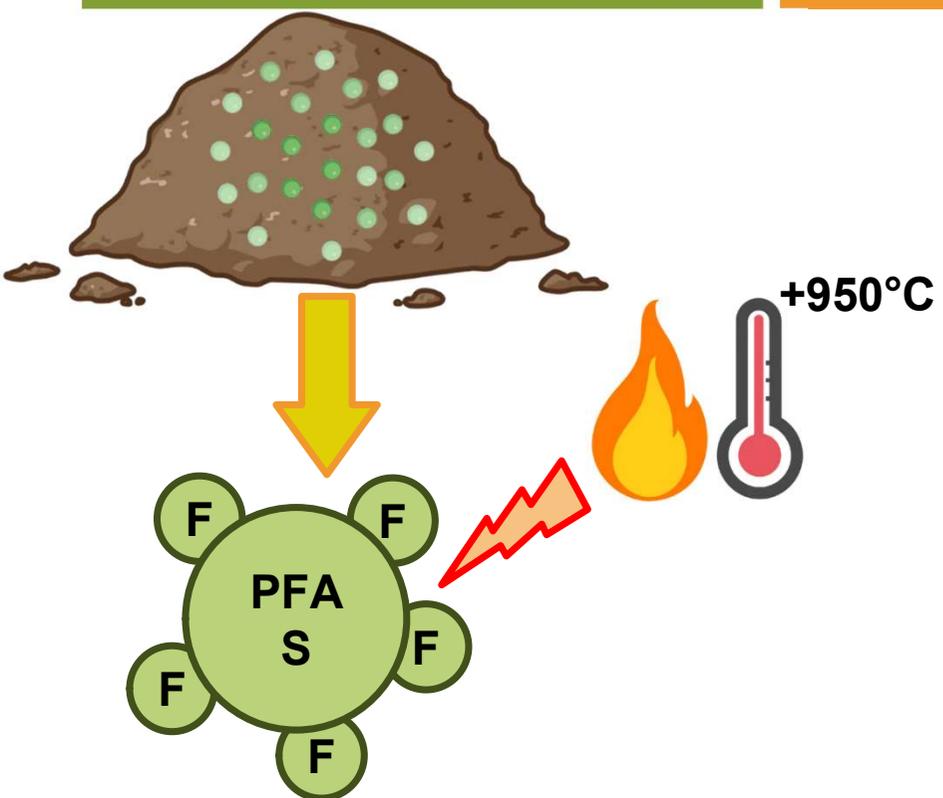
**PFAS** dans le système de capture : combinaison avec des  
méthodes de **destruction**

# Destruction des PFAS : la chaleur

---

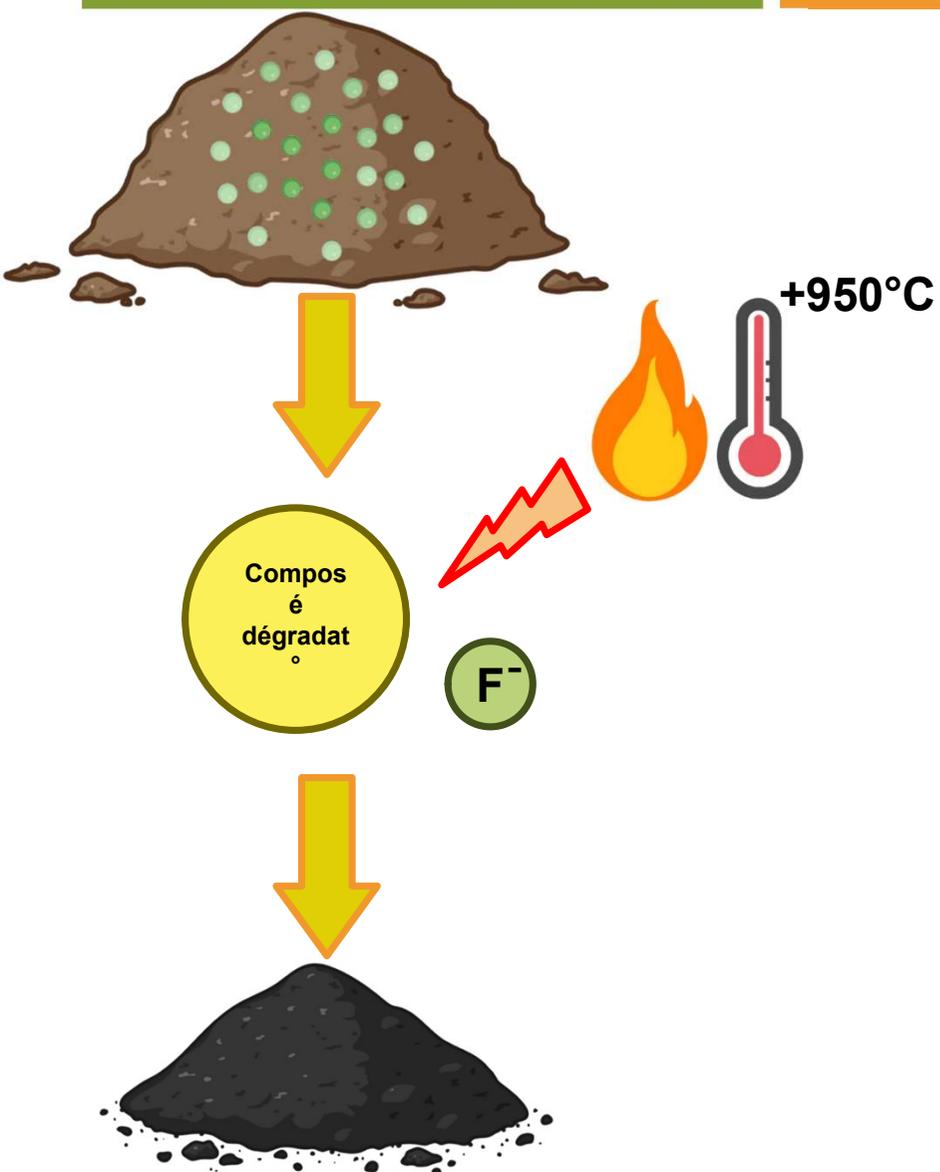


# Destruction des PFAS : la chaleur



Décontamination : combustion à  
**très haute température**

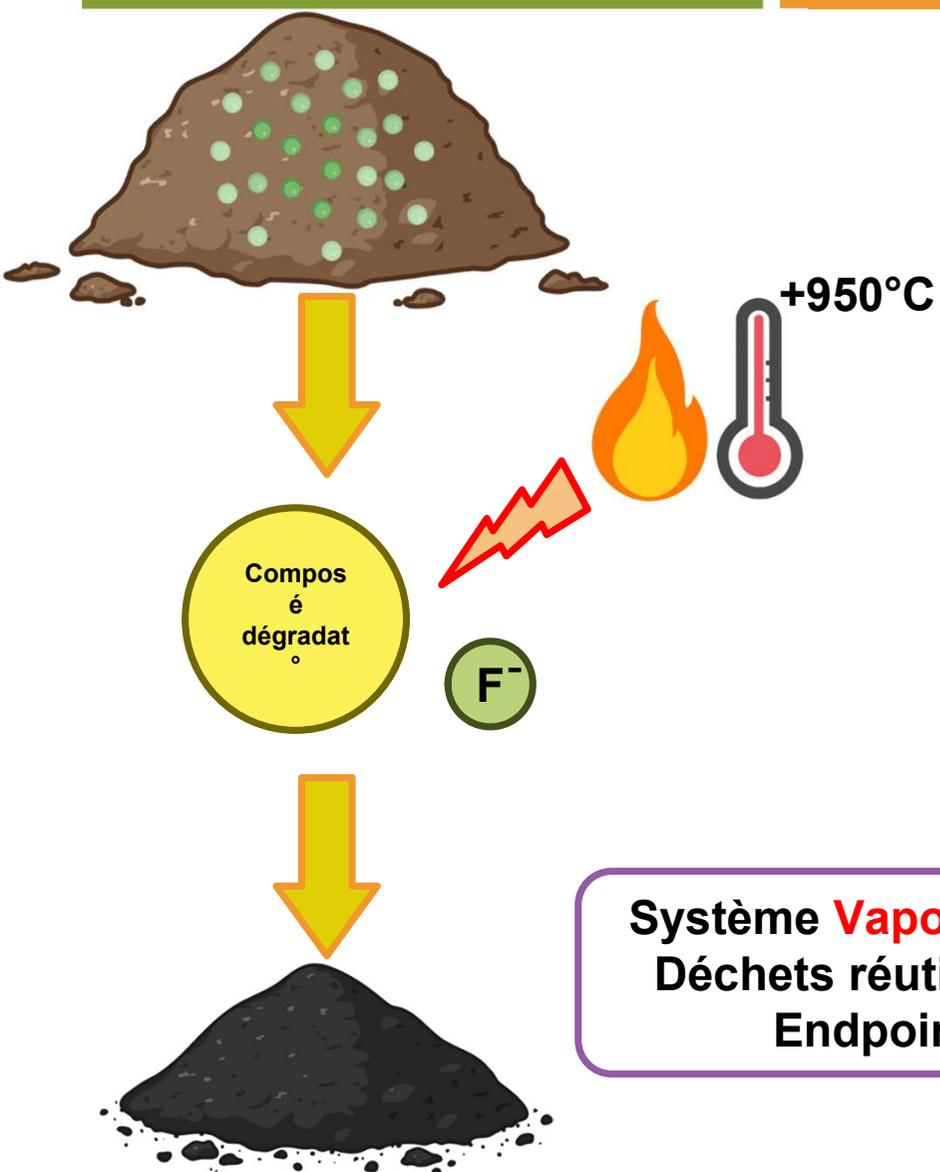
# Destruction des PFAS : la chaleur



Décontamination : combustion à  
**très haute température**

Système **efficace** mais coûteux et  
producteur de déchets

# Destruction des PFAS : la chaleur



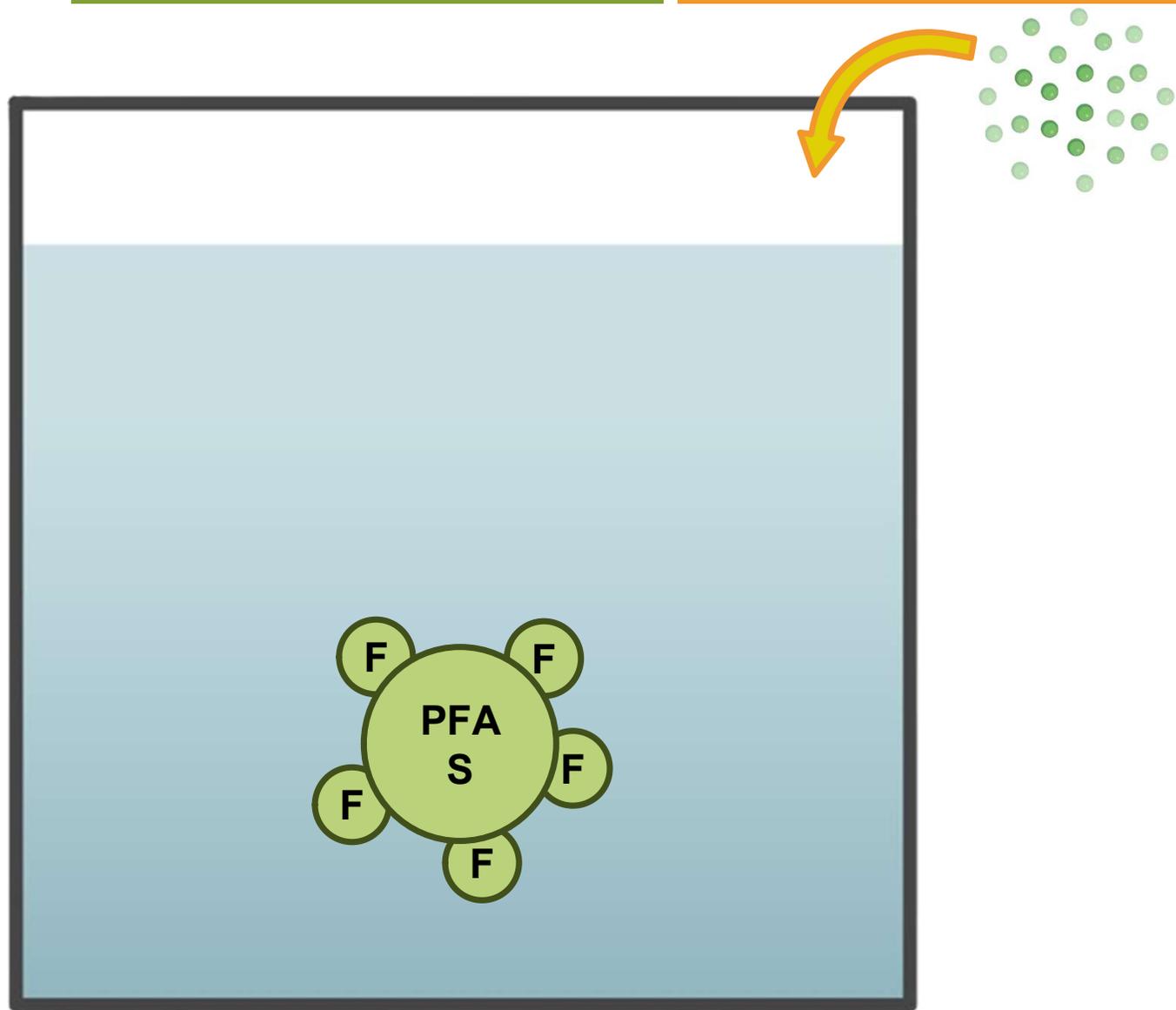
Décontamination : combustion à très haute température

Système efficace mais coûteux et producteur de déchets

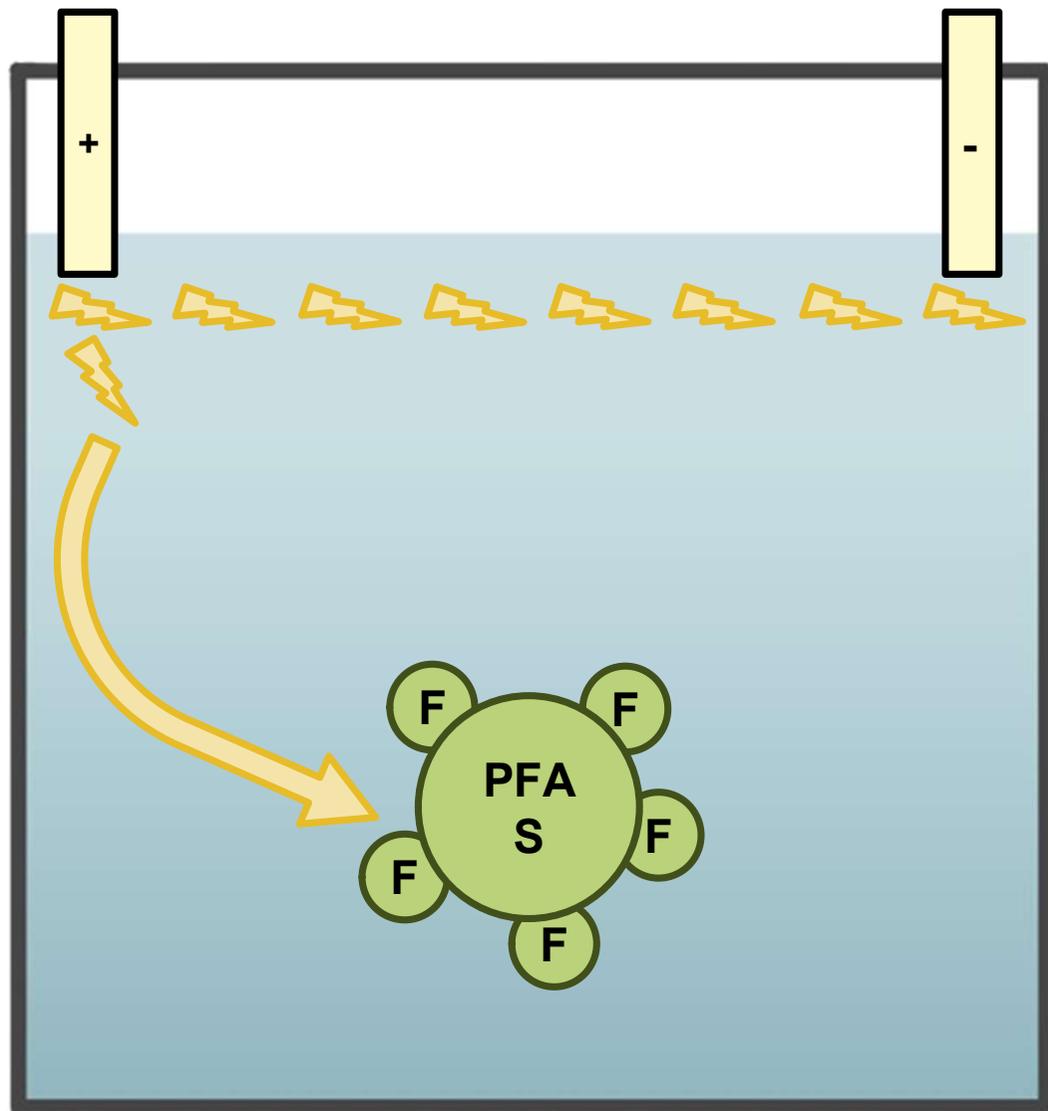
Système Vapor Energy Generator  
Déchets réutilisés en carburant  
Endpoint, USA, 2017



# Destruction des PFAS : l'électrochimie

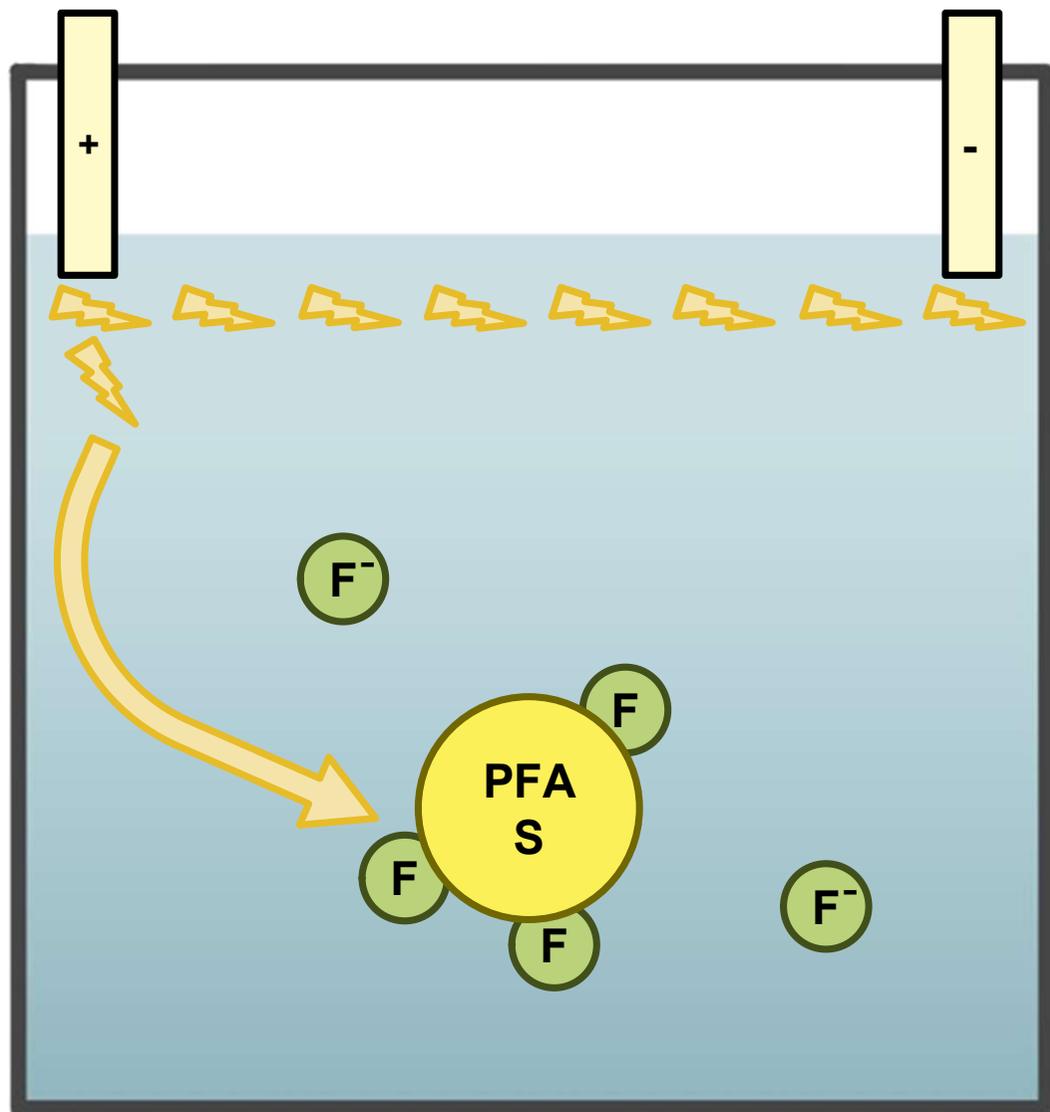


# Destruction des PFAS : l'électrochimie



Dégrader les PFAS dans l'eau: **courant électrique fort**

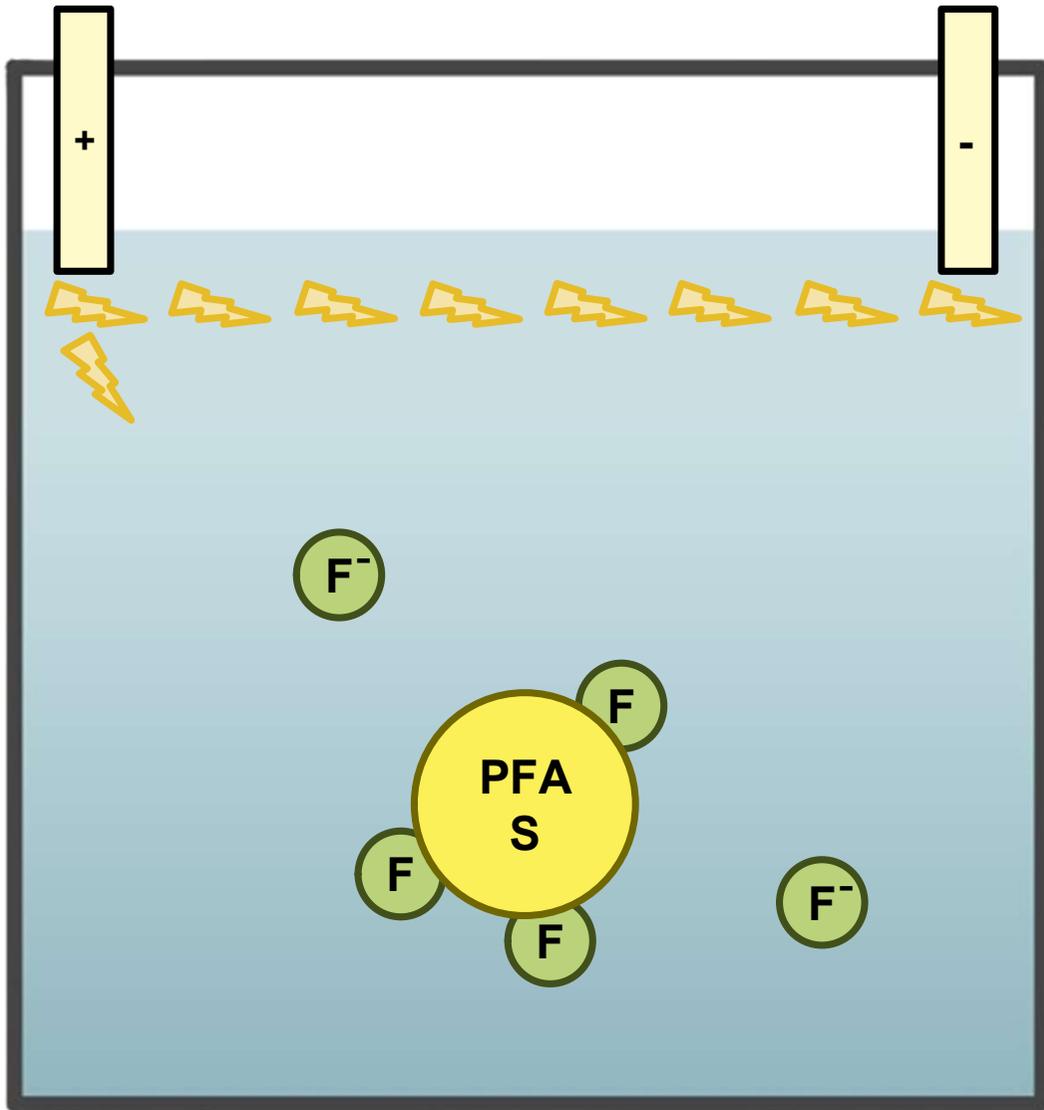
# Destruction des PFAS : l'électrochimie



Dégrader les PFAS dans l'eau: **courant électrique fort**

Oxydation électrochimique : **cassure de la liaison C-F** des PFAS

# Destruction des PFAS : l'électrochimie

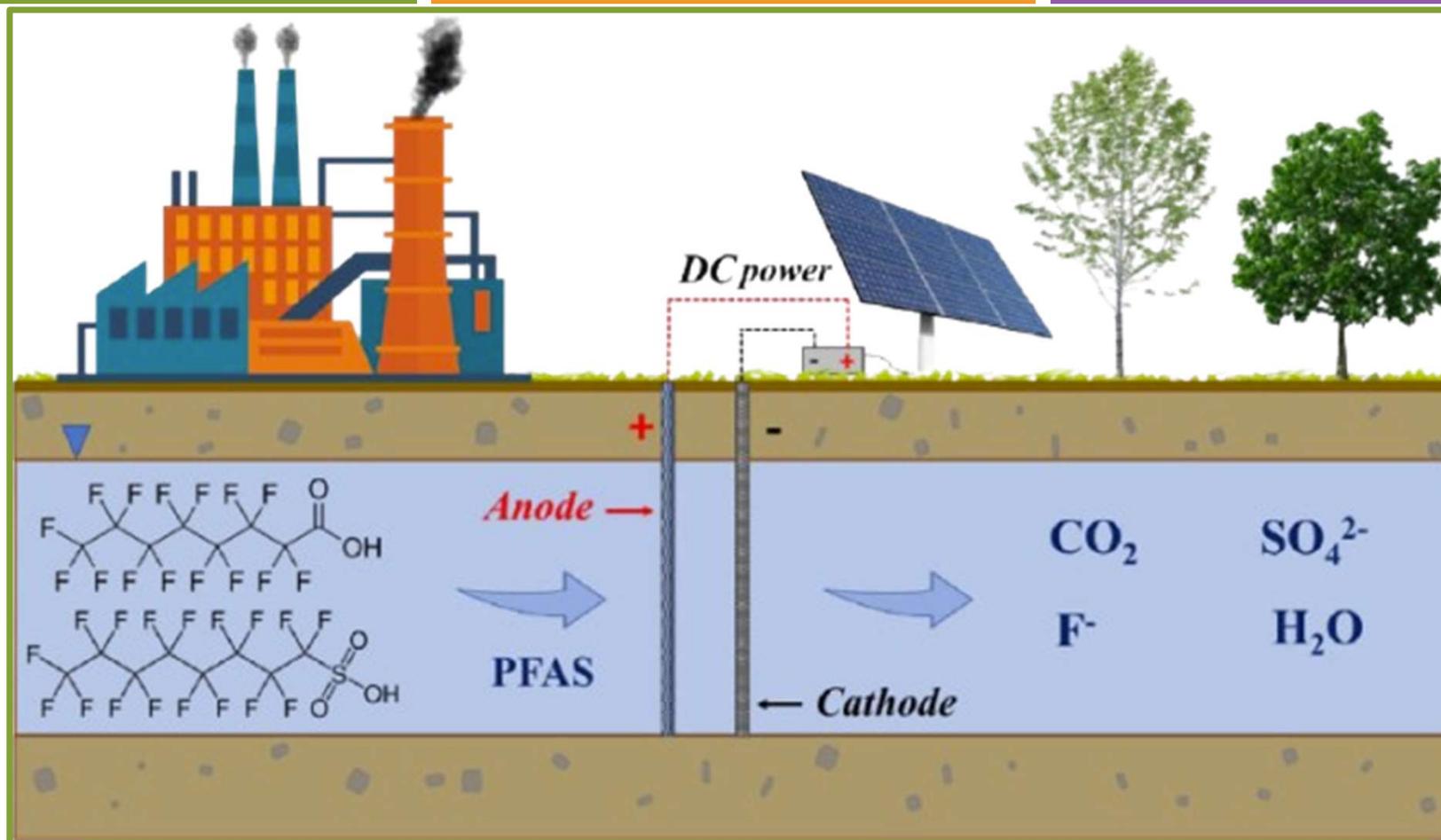


Dégrader les PFAS dans l'eau: **courant électrique fort**

Oxydation électrochimique : **cassure de la liaison C-F** des PFAS

**Dégradation partielle** : Fluors toujours présents dans le PFAS

# Destruction des PFAS : l'électrochimie



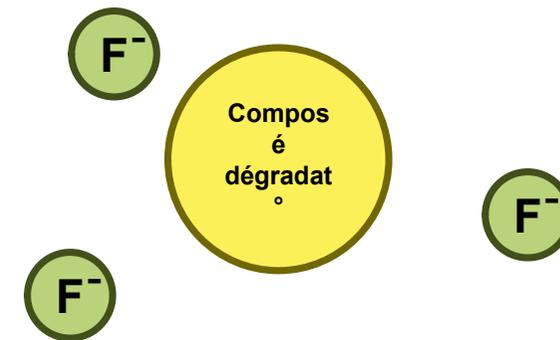
## Tests *in situ* de dégradation

Fenti et al. 2022, Université du Colorado, USA

Dégradation partielle des PFAS

# Destruction des PFAS

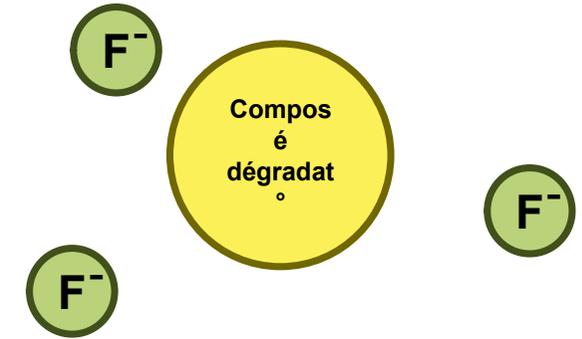
Techniques relativement **efficaces** en **complément** des méthodes de capture



Méthodes très **coûteuses**, peu respectueuses de l'environnement et générant **beaucoup de déchets**

# Destruction des PFAS

Techniques relativement **efficaces** en **complément** des méthodes de capture



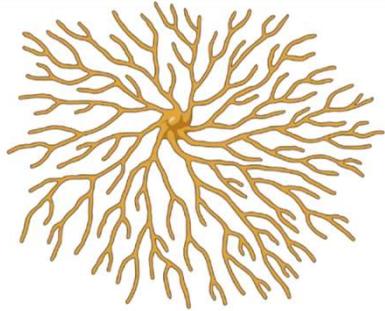
Méthodes très **coûteuses**, peu respectueuses de l'environnement et générant **beaucoup de déchets**

Besoin de nouvelles techniques à **bas coût** et **respectueuses de l'environnement** : dégradation **biologique** et **bioremédiation**

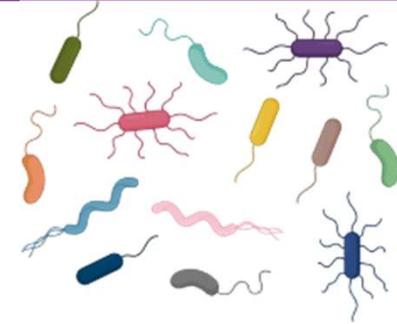
# Où chercher de nouvelles méthodes de bioremédiation ?

---

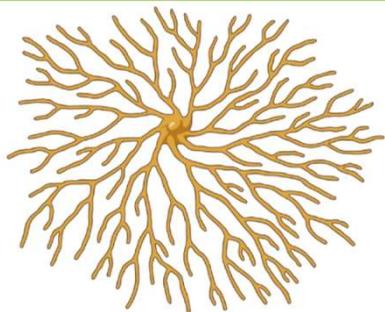
# Où chercher de nouvelles méthodes de bioremédiation ?



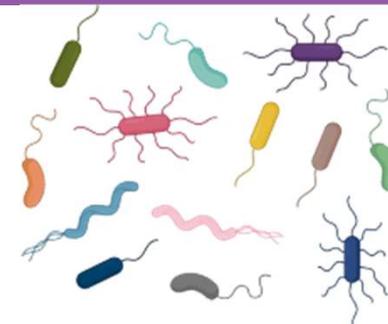
**Micro-organismes**



# Où chercher de nouvelles méthodes de bioremédiation ?

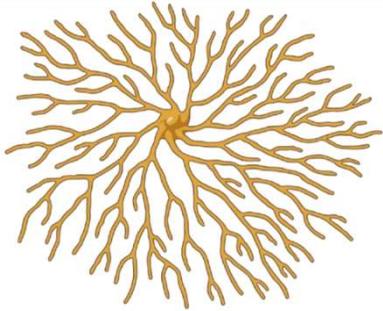


**Micro-organismes**

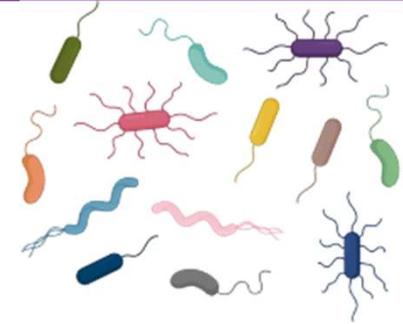


En majorité une seule cellule : **contact direct**  
avec les polluants et contaminants

# Où chercher de nouvelles méthodes de bioremédiation ?



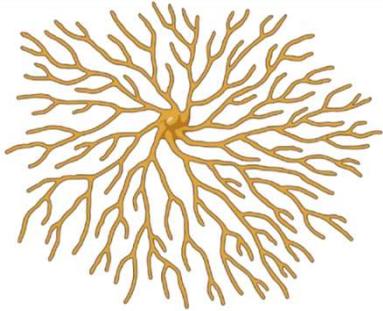
## Micro-organismes



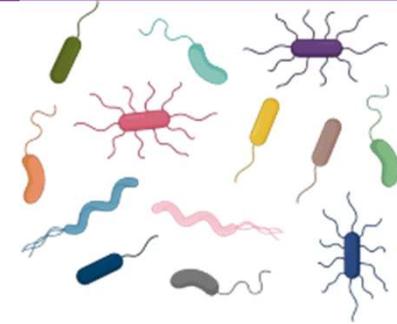
En majorité une seule cellule : **contact direct** avec les polluants et contaminants

**Réserve** de gènes et **évolution** : **adaptation** pour la survie et tolérance du microbe

# Où chercher de nouvelles méthodes de bioremédiation ?



## Micro-organismes

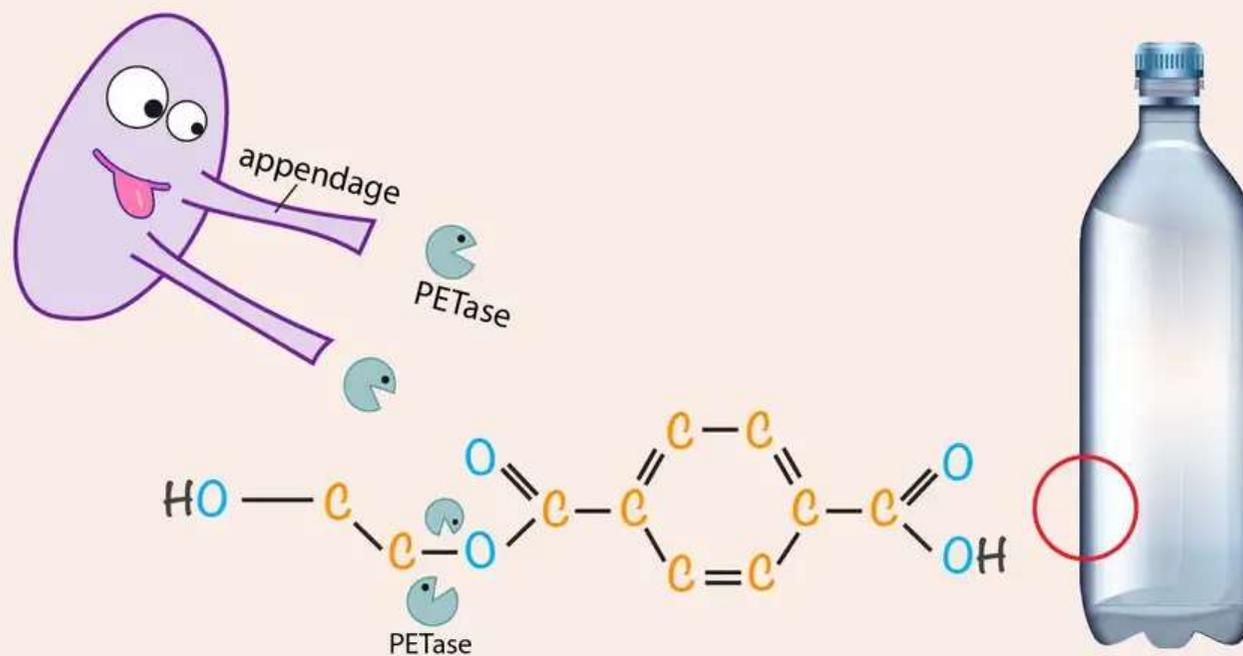


En majorité une seule cellule : **contact direct** avec les polluants et contaminants

**Réserve** de gènes et **évolution** : **adaptation** pour la survie et tolérance du microbe

Une **grande diversité** : des **millions de microbes** dans quelques grammes de sol

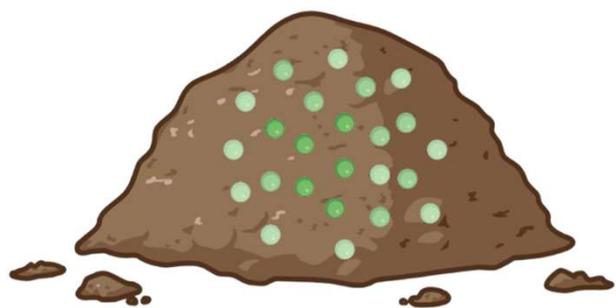
## Plastic-eating bacteria



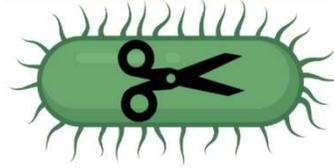
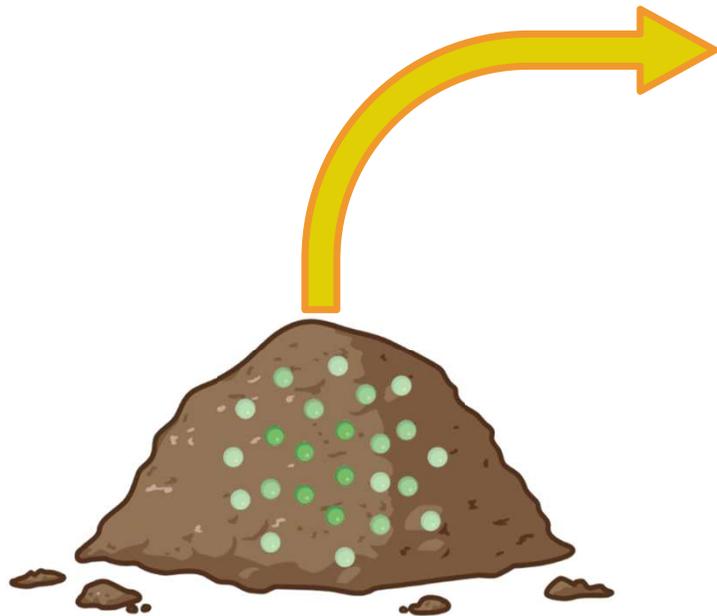
Une approche qui a **déjà fait ses preuves** avec d'autres polluants  
D'après Yoshida *et al.* , 2016

# Comment chercher des nouvelles solutions ?

---

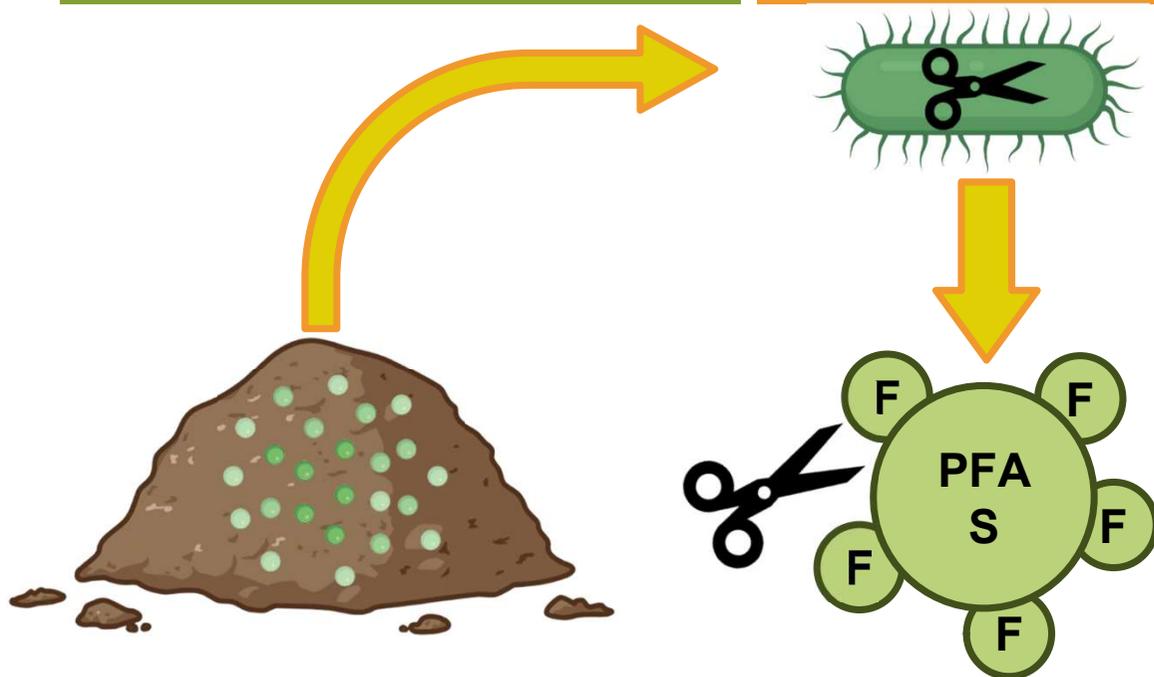


# Comment chercher des nouvelles solutions ?



Microbes sol contaminé :  
**adaptation** aux polluants

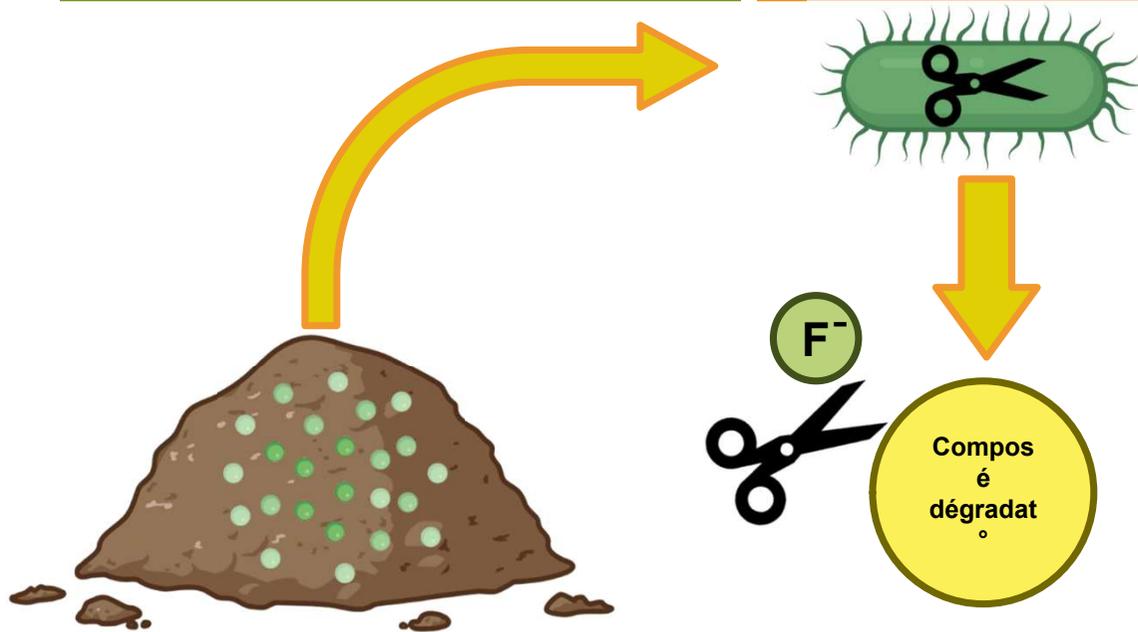
# Comment chercher des nouvelles solutions ?



Microbes sol contaminé :  
**adaptation** aux polluants

Activité **anti-PFAS** :  
dégradation des polluants

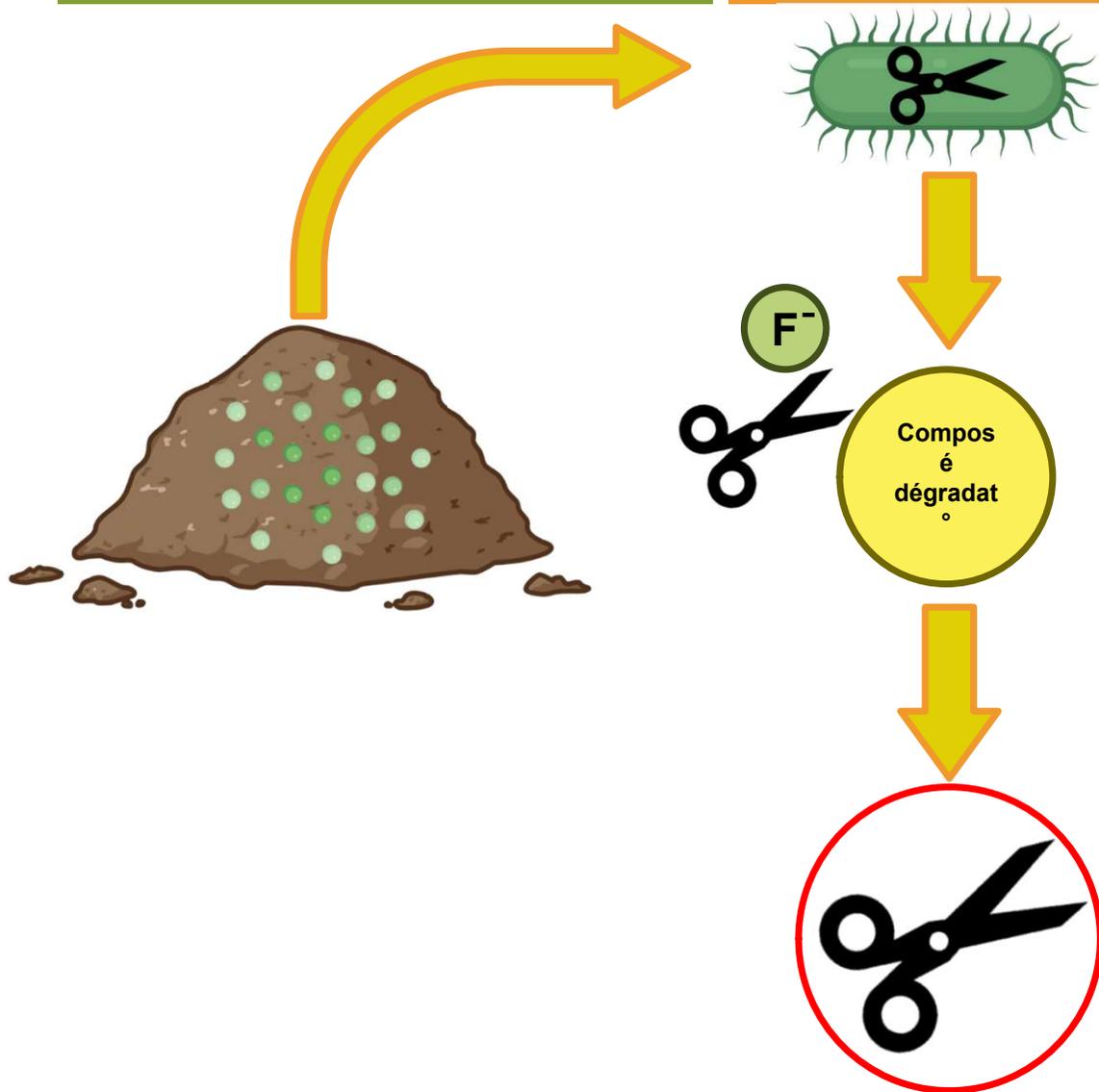
# Comment chercher des nouvelles solutions ?



Microbes sol contaminé :  
**adaptation** aux polluants

Activité **anti-PFAS** :  
dégradation des polluants

# Comment chercher des nouvelles solutions ?



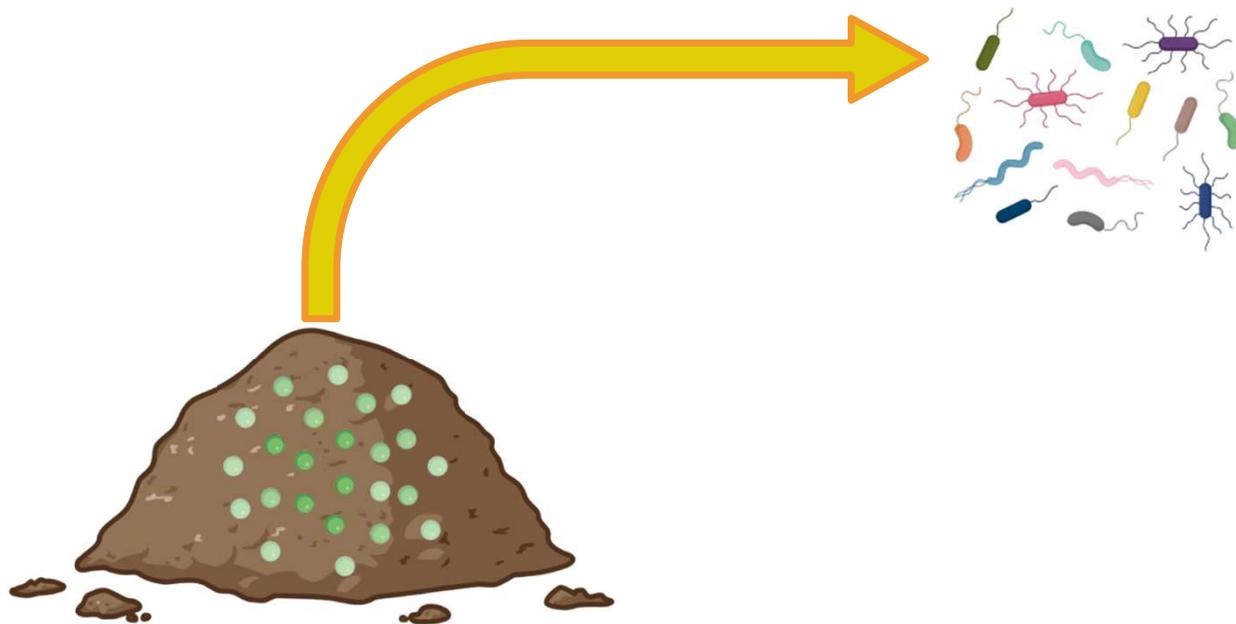
Microbes sol contaminé :  
**adaptation** aux polluants

Activité **anti-PFAS** :  
dégradation des polluants

**Détection** de l'activité  
de dégradation

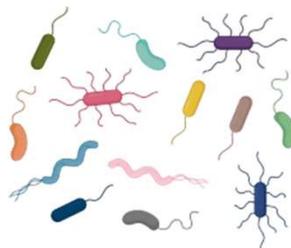
**Nouvel outil de dégradation**  
contre les PFAS

# Recherche d'activité de dégradation au laboratoire MAP



# Recherche d'activité de dégradation au laboratoire MAP

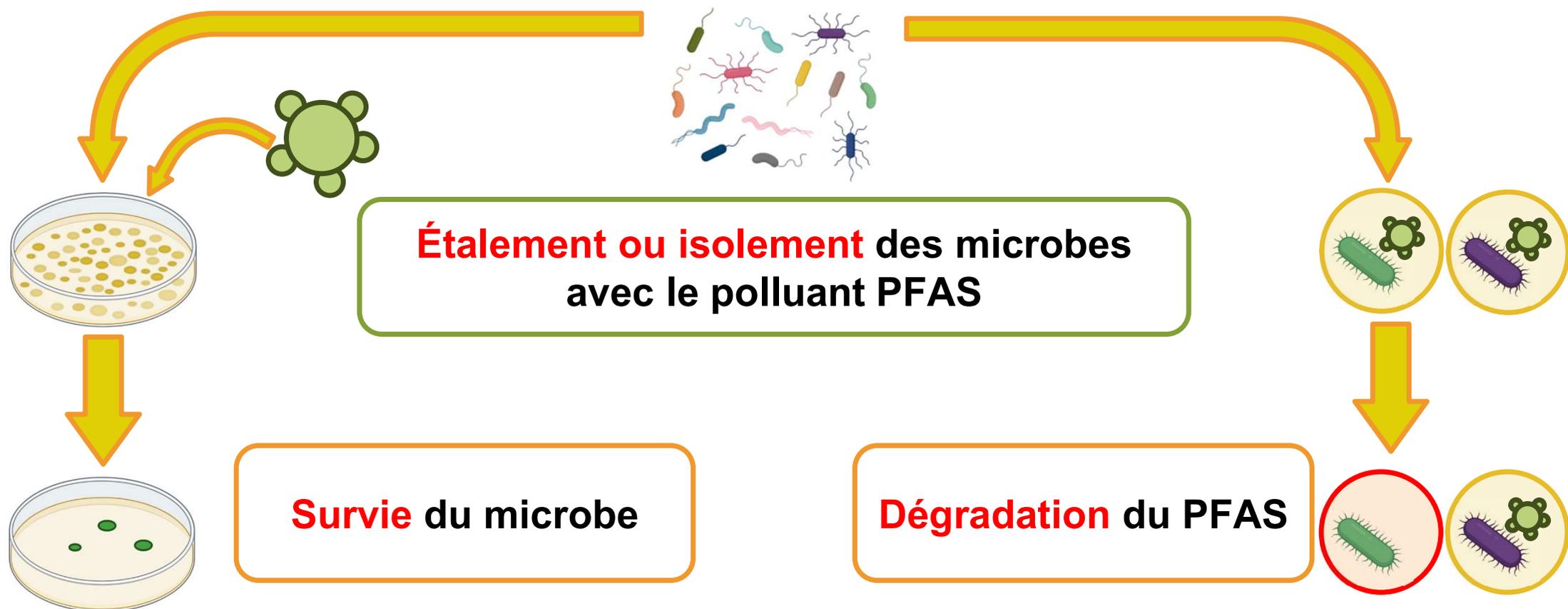
---



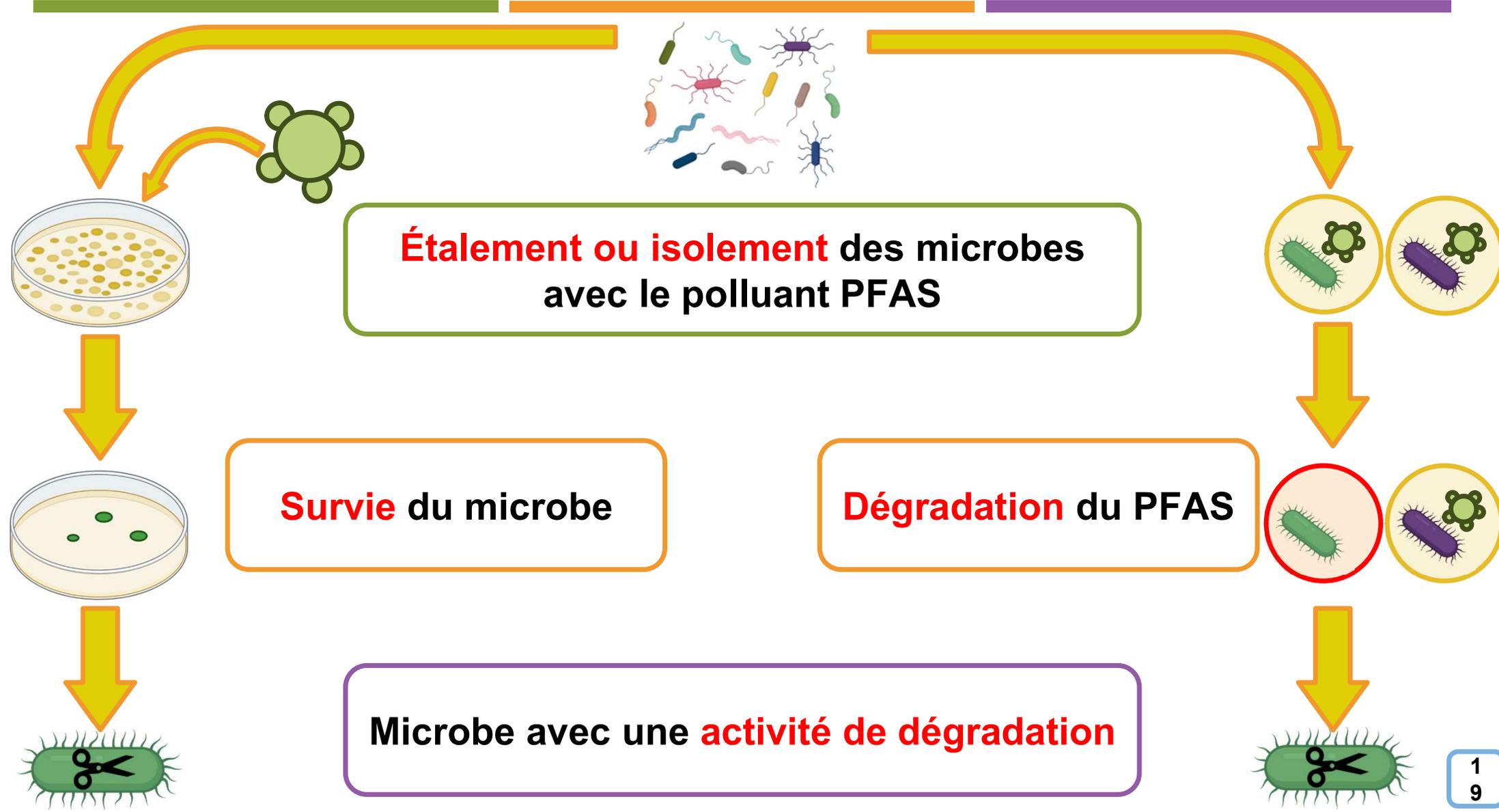
# Recherche d'activité de dégradation au laboratoire MAP



# Recherche d'activité de dégradation au laboratoire MAP

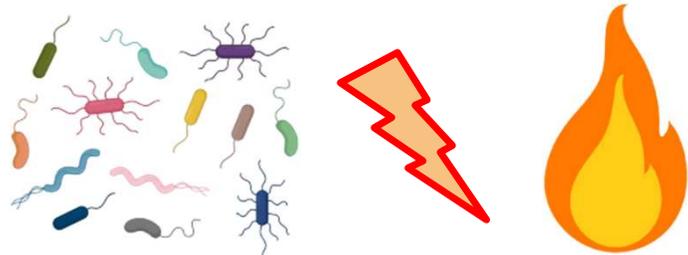
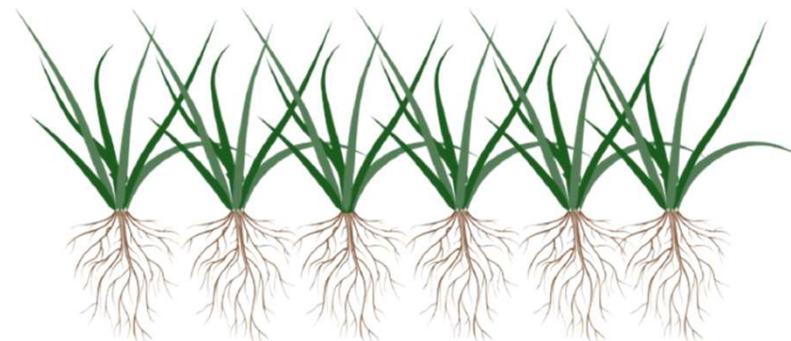


# Recherche d'activité de dégradation au laboratoire MAP



# Les méthodes de dépollution : ce qu'il faut retenir

Les méthodes actuelles : **efficaces** pour **stopper** la propagation des PFAS



La dégradation des PFAS : très **couteux et peu respectueux** de l'environnement



Besoin de trouver des méthodes de destruction **plus efficaces** et **respectueuses de l'environnement**





**INSA** | INSTITUT NATIONAL  
DES SCIENCES  
APPLIQUÉES  
LYON



Université Claude Bernard



**anr**®

MINISTÈRE  
DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

OZON L'EAU  
**SAINÉ**

**Merci de votre attention**

**Vous souhaitez participer au projet dépollution des  
PFAS à l'aide des micro-organismes ?**

**Nous avons besoin d'échantillons de sol contaminé !**

**Contact : [marnie.mallet@insa-lyon.fr](mailto:marnie.mallet@insa-lyon.fr)**



**MALLET Marnie**  
Laboratoire MAP INSA Lyon, UMR5240, Équipe

