Emission et transfert de composés aromatiques polycycliques oxygénés (CAP-O) dans les sols et les eaux souterraines

Julien MICHEL
INERIS

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

INERIS

Géosciences pour une Terre durable
brgm

Pourquoi les CAP-O ?

Nombreux sites pollués par des HAP (cokeries/usines à gaz…)

- Basol : 1 300 sites pollués ou potentiellement pollués

Intérêt (toxiques)

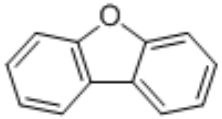
- 16 HAP US EPA
- Peu de recul sur les composés de dégradation et les autres composés accompagnant les HAP qui pourraient contribuer à l'impact
- CAP oxygénés

Les CAP oxygénés

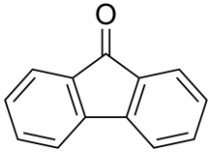
- Proviennent des **mêmes sources** que les HAP US EPA
- Produits de transformation des HAP les **plus persistants** (produits finaux de dégradation de procédés biologiques et chimiques), d'où accumulation ?
- **Toxicité**
  - Mutagènes à action directe (seraient + toxiques que les HAP parents mais pas de valeurs toxicologiques pour l'Homme)
  - Écotoxiques : effets sur certains micro-organismes / HAP
- Plus **polaires**, donc plus **solubles** dans l'eau et a priori **plus mobiles** / HAP

INERIS maîtriser le risque pour un développement durable

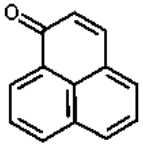
Les CAP-O



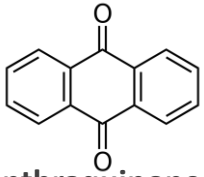
Dibenzofurane



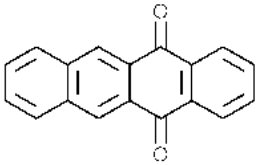
9H-fluorénone



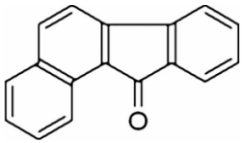
Perinaphténone



Anthraquinone

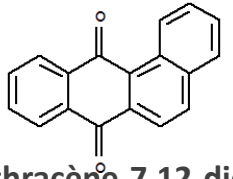


Naphtacene-5,12-dione

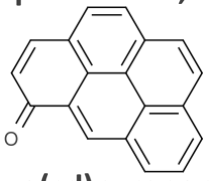


Benzo(a)fluorénone

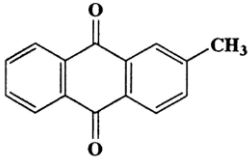
Benzanthrone



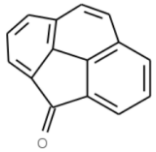
Benz(a)anthracène-7,12-dione



Benzo(cd)pyrenone



2-méthylanthracène-9,10-dione



4H-cyclopenta[def]phenanthren-4-one

11 CAP-O sélectionnés

- Fréquemment rencontrés sur sites contaminés par des HAP
- Large « gamme » de molécules (2 à 5 noyaux aromatiques)
- Cétones : catégorie de CAP-O la plus mutagène

Le projet MEMOTRACES

Compréhension des MEcanismes de MObilisation et de TRAnsfert de CAP oxygénés dans les Eaux souterraines et les Sols

- Partenariat université de Lorraine (LIEC et GeoRessources) / INERIS
- 3,5 ans (démarrage décembre 2013)
- 1 thèse (soutenance mai 2017)
- Cofinancement ADEME (Gesipol 2013)

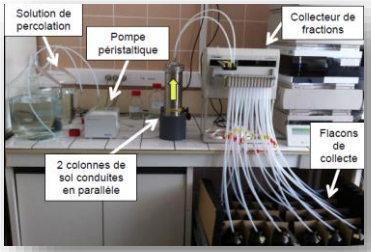
Objectifs

- **Caractérisation du relargage et du transfert des CAP-O dans les sols**
  - Zones saturée et non saturée
  - Mise en évidence des mécanismes
  - Etude des voies d'émission et de transfert (dissous, colloïdal, particulaire)
- **Passage de l'échelle du laboratoire à l'échelle pilote puis au site atelier**
  - « Validation » des résultats obtenus au laboratoire
  - Distribution CAP-O / HAP

Expérimentations au laboratoire

Résultat principal : relargage préférentiel des CAP-O / HAP

- CAP-O dans le sol : 9 % des CAP totaux
- CAP-O dans les eaux
  - ✓ Batch : ente 15 et 33 % des CAP totaux
  - ✓ Colonnes : entre 42 et 48 % des CAP totaux



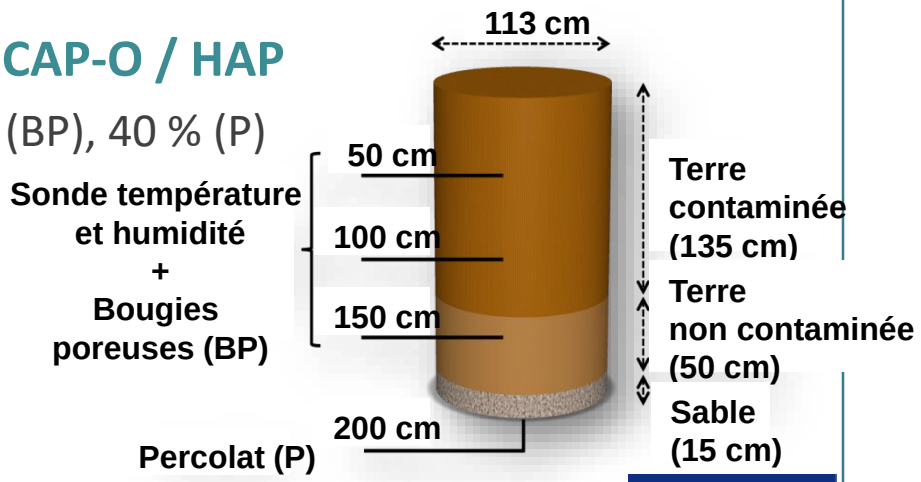
Expérimentations en lysimètre

Confirmation relargage préférentiel des CAP-O / HAP

- CAP-O / (HAP + CAP-O) : entre 66 et 70 % (BP), 40 % (P)

Indices d'une sorption préférentielle des HAP sur matériau non contaminé

- Transfert préférentiel des CAP-O
- A investiguer



Expérimentations sur site atelier

- **Résultats marquants**

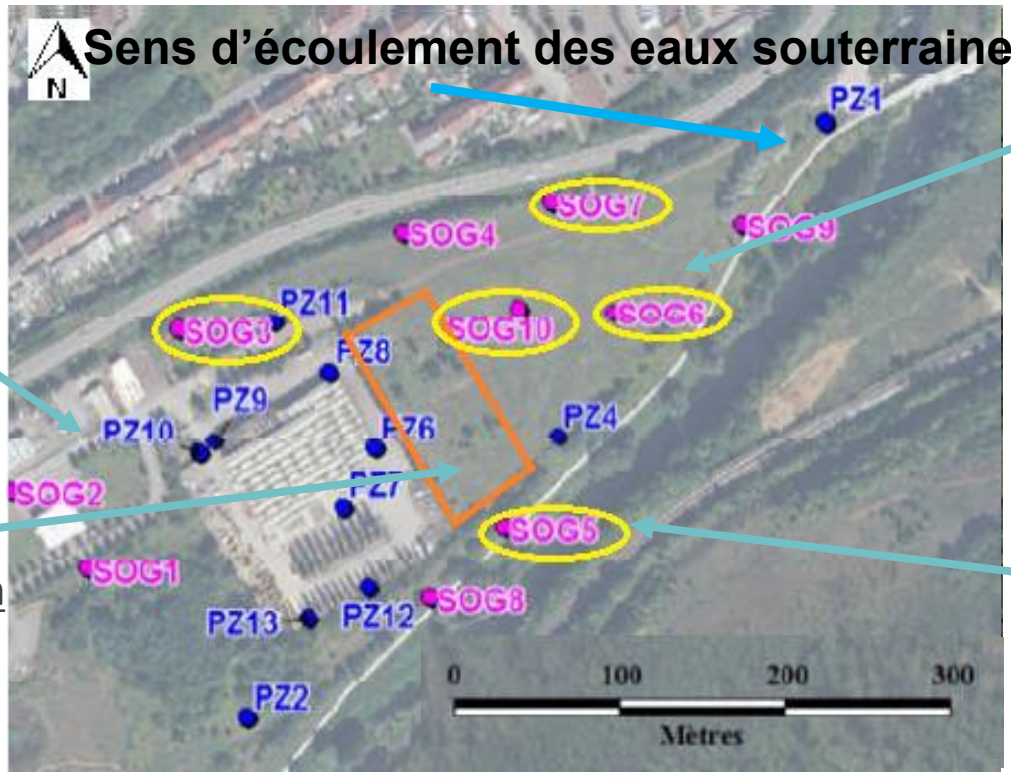
Présentation du site atelier

Ancienne usine sidérurgique regroupant plusieurs installations

- Cokerie + installations de traitement des co-produits
- Arrêt de la cokerie : début des années 1970

Aucun usage actuel

- Anciennes installations de traitement des co-produits
- Superficie 33 000 m²



Zone d'activités

Principales sources de pollution

5 Pz sélectionnés (alluvions)

- Gammes [HAP]
- / sources de pollution
- + Pz Amont

Activités historiques : contamination HAP, BTEX, CN^-, métaux

- HAP + CAP-O dans le cadre de MEMOTRACES

Investigations sur les eaux souterraines

Objectifs

Mettre en évidence

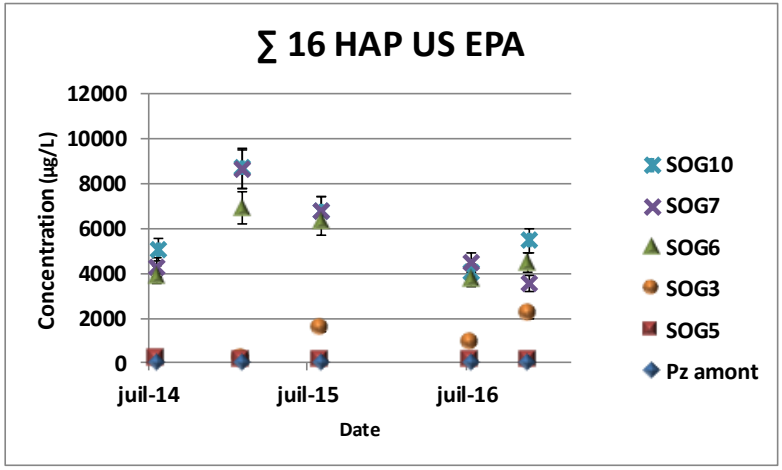
- la présence de CAP-O dans les eaux souterraines
- le potentiel de migration des CAP-O dans les eaux souterraines
- les voies de transfert des HAP et CAP-O sur site atelier (dissous, colloïdal, particulaire)

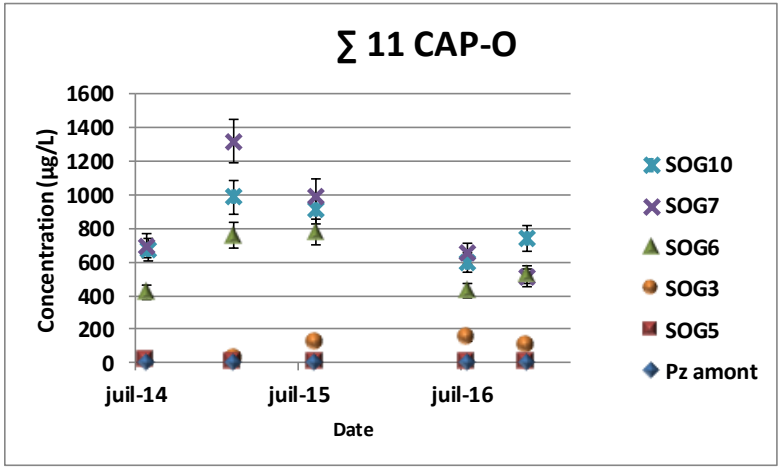
Prélèvements d'eaux souterraines : 5 campagnes

Prélèvements « classiques » Tous les Pz → Eau brute / Filtration 0,7 µm → Analyse 16 HAP + 11 CAP-O → Evaluation transfert particulaire (> 0,7 µm)

Prélèvements à 0,5 L/min 2 Pz → Ultra/nanofiltrations 0,5 µm/100 nm/ 5 kDa → Analyse 16 HAP + 11 CAP-O → Evaluation voies de transfert

Résultats

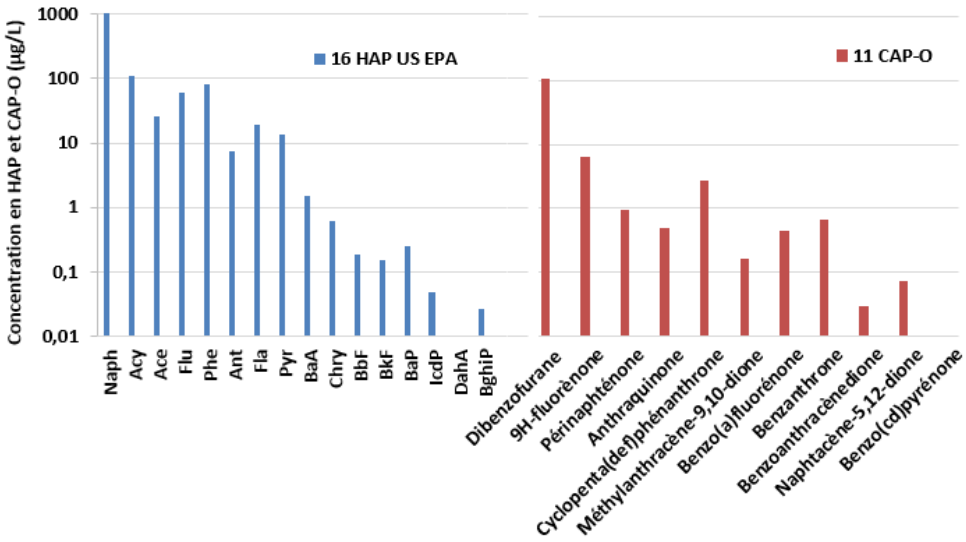




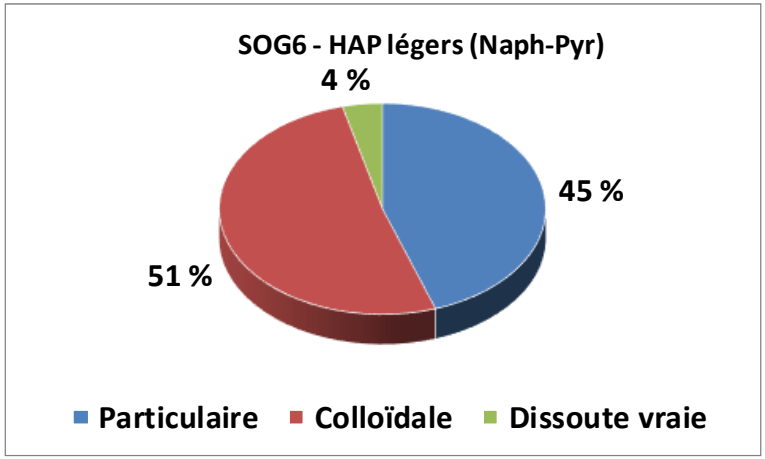
- Même hiérarchisation des concentrations / Pz
- [CAP-O] : 11 -15 % des [CAP] suivis

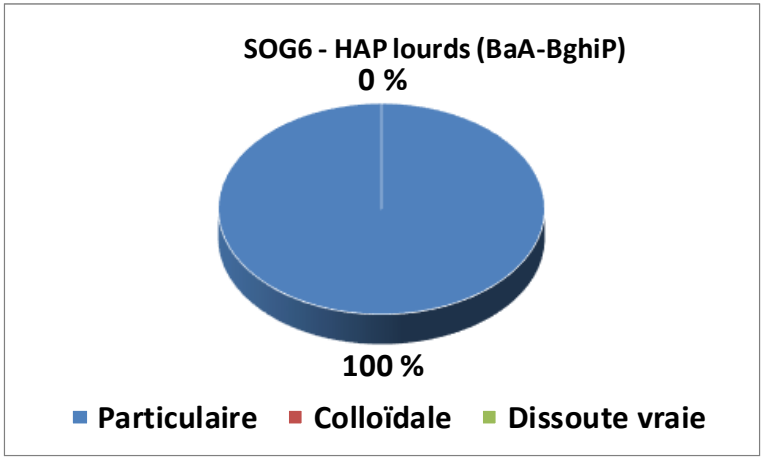
[CAP-O] : même ordre de grandeur que [HAP] > Phe

- Mobilité + toxicité CAP-O > HAP
- Intérêt de l'étude des CAP-O

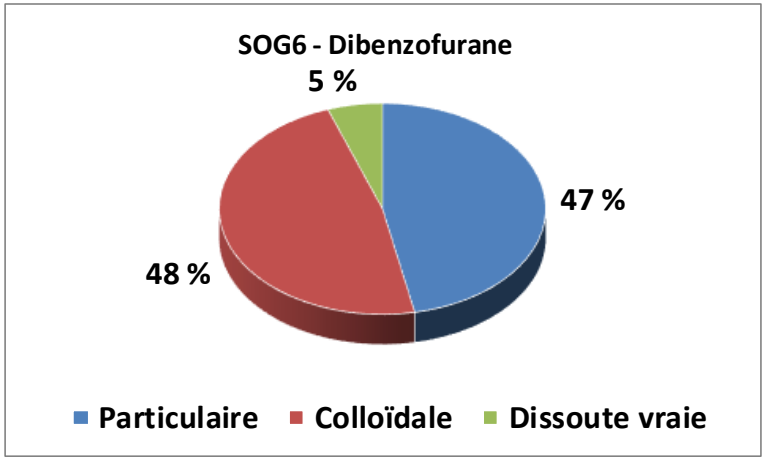


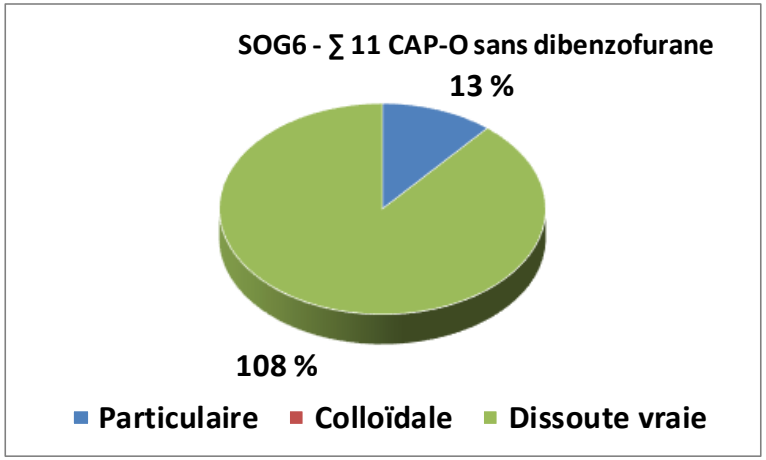
Résultats





- HAP légers : fraction particulaire + dissoute globale (fraction colloïdale majoritaire)
- HAP lourds : exclusivement/majoritairement associés à des particules > 0,5 µm





- Dibenzofurane : fraction particulaire et colloïdale majoritairement
- Autres CAP-O : fraction « dissoute vraie » majoritaire

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable

Conclusion – Résultats marquants

- **Relargage préférentiel** des CAP-O dans l'eau par rapport aux HAP
- **Concentrations** dans les eaux souterraines : **même ordre de grandeur** que HAP
- **Migration** des CAP-O majoritairement sous forme **dissoute** : migration potentielle au-delà des limites d'un site
- **Toxicité** des CAP-O : > toxicité HAP ?

⇒ **Intérêt de la poursuite de l'étude des CAP-O dans les sols**

⇒ **Famille de composés à inclure dans les diagnostics et programmes de surveillance (sites contaminés par des HAP) ?**

Des verrous scientifiques à lever

- **Dosage** des CAP-O dans les sols et les eaux souterraines : collaboration UHA
  - Extraction (liquide/liquide) + dosage (GC-MS) développé
- **Toxicité** des CAP-O : peu de données dans la littérature
  - Contribution à la toxicité ?
- **Transfert** des CAP-O dans les eaux souterraines
  - Mécanismes
  - Hors des limites d'un site
  - Biodégradation

INERIS
maîtriser le risque pour un développement durable