

Séminaire de restitution Septembre 2026

Analyse rétrospective et prospective de contaminations liées à l'industrie et la transition énergétique

Etat d'avancement

Adèle Bressy, Jean-Marc Brignon, Johnny Gasperi, Pierre Labadie, Thomas Thiebault

Analyses **rétrospectives** des contaminations HAP et PFAS

Données d'entrée

- Analyses de **carottes sédimentaires** disponibles (HAP, PFAS historiques PFOS PFOA...)
- **HAP** : 2 carottes analysées à l'est et à l'ouest de Paris (Bois de Boulogne et Vincennes, avec une source principalement atmosphérique) depuis 1950
- **PFAS** : Carottes disponibles : Bois de Vincennes (à exploiter), Vernon (après le confluent de l'Oise (exploitée), et une carotte de référence pour les apports atmosphériques dans la forêt du Mans (Etang Saint-Denis).
- Études Piren-Seine et autres travaux scientifiques déjà réalisées sur la présence et les flux des HAP (D. Gateuille, T. Thiebault)
- Inventaires d'émissions CITEPA (air) / Agences de l'Eau (Eau)

Analyses **rétrospectives** des contaminations HAP et PFAS

Premiers travaux et résultats

- **HAP : carottes parisiennes** : Changement de cortège de molécules et une très forte diminution depuis les années 1955-1960, en cohérence avec la tendance déjà identifiée dans la Seine
=> Rapport PIREN 2026

Futures Données de sortie / Livrables

- **HAP** : Tendances historiques des HAP (stocks sur le bassin) ; **PFAS** : Eléments qualitatifs (quelques PFAS, évolution qualitative)

Analyses prospectives des contaminations HAP et PFAS

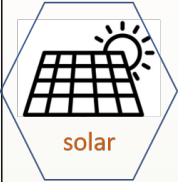
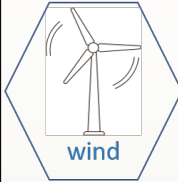
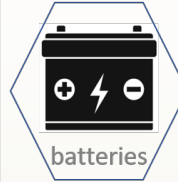
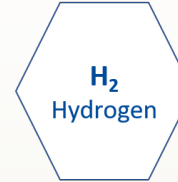
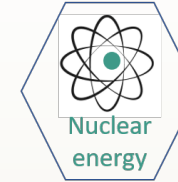
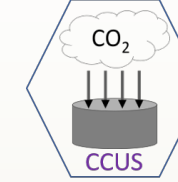
HAP

- Extrapoler les tendances passées observées afin d'anticiper l'évolution future des stocks (à l'échelle du bassin)

PFAS (secteur de la production et du stockage d'énergie décarbonée)

- Base de données des technologies et des produits chimiques et matériaux (dont PFAS), et de leurs dangers (santé, environnement), *en lien avec Projet ADEME TEPMA*
- Scénarios de déploiement à l'horizon 2050 basés sur les scénarios ADEME 2050 (*en lien avec ADEME TEPMA*) et éléments de territorialisation pour le bassin de la Seine
- Indicateur de risques pour les scénarios basés sur : dangers, quantités utilisées, probabilités d'émissions dans les milieux sol/eau, possibilité de traitement en STEP en cas d'émissions, irréversibilité et durée des usages.

Base des produits chimiques et matériaux de la transition énergétique

	 solar	 wind	 batteries	 H ₂ Hydrogen	 Nuclear energy	 CO ₂ CCUS
Number of substances (used in actual technologies)	49 (9)	32 (29)	325 (97)	151 (88)	39 (16)	21 (18)
Main hazard substances identified	Metals (Cd, Pb, In, Ga, Se), organic solvents (DMF, DMSO, GBL)	Composite materials, epoxy/polyurethane resins, metal alloys (Fe, Zn, Nd)	CMR metals (Ni, Co, Cd), persistent fluoropolymers (PVDF, PFSA), advanced fluorinated electrolytes (LiPF ₆ , LiFSI, LiTFSI), and nanomaterials (carbon nanofibres, graphene)	PFSA membranes (e.g., Nafion®), precious-metal catalysts (Pt, Ir, Ru), Ni-based alloys	Fluorinated polymers (PTFE, PVDF), amines (morpholine, ethanolamine), borated compounds	Amines (MEA, piperazine), metal oxides (TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , ZrO ₂), zeolites, metal-organic frameworks (MOFs)
Quantities (min-max)	0.08 – 0.45 g/kW	0.0011 – 3.3 g/kW	0.009 – 7.82 kg/kWh	0.02 – 1 700 g/kW	2.10 ⁻⁷ – 0.2 g/kW	0.2 – 5 kg/tCO ₂

Base des produits chimiques et matériaux de la transition énergétique

Utilisation généralisée des PFAS dans les technologies permettant de produire et de stocker une énergie décarbonée.

Environ les deux tiers des PFAS identifiés sont des polymères, et les polymères fluorés les plus fréquemment utilisés sont : le PTFE (de loin), le PFPE et les copolymères PFSA/PTFE.

Les PFAS non polymères les plus courants sont les imides fluorés et les sulfonates.

La majorité des PFAS sont utilisés comme membranes et électrolytes dans les batteries et les piles à combustible. Dans les membranes, les polymères PFAS peuvent être utilisés comme matériau de base, mais aussi comme revêtements de protection ou de renforcement de matériaux ne contenant pas de PFAS.

Base des produits chimiques et matériaux de la transition énergétique

Base encore en cours de vérification et enrichissement, mais elle sera (très?) partielle

Technologies effectivement utilisées vs. R&D

Proportion PFAS : faible, à vérifier une fois la base vérifiée/complétée (signe également du très grand nombre de produits chimiques)

Produits chimiques rencontrés à travers des matériaux :

Distinction entre matériaux potentiellement émissifs de leurs composants chimiques ou non (zéolites, céramiques, cermets, Metal Organic Framework, Covalent Organic Framework,...)

Peu de données de danger confirmées disponibles :

A ce stade, CMR = 36%, PE = 13%, VTR = 9%, PNEC = 44%, BCF = 10% disponibles

=> Indicateur de risque + Indicateur de connaissance des dangers/risques

Perspectives pour la fin de phase

La transition énergétique s'accompagne d'un déplacement des pressions chimiques, des HAP vers certains PFAS et d'autres polluants.

L'enjeu est d'anticiper ces évolutions à l'échelle du bassin :

- Vérifier l'hypothèse d'un croisement des trajectoires HAP et PFAS (et autres émergents)
- Territorialiser les résultats : Application au bassin de la Seine, Identification des enjeux spécifiques du territoire
- Confronter les scénarios aux acteurs Énergie, eau, collectivités : leviers d'action et besoins de connaissance
- Produire une synthèse intégrée Transition énergétique & risques chimiques pour le bassin, Valorisation scientifique et auprès des décideurs