



# Variabilité des analyses de pfas dans les boues

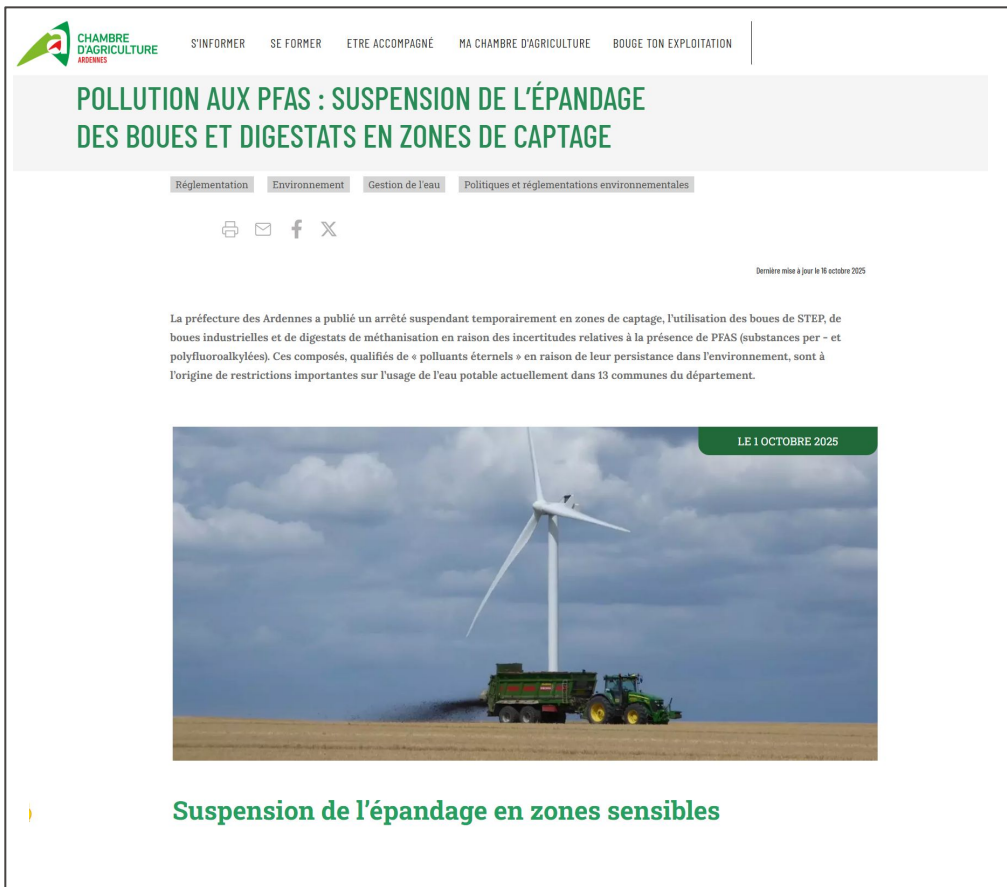
## Le défi de l'analyse dans les boues !

Christelle Pagotto – Veolia Eau France  
et membre GT ASTEE SD, ENC, ...

09 décembre 2025

*Webconférence ASTEE - Idealco - PFAS dans les boues :  
enjeux, retours d'expérience et perspectives*

# Contexte : PFAS et boues : un sujet en émergence !



CHAMBRE D'AGRICULTURE ARDENNES

S'INFORMER SE FORMER ETRE ACCOMPAGNÉ MA CHAMBRE D'AGRICULTURE BOUGE TON EXPLOITATION


## POLLUTION AUX PFAS : SUSPENSION DE L'ÉPANDAGE DES BOUES ET DIGESTATS EN ZONES DE CAPTAGE

Réglementation Environnement Gestion de l'eau Politiques et réglementations environnementales

📄 📧 🌐 ✕

Dernière mise à jour le 10 octobre 2025

La préfecture des Ardennes a publié un arrêté suspendant temporairement en zones de captage, l'utilisation des boues de STEP, de boues industrielles et de digestats de méthanisation en raison des incertitudes relatives à la présence de PFAS (substances per- et polyfluoroalkylées). Ces composés, qualifiés de « polluants éternels » en raison de leur persistance dans l'environnement, sont à l'origine de restrictions importantes sur l'usage de l'eau potable actuellement dans 13 communes du département.



LE 1 OCTOBRE 2025

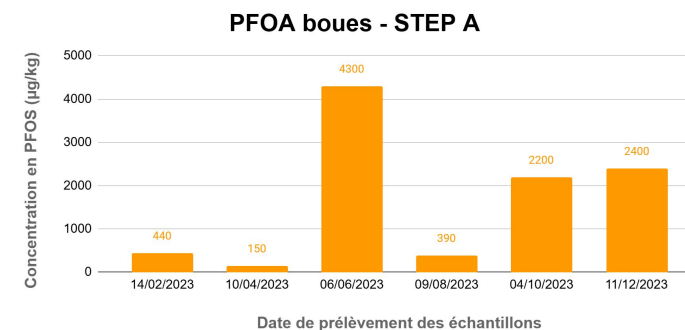
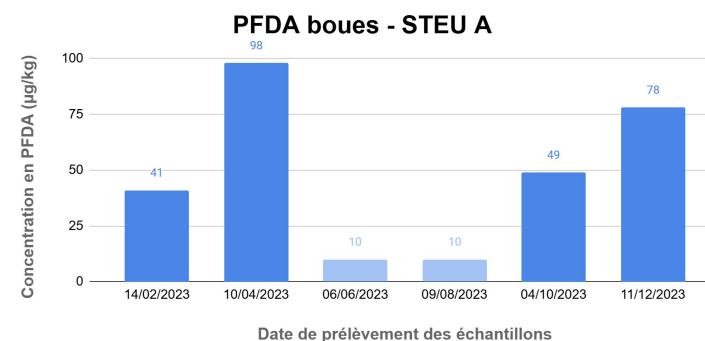
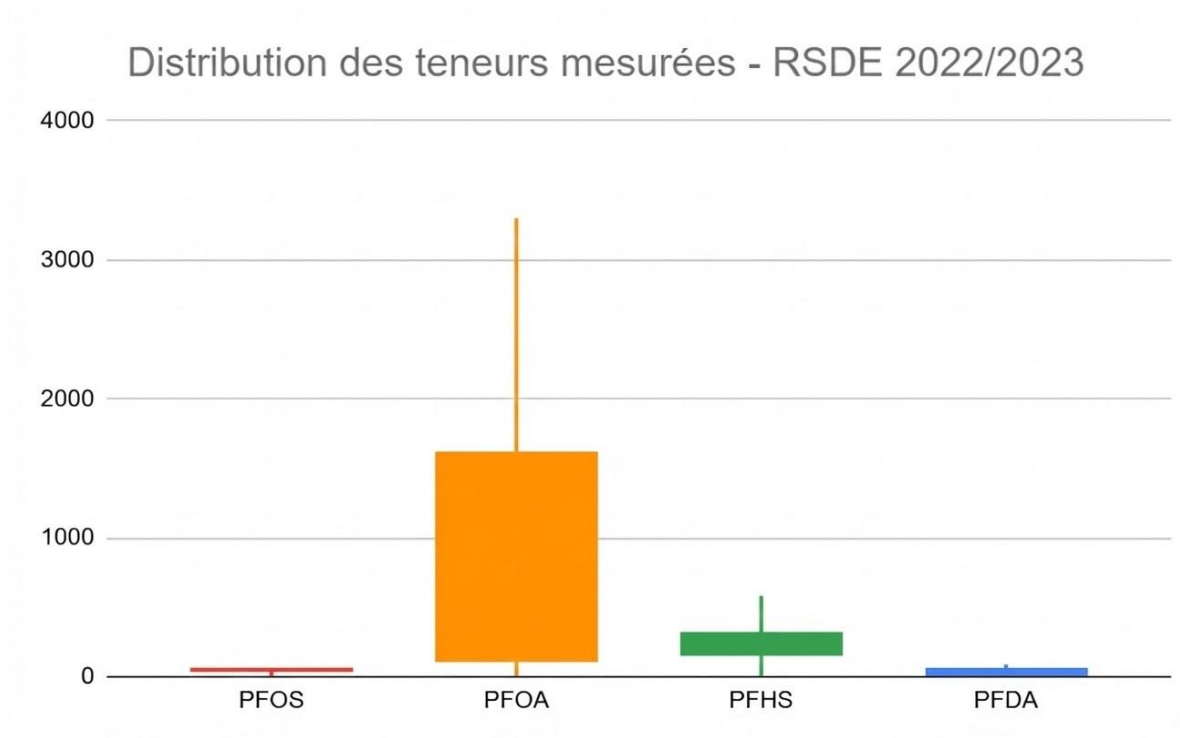
### Suspension de l'épandage en zones sensibles

- Une réglementation nationale en émergence
- De premiers arrêtés préfectoraux imposant la surveillance des boues ou interdisant l'épandage dans certains contextes

**= de premières investigations (bibliographie, campagnes exploratoires, ...)** :

- Se préparer pour réaliser les analyses qui vont être demandées
- Disposer de données pour contribuer à l'état des lieux en France, aider à identifier les enjeux et mesures de gestion nécessaires au plus vite !

# Retour sur quelques données “historiques” : celles du RSDE



- 16 stations, 2 laboratoires, 84 analyses
- Analyses sur boues liquides “a priori”, extractions “non ciblées”, pas de précautions “PFAS” (protocoles prélèvements et analyses)
- Des résultats très variables d’un site à l’autre, d’un laboratoire à l’autre et d’un échantillon à l’autre

# Retour sur quelques données "historiques" : celles du RSDE

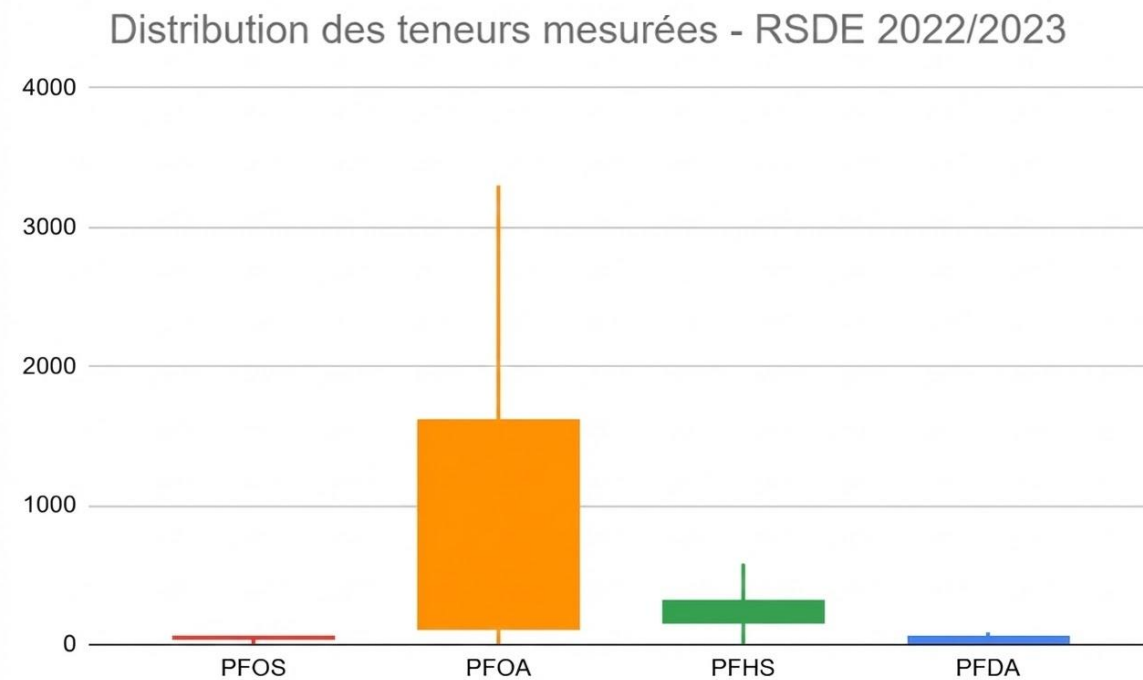
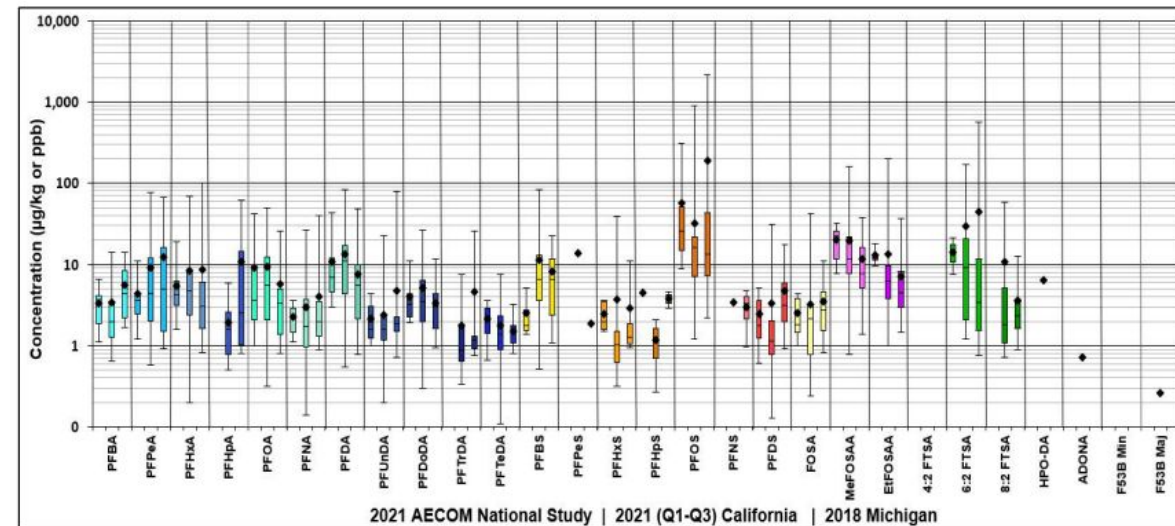


Figure 21. Final Treated Solids PFAS Concentrations for All 3 Studies – Box Plot



- Des résultats surprenants et peu alignés aux valeurs usuelles de la bibliographie ...  
= Des questionnements / fiabilité des analyses ! Ce qui nous a mobilisés pour initier des investigations au plus vite et réaliser des analyses contradictoires !



# Défi n°1 : choix des substances à analyser

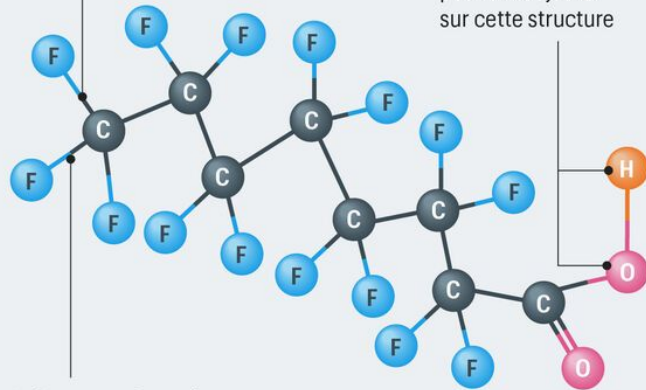
## Que sont les PFAS ?

Structure moléculaire typique des PFAS

Atomes de : ● Carbone ● Fluor ● Oxygène ● Hydrogène

Chaîne d'atomes de carbone liés à des atomes de fluor

D'autres atomes (oxygène, hydrogène...) peuvent s'ajouter sur cette structure



La liaison carbone-fluor, très stable, est difficile à casser

17 février 2025 • Source : Ansys.

Le Parisien

- Une large famille de plus de 4000 composés chimiques
- Des listes des disparates avec une base commune de quelques substances malgré tout ...

Nom	Code Saisie	Directive Eau Potable	Directive Cadre Eau (NCE)	AM 3 septembre 2025	Norme Allemagne, Autriche	Norme Danemark	Norme Wallonie
Acide perfluoro n-butanoïque (PFBA)	5980	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro n-pentanoïque (PFPeA)	5979	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro n-hexanoïque (PFHxA)	5978	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro n-heptanoïque (PFHpA)	5977	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro n-octanoïque (PFOA)	5347	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro n-nonanoïque (PFNA)	6508	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorodécanoïque (PFDA)	6509	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro undécanoïque (PFUnDA, PFUnA)	6510	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA, PFDoA)	6507	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro tridécanoïque (PFTrDA, PFTrA)	6549	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS)	6025	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS)	8738	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS)	6830	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS)	6542	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS)	6561	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorononane sulfonique (PFNS)	8739	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS)	6550	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro undécane sulfonique (PFUnDS)	8740	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorododécane sulfonique (PFDoDS)	8741	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro tridécano sulfonique (PFTrDS)	8742	*	*	*	*	*	*
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctane sulfonique (6:2 FTSA)	7893	*	*	*	*	*	*
Alkylbétaine 6:2 fluorotélomère sulfonamide (6:2 FTAB)	7991	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro tétradécanoïque (PFTeDA, PFTeA)	6547	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorohexadécanoïque (PFHxDA)	8984	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro octadécanoïque (PFODA)	8985	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoro (2-méthyl-3-oxahexanoïque) (HFPO-DA)	8982	*	*	*	*	*	*
Acide 4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoïque (ADONA, DONA)	8983	*	*	*	*	*	*
Acide perfluoroacétique 2-[(5-méthoxy-1,3-dioxolan-4-yl)oxy] (C604)	8981	*	*	*	*	*	*
2-perfluorohexyl ethanol (6:2) (FTOH 6:2, FEHT)	7997	*	*	*	*	*	*
2-perfluorohexyl ethanol (8:2) (FTOH 8:2, FOET)	8000	*	*	*	*	*	*
Acide perfluorooctane sulfonamide (PFOSA)	6548	*	*	*	*	*	*
Trifluoroacetic acid (TEA)	8958	*	*	*	*	*	*



## Défi n°2 : choix du point et du protocole de prélèvement

- Boues produites / boues évacuées
- Pas (peu) de recommandations pour garantir représentativité et non contamination de l'échantillon
- Des flacons recommandés divers ...

= **Définition d'un protocole de prélèvement, boues produites (liquides) et boues évacuées (pâteuses) prélevées pour comparaison**



### Protocole prélèvements : points clés

- **Opérateur** : EPI "sans PFAS" (vêtements coton, non lavés en blanchisserie, non traités insecticides, ...), gants nitrile, ...
- **Matériel** : perche, seau, ... en plastique (PVC ou PEHD, sans téflon, PTFE, ..), aluminium ou inox (à défaut métal sans revêtement), nettoyés eau (deminéralisée ou sans PFAS), flacons PEHD, ...
- **Constitution échantillon** : 20 prélèvements unitaires, mélangés surface propre (seau, plaque inox, ...)





## Défi n°3 : choix du laboratoire d'analyses

- **Pas de laboratoires accrédités** en France pour les analyses dans les boues et peu en Europe
- Des listes de substances et des Limites de quantification (LQ) très variables et qui évoluent vite !
- Des **protocoles de préparation des échantillons différents !**
- Des **incertitudes** élevées notamment pour les boues liquides (de 25 à 45%)
- **Mais une norme ISO (CEN/TC 444 - WG2) en préparation** ... et un 1er **circuit EIL** proposé par le Bipéa en septembre 2025

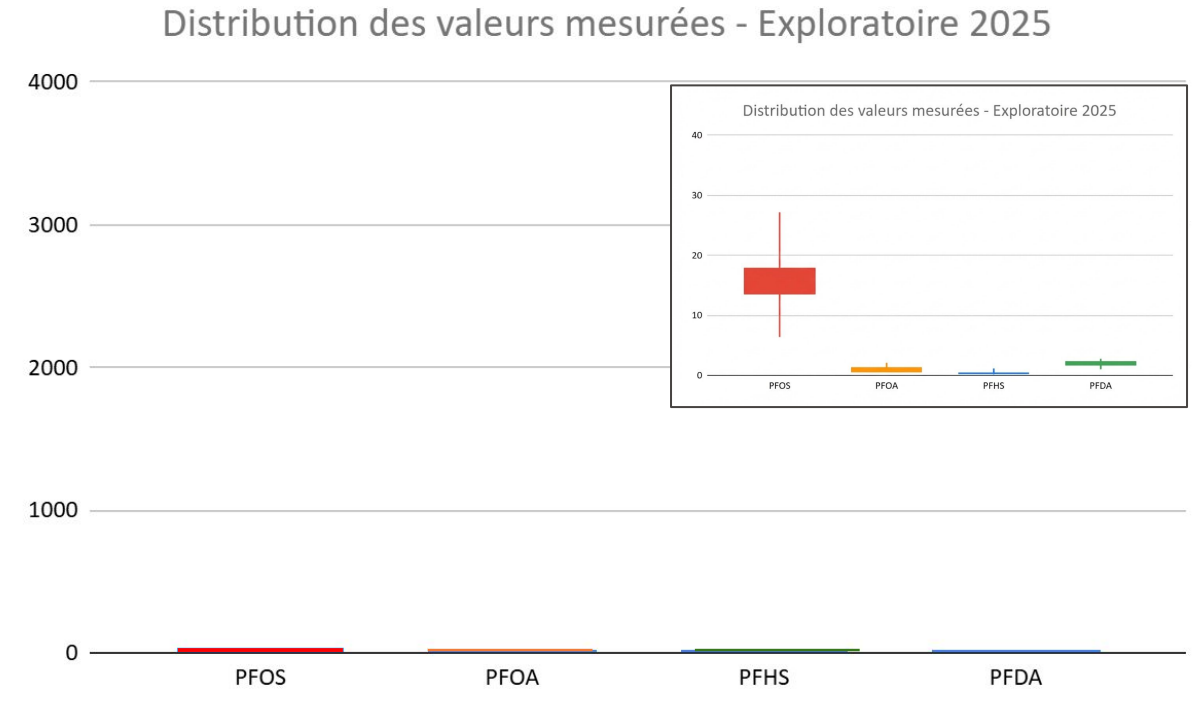
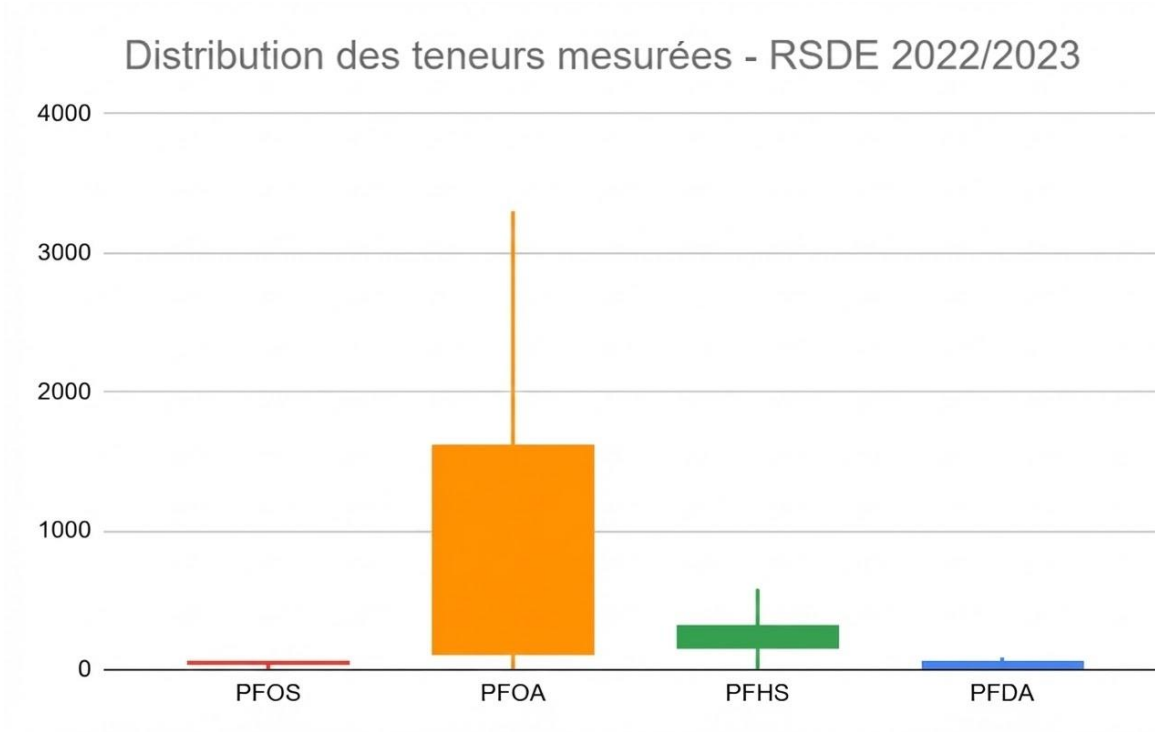
= une vigilance à avoir sur le choix du laboratoire (LQ adaptées, protocoles reconnus, ...) et une nécessité d'avoir en tête ces points en lisant les résultats ...



Source : Eurofins



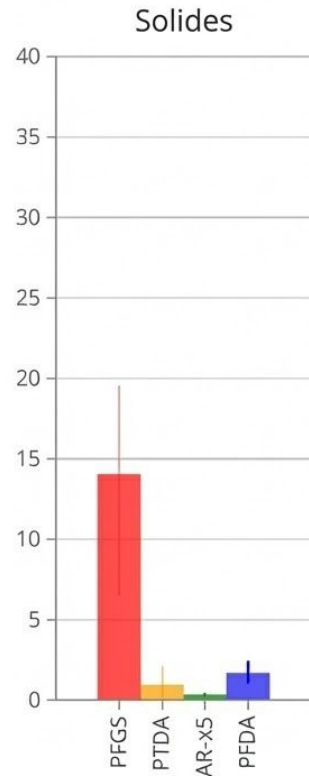
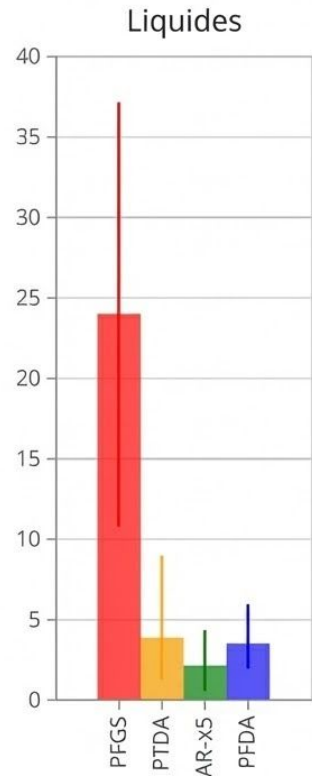
# Quelques résultats : ordres de grandeurs 2022 versus 2025



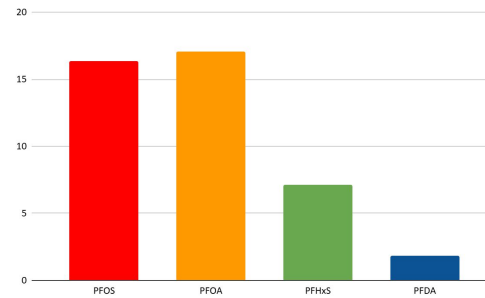
- 4 stations, 2 laboratoires, 12 analyses
- Des ordres de grandeur bien plus faibles et moins variables



## Quelques résultats : matrices liquides/solides



Centrats/filtrats



- Des écarts boues liquides / solides s'expliquant par les incertitudes et une partie des PFAS allant vers les centrats/filtrats = **en conclusion écarts 2022/2025 : explications ? a priori anciens protocoles peu fiables ... et incertitudes élevées liées à la boue liquide**



## Quelques résultats : d'un laboratoire à l'autre

	Site A		Site B		Site C		Site D	
PFOA	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Yellow	Yellow
PFDA	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green
PFHS	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green
PFOS	Orange	Orange	Green	Green	Yellow	Yellow	Orange	Orange
6:2 FTSA	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
6:2 FTAB	Red	Red	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Red	Red
6:2 FTOH	Red	Red	Red	Red	Orange	Orange	Red	Red
8:2 FTOH	Orange	Orange	Red	Red	Orange	Orange	Red	Red

Green	Dans les zones d'incertitude
Yellow	Pas dans les zones d'incertitude mais petit écart en valeur absolue (<1 mg/kg MS)
Orange	Pas dans les zones d'incertitude mais écart en valeur absolue plus élevé (quelques µg/kg MS)
Red	Pas dans les zones d'incertitude et écart en valeur absolue très élevé (au de là de la dizaine de µg/kg MS)

- Des écarts notables sur les “nouvelles substances” ... calage en cours des méthodes ?
- Mais de moins en moins de différences pour les “classiques” (20)



## Et au final on en conclut quoi ?

- **Pas de seuil / norme en France pour interpréter**
  - **Des normes diverses en Europe** (pas les mêmes PFAS et niveaux de seuil)
  - Des conclusions susceptibles d'être diverses selon matrice (L/S), laboratoire (méthodes), norme
- = des interprétations complexes ...**

*Quelques exemples de seuils à titre illustratif : il en existe d'autres !*

	<b>Pays</b>	<b>Entrée application</b>	<b>Seuil</b>
	Allemagne	Oct.2019	PFOS + PFOA $\geq$ 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ : 🚫 <b>Epandage déconseillé</b> (non réglementaire mais suivi par les municipalités) PFOS + PFOA $\geq$ 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ : Mention étiquette et restrictions doses PFOS + PFOA $<$ 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ : Application possible
	USA : New York	Sept.2023	PFOS ou PFOA $\geq$ 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ : 🚫 <b>Interdiction</b> d'appliquer des boues / produits dérivés sur les sols PFOS ou PFOA $\geq$ 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ : ⚠️ Teneurs à rendre conformes sous 1 an PFOS et PFOA $<$ 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ : Application possible
	Belgique (Wallonie)	Oct.2024	Somme 6 PFAS (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS, PFDA, PFHxA) $\leq$ 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS <b>et</b> Somme 22 PFAS (PFBS, PFPS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFNS, PFDS, PFUnS, PFDoS, PFTrS, PFOA, 6:2 FTS, PFBA, PFPA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDODA, PFTrDA) $\leq$ 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS : Application possible Somme 6 PFAS $>$ 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS ou Somme des 22 PFAS $\geq$ 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS : 🚫 <b>Epandage déconseillé</b>



## Et au final on en conclut quoi ?

- **Pas de seuil / norme en France pour interpréter**
  - **Des normes diverses en Europe** (pas les mêmes PFAS et niveaux de seuil)
  - Des conclusions susceptibles d'être diverses selon matrice (L/S), laboratoire (méthodes), norme
- = des interprétations complexes ...**

	Exemple fictif susceptible d'être rencontré		
	L, A	S, A	S, B
2 PFAS : Allemagne	Green	Green	Green
2 PFAS : New York	Orange	Green	Orange
6 PFAS : Wallonie	Red	Green	Green
22 PFAS : Wallonie	Green	Green	Green

L : boue produite liquide ; S : boue évacuée solide ; A : laboratoire A ; B : laboratoire B

Green	Epandage possible sans contrainte
Orange	Restrictions ou actions de réduction recommandées
Red	Pas d'épandage préconisé



## Et au final on en conclut quoi ?

- A date, les résultats d'analyses disponibles = à lire avec prudence en ayant conscience des incertitudes analytiques

**= ordres de grandeur indicatifs, à confirmer !**

- Avant d'initier des analyses, bien cadrer les protocoles de prélèvements, de préparation d'échantillons, d'analyses ... pour assurer la meilleure représentativité possible

**= méthodes normalisées et accréditations (on y est presque : norme en préparation et circuit EIL disponible !)**

- Disposer au plus vite de mesures, d'études d'évaluation des risques et de modalités de gestion à retenir :
  - réduction à la source, restrictions d'épandage, ...
  - éventuellement transitoires dans l'attente des conclusions des études à venir
  - pour être à même de guider les professionnels et de rassurer

**= en attente d'une réglementation au plus vite ...  
et de partage entre acteurs (ASTEE, ...) d'ici là !**