

PFAS dans les sols : quelles sont les méthodes utilisées pour déterminer les valeurs de fonds chez nos voisins européens ?

Amélie CAVELAN

BRGM

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE,
DE L'ÉNERGIE, DU CLIMAT,
ET DE LA PRÉVENTION
DES RISQUES
Liberté
Égalité
Fraternité

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Géosciences pour une Terre durable
brgm

INERIS
maîtriser le risque
pour un développement durable

Contexte

Etude menée pour le compte du MTEECPR/ DGPR/ BSSS

- La présence des PFAS dans l'environnement est désormais ubiquiste
- Nécessite de discriminer les occurrences de PFAS relevant d'un fond diffus de celles des sources ponctuelles de pollution.

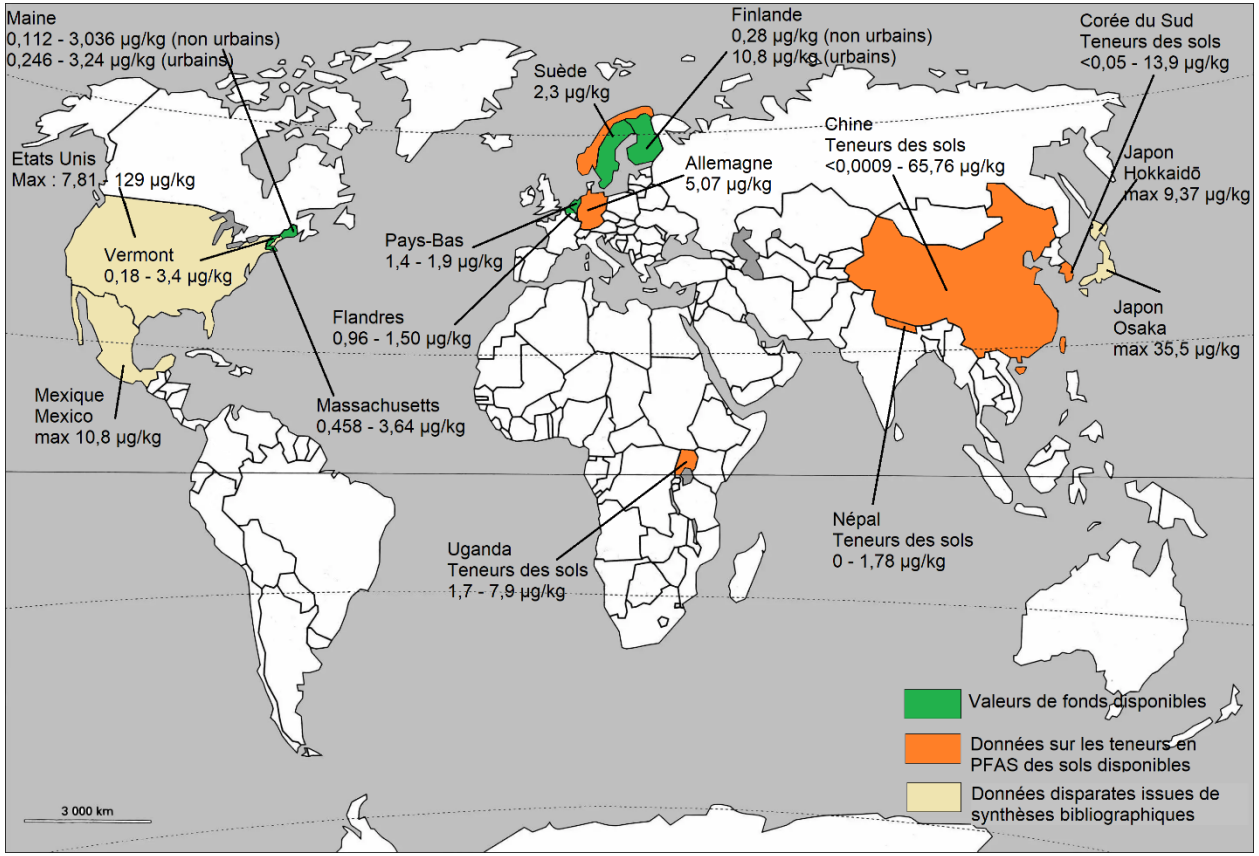
Objectifs :

- Réaliser un état des lieux et une analyse critique des valeurs de fond observables dans les sols en Europe, et des méthodologies utilisées.
- Permettre la définition d''un cadre méthodologique en vue d'une transposition en France

Quels pays ?

- Europe : Suède, Finlande, Pays-Bas, Belgique (Flandres), Allemagne
- Comparaison hors Europe : Maine, Massachussetts, Vermont

Synthèse des données actuellement disponibles concernant les concentrations totales en PFAS dans les sols.



Retours d'expériences des travaux mis en œuvre

Quelles stratégies ?

	Suède	Finlande	Flandres	Allemagne	Pays-Bas	Maine	Vermont	Massachusetts
PFAS recherchés	27	37	40	24	28	28	18	36
Usages des sols ciblés	Naturels	Naturels/ urbains	Naturels/ agricoles	Naturels/ agricoles/urbains/ industriels	Sols urbains/ non urbains	Urbains/ non urbains	Urbains/ non urbains	Naturels
Nombre d'échantillons	58	150	125	55	300	64	68	100
Echantillons /100 km²	0,01	0,04	1	> 0.01	0,71	0,07	0,27	0,37

- En raison d'un manque de connaissances sur les sources d'émissions et des limitations analytiques, seuls 18 à 40 PFAS ont été recherchés, les plus souvent quantifiés sont : PFBS, PFHxS, PFOS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, FOSA, EtFOSAA et le 6:2 FTSA.

- Différents types de valeurs de fond pour différentes typologies d'usage de sols ont été ciblés :

Type de valeurs de fonds	Fond pédogéochimique peu anthropisé	Fond pédogéochimique anthropisé	Fond pédogéochimique par usage
Contraintes méthodologiques	Sites échantillonnés en dehors de toutes pressions anthropiques directes	Sites éloignés des sources directes de pollution en PFAS mais pouvant être affectés par une activité anthropique.	Distinction entre les usages des sols: 1 valeur de fonds pour un usage.
Objectifs	Délimiter les pollutions issues de sources directes ou diffuses	Délimiter seulement les pollutions directes en PFAS	Délimiter tous les types de pollution en s'adaptant au contexte du site
	Exemple : Suède, Massachusetts	Ex: Flandres, Vermont, Allemagne	Exemple : Pays-Bas, Finlande, Maine

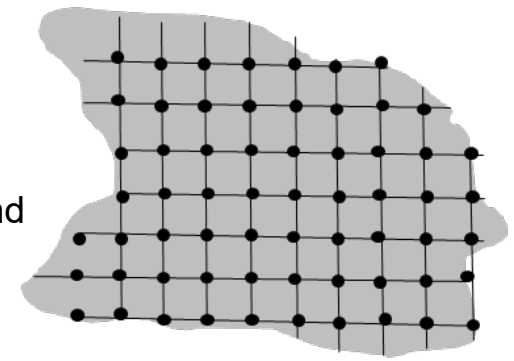
Retours d'expériences des travaux mis en œuvre

Quelles stratégies ?

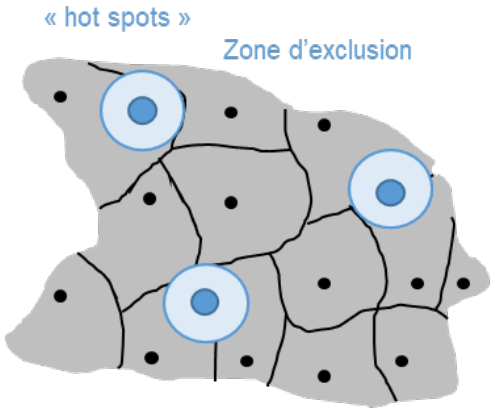
	Suède	Finlande	Flandres	Allemagne	Pays-Bas	Maine	Vermont	Massachusetts
PFAS recherchés	27	37	40	24	28	28	18	36
Usages des sols ciblés	Naturels	Naturels/ urbains	Naturels/ agricoles	Naturels/ agricoles/urbains/ industriels	Sols urbains/ non urbains	Urbains/ non urbains	Urbains/ non urbains	Naturels
Nombre d'échantillons	58	150	125	55	300	64	68	100
Echantillons /100 km²	0,01	0,04	1	> 0.01	0,71	0,07	0,27	0,37

Différentes stratégies d'échantillonnage

- Stratégie **d'échantillonnage systématique** (ex : Flandres, Vermont) => fond pédogéochimique anthropisé
- Stratégie **typologique** (ex: Pays-Bas, Finlande) ou hybride (ex: Suède) => fond pédogéochimique peu anthropisé ou par usage de sol.
- Entre 60 et 300 points pour couvrir un territoire



Echantillonnage systématique



Echantillonnage typologique

Quelles valeurs de fonds ?

Quelles teneurs et valeurs de fonds en PFAS obtenues pour les sols dans ces campagnes ?

	Europe					Etats Unis		
	Suède	Finlande	Flandres	Allemagne	Pays-Bas	Maine	Vermont	Massachusetts
Teneurs en PFAS des sols (µg/kg)	$\sum_{PFAS}$: 0,40 à 6,6	$\sum 4_{PFAS}$: <0,03-3,5 (s. naturels) <0,03-110 (s. urbains)	[PFOS] : 0,78; [PFOA] : 0,56; [PFBA] : 0,76	[PFOS] : 2,74 [PFOA] : 1,00 $\sum_{PFAS\ med}$: 0,31 – 19,7	[PFOS] : <0,4-5,0 (sols urbains) et <0,4-2,4 (sols non urbains); [PFOA] : <0,5-7,4 (s. urbains) <0,5-3,9 (s. non urbains)	<0,03 à 5,32 par composé unitaire	<0,03 à 9,7 par composé	<0,03 à 6,0 par composé
Valeurs de fond retenues (µg/kg)	$\sum_{PFAS}$: 2,3	$\sum 4_{PFAS}$: 0,28 (s. naturels), 10,8 (s. urbains)	[PFOS] : 1,50; [PFOA] : 0,96; [PFBA] : 1,25	$\sum_{PFAS}$: 5,07	[PFOS] : 1,4 [PFOA] : 1,9	[PFOS] : 3,036; [PFOA] : 2,18; De 0,112 à 3,24 pour les autres PFAS	[PFOS] : 3,4; [PFOA] : 1,6; De 0,18 à 0,87 pour les autres PFAS	[PFOS] : 3,64; [PFOA] : 2,15; De 0,458 à 1,44 pour les autres PFAS
Valeurs guides si existantes (µg/kg)	[PFOS] : 3 à 20 selon usage		[PFOS] : de 3,8 à 268 selon usage [PFOA] : de 2,5 à 303 selon usage		[PFOS] : 92 à 19000 selon usage [PFOA]: 86 à 37000 selon usage	[PFOS] : 3,6 à 22000 selon usage [PFOA] : 1,7 à 22000 selon usage De 1,9 à 5100000 pour les autres PFAS selon usage	[PFOS] : 120 à 1400 selon usages [PFOA] : 180 à 2200 selon usage De 180 à 14000 pour les autres PFAS selon usage	[PFOS] : 2,0 à 400 selon usage [PFOA] : 0,72 à 400 selon usage. De 0,30 à 400 pour les autres PFAS selon usage
Références	*Johansson, 2023; Kikuchi et al., 2018; Sörengård et al., 2022*	*Reinikainen and Tarvainen, 2023*	*OVAM, 2018; Rabaey and Pancras, 2018; Touchant and Van Holderbeke, 2020; Van Gestel, 2023*	*Wellmitz et al., 2023*	*Wintersen et al., RIVM 2020; Wintersen and Otte, RIVM 2020*	*Maine DEP, 2021; Roakes and Zemba, 2022*	*Zhu et al., 2019*	*Healey et al., Woodard and Curran 2023; Mcintosh et al., 202*

$\sum_{PFAS}$: somme des PFAS quantifiés, incluant, selon les travaux de 18 à 39 PFAS. Sols naturels : sols en dehors de toutes pressions anthropiques directes.

Les concentrations en PFAS totale dans les sols en dehors de sources d'émission directes sont comparables entre ces états :

- 0 et 10 µg/kg dans les sols urbains/fortement anthropisés => **valeurs de fonds 5 à 11 µg/kg**
- 0 et 6 µg/kg dans les sols non urbains/faiblement anthropisés => **valeurs de fonds 0,3 et 4 µg/kg**

Attention, différentes méthodes de calcul : 95ème et 90ème percentiles des données mesurées, suppression, substitution par 0 ou LQ/2 des valeurs < LQ du jeu de données => **cela peut changer fortement le résultat obtenu !**

Conclusions : quelle méthodologie développer en France?

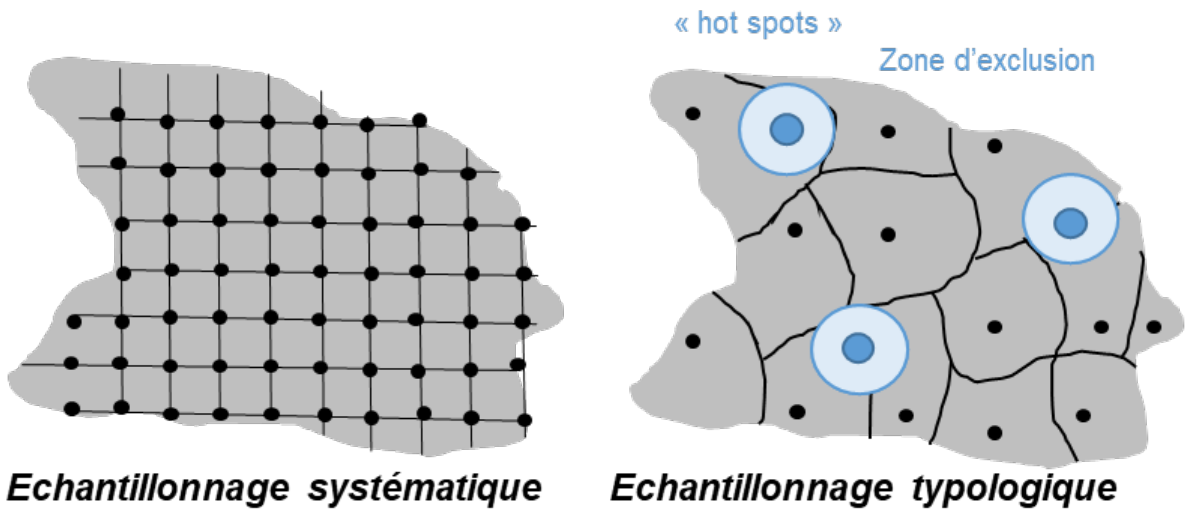
Peu de données disponibles sur les PFAS dans les sols, mais quelques pistes méthodologiques

Quel type de valeurs de fonds en France ?

- Fond pédo-géochimique peu anthropisé versus fond pédo-géochimique anthropisé ?

Quelle stratégie d'échantillonnage ?

- Stratégie **d'échantillonnage systématique** (ex : Flandres, Vermont) vs. **typologique** (ex: Pays-Bas, Finlande).
- Au moins 60 points pour couvrir un territoire



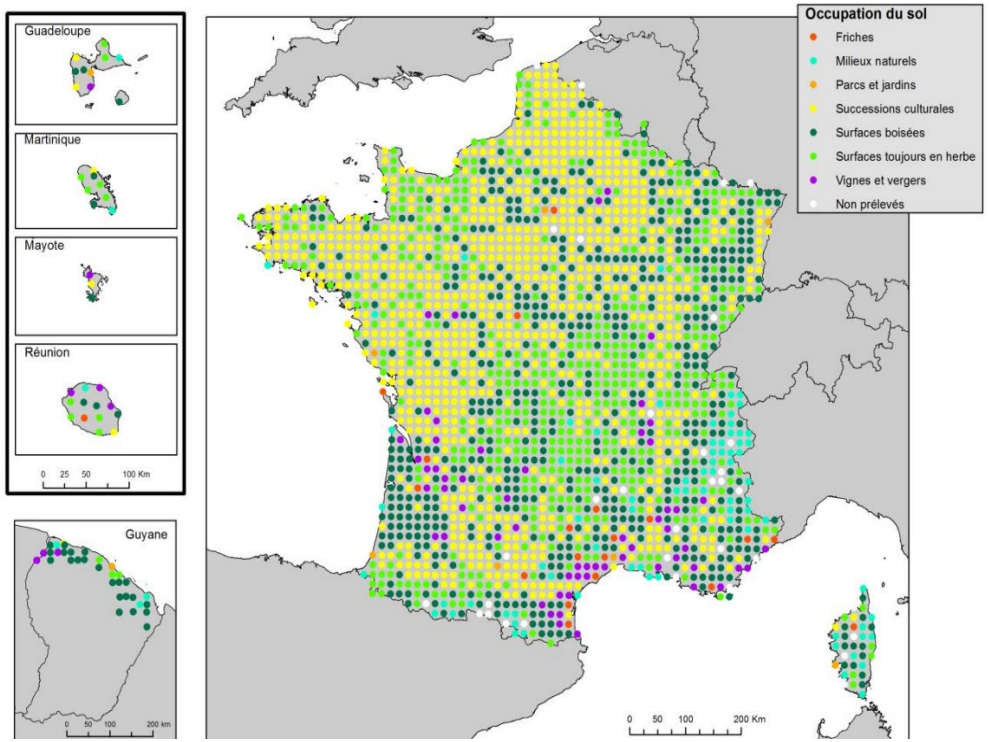
Echantillonnage systématique *Echantillonnage typologique*

Conclusions : quelle méthodologie développer en France?

Peu de données disponibles sur les PFAS dans les sols, mais quelques pistes méthodologiques

Quel réseau d'échantillonnage ?

- Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) (mailles carrées de 16 km, 0,4 échantillon / 100 km²
- Sols ciblés : friches, sols agricoles, sols de forêts, prairies, parcs et jardins) => **pas de sols urbains !**
- Réseau adapté pour déterminer des valeurs de fonds de sols faiblement anthropisés + sols agricoles impactés par l'épandage de boues (identifiables via BDETM).
- A compléter par l'échantillonnage de sols urbains/ péri-urbains
  => valeurs de fond correspondant à un fond pédogéochimique anthropisé



(d'après Jolivet et al., INRAE 2018)

Conclusions : quelle méthodologie développer en France?

Quels indicateurs/ paramètres ?

- Manque de connaissances antérieures sur la qualité chimique des sols vis-à-vis des PFAS au niveau national.
- Les substances les plus souvent quantifiées: PFBS, PFHxS, PFOS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, FOSA, EtFOSAA, 6:2 FTSA
- Cependant d'autres substances, pourtant très rarement ciblées, semblent être aussi présentes en grandes concentrations dans certains sols (ex : 6:2 PAP, le FOSAA, 8:2 diPAP, 6:2 FTAB, 6:2 FTB, 6:2 FtTAoS).
- **Besoin d'améliorer la connaissance** sur les molécules à rechercher, les **performances analytiques** et de développer des **méthodes normalisées** (en cours, CEN TC 444/WG2) pour permettre l'acquisition d'un plus large jeu de données et ainsi :
    - Évaluer le degré d'imprégnation des sols français en PFAS
    - **Identifier les molécules les plus pertinentes** pour l'établissement de valeurs de fonds

Pour en savoir plus

Ces rapports sont accessibles librement

A télécharger depuis https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr

Pour accéder au rapport complet :

Le rapport complet est disponible sur SSP-infoterre