

## Transfert des PCB et HAP de l'atmosphère à la rivière Arc (Alpes Françaises)

### Transfer of PCB and PAH from the atmosphere to the Arc river (French Alps)

J. Marçais<sup>1</sup>, C. Piot<sup>1</sup>, P. Fanget<sup>1</sup>, J. Némery<sup>2</sup>, F. Thollet<sup>3</sup>, E. Naffrechoux<sup>1</sup> et J.L. Besombes<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Savoie-LCME, F-73000 Chambéry, France.

<sup>2</sup> Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, LTHE, F-38000 Grenoble, France.

<sup>3</sup> IRSTEA - UR HH - 5 rue de la Doua, 69626 Villeurbanne, France.

(Corresponding author: [johanna.marcais@univ-savoie.fr](mailto:johanna.marcais@univ-savoie.fr))

## RÉSUMÉ

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les polychlorobiphényles (PCB) sont des polluants organiques persistants d'origine presque exclusivement anthropique. Une fois émis dans le compartiment atmosphérique ces polluants sont transportés à plus ou moins longues distances suivant les conditions météorologiques. Ils sont ensuite transférés à la surface du globe via des dépôts sec (aérosol) ou humide (pluie, neige) pouvant ainsi impacter les milieux éloignés des sources directes de pollution comme les milieux aquatiques de montagne. Notre étude porte sur les transferts des HAP et PCB du compartiment atmosphérique vers le compartiment aquatique. Ces transferts sont étudiés sur l'Arc, rivière à caractère torrentiel qui s'écoule en vallée de la Maurienne. L'objectif de cette étude est de comprendre l'influence du compartiment atmosphérique sur le compartiment aquatique en identifiant sous quelles formes se présentent les HAP et PCB dans l'air et l'eau. Des préleveurs passifs ont été mis en place sur l'Arc : une jauge owen automatisée par des capteurs météorologiques permettant de collecter distinctement les dépôts atmosphériques sec et humide, un préleveur bas débit pour collecter les phases particulaire et gazeuse atmosphériques, des feuilles de silicone pour collecter la phase dissoute dans le compartiment aquatique, et des préleveurs de type ISCO pour collecter les matières en suspensions (MES) dans la rivière. D'amont en aval de la rivière, les concentrations en HAP et PCB dans les différentes phases des compartiments atmosphérique et aquatique seront présentés et discutés.

## ABSTRACT

Sources of persistent organic pollutants like polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) and polychlorinated biphenyl (PCB) are mainly anthropogenic. Once in the atmospheric compartment these pollutants are carried on more or less long range depending on the meteorological conditions. Then, pollutants are eliminated by dry (aerosol) or wet (rain, snow) deposition and may impact remote areas far from pollution sources like mountain's aquatic environment. Our study is about PAH and PCB transfers between the atmospheric and aquatic compartments. These transfers are studied in the Arc river, a torrential river which crosses the Maurienne valley (French alps). This study's aim is to understand the atmosphere effect on the aquatic compartment, by identifying in which pattern PCB and PAH are spread out in air and water. Passive samplers were deployed on the Arc River: an automatic atmospheric sampler with meteorological sensor which allows to distinctly collect atmospheric dry and wet deposits, a low volume air sampler for gas and atmospheric particles, a silicone rubber for sampling dissolve pollutants in the aquatic compartment and ISCO sampler for collecting suspended particulate matter. PAH and PCB concentrations in the aquatic and atmospheric compartments from upstream to downstream river will be presented and pollutants distribution between these compartments will be discussed.

## MOTS CLES

Air-water transfer, mountain environment, PAH, PCB, river.

## 1 CONTEXTE

Les sources d'émissions de polluants dans l'atmosphère sont à l'heure actuelle relativement bien connues. Une fois émis dans le compartiment atmosphérique les polluants atmosphériques sont transportés à plus ou moins longues distances suivant les masses d'air. On les retrouve alors dans l'atmosphère sous différentes formes (particulaire ou gazeuse) puis ils sont éliminés via des dépôts humides (pluie et neige) ou des dépôts secs (aérosols et gaz). Les milieux aquatiques de montagne, qu'ils soient plus ou moins éloignés des sources directes de pollution sont des milieux récepteurs de polluants atmosphériques notamment de polluants organiques persistants (POP). La présence de PCB (polychlorobiphényles) et HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) a ainsi été rapporté dans plusieurs études en milieu de montagne (Daly and Wania, 2004; Fernández et al., 2005)

Les HAP sont des composés organiques toxiques (cancérogène et mutagène) classés prioritaires par l'US-EPA. Ils sont issus de la combustion incomplète de la matière organique, leurs concentrations peuvent alors être importantes en période hivernale en particulier dans les vallées alpines. Les PCB sont eux aussi des composés organiques toxiques CMR (Cancérogène, Mutagène et Reprotoxique), classés groupe 1 par le CIRC en 2013. Ils ont été massivement produits et utilisés dans les années 1930 à 1980 notamment pour leurs propriétés isolantes et diélectriques. Interdits depuis 1987, ils sont encore retrouvés dans tous les compartiments de l'environnement à cause de leur caractère persistant. Une fois transmis du compartiment atmosphérique au compartiment aquatique ces POP peuvent impacter à la fois les ressources en eau et les écosystèmes.

Les mécanismes chimiques de transferts des POP entre les compartiments atmosphérique et aquatique sont aujourd'hui très peu étudiés. Les POP peuvent être transférés directement dans la rivière via des dépôts sec, humide ou gazeux et par lessivage des sols et de la végétation du bassin versant. Une fois dans l'eau, ces POP peuvent être retrouvés sous forme dissoute ou adsorbés aux MES. Plusieurs mécanismes complexes sont impliqués dans ces phénomènes de transferts et peuvent suivant les conditions physico-chimique des composés et climatique, favoriser ou non le transfert d'une phase à l'autre et entre les deux compartiments. L'objectif de cette étude est de comprendre l'influence du compartiment atmosphérique sur le compartiment aquatique en identifiant sous quelles formes se répartissent les HAP et PCB dans l'air et l'eau d'une rivière de montagne et d'évaluer les transferts de POP entre ces deux compartiments.

## 2 METHODE

### 2.1 Site d'étude

La rivière de l'Arc est située en Savoie dans la Vallée de la Maurienne et draine un bassin versant de 1950 km<sup>2</sup>. Longue de 127 km, cette rivière torrentielle prend sa source au glacier des sources de l'Arc à 2700 m d'altitude puis traverse des zones résidentielle et industrielle le long de la vallée jusqu'à la confluence avec l'Isère. Ces caractéristiques permettent d'étudier la dynamique des transferts air-eau entre l'amont qui est localisé en milieu de montagne éloigné des sources directes d'émissions de polluants et l'aval impacté par des activités anthropiques. Trois sites d'études ont été définis le long de l'Arc (Figure1) : Bonneval sur Arc zone rurale située à 1800m d'altitude, Modane zone résidentielle située à 1050m d'altitude au début de la vallée industrielle et Aiton à 286m d'altitude situé avant la confluence avec l'Isère où la pression anthropique est élevée.

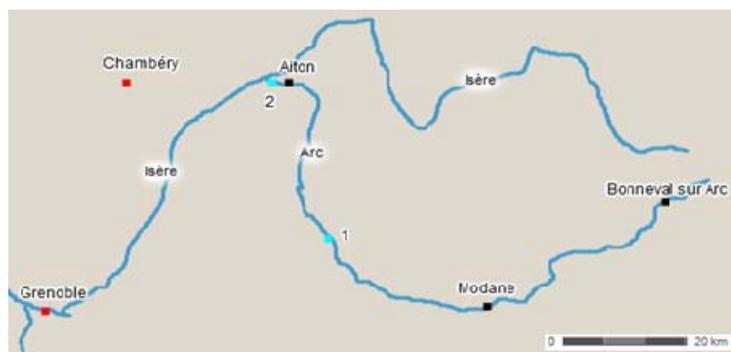


Figure 1 : Localisation des sites d'étude (Carte du réseau hydrique, modifiée sur Geoportail)

## 2.2 Stratégie d'échantillonnage

Des préleveurs passifs des dépôts atmosphériques et des phases dissoute et particulaire en rivière ont été déployés en différents points de proximité ou dans la rivière Arc en Maurienne (Savoie, France) pendant un an d'avril 2014 à mai 2015.

Dans le compartiment aquatique, des feuilles de silicone ont été utilisées pour échantillonner la phase dissoute des trois sites d'étude (Bonneval sur Arc, Modane et Aiton) et deux préleveurs de type ISCO pour échantillonner les matières en suspension (MES) points 1 et 2 figure 1. Le pas de temps d'échantillonnage était de un mois pour chacune des phases permettant d'obtenir un échantillonnage intégré mensuellement. En parallèle, en hiver (2014-2015) et au printemps (2015), un préleveur de dépôts atmosphériques fut déployé à Bessans près de Bonneval sur Arc (zone en altitude afin d'être éloigné des sources directes de pollution pour échantillonner distinctement les dépôts atmosphériques sec et humide ainsi qu'un préleveur bas débit pour collecter les phases gazeuse et particulaire. Ce site permet d'échantillonner les dépôts atmosphériques en altitude et éloigné des zones très anthropisées de la vallée. En été et à l'automne le préleveur atmosphérique étant sur un autre site d'étude, les prélèvements des dépôts atmosphériques n'ont pu être réalisés mais néanmoins nous disposons de mesures de concentrations en HAP dans les particules atmosphériques sur le site de Lanslebourg située à 1400m d'altitude, le long de l'Arc à 12km de Bessans obtenues dans le cadre d'une étude réalisée au LCME.

Dans les compartiments atmosphérique et aquatique, et au sein des différentes phases pour tous les prélèvements les concentrations des 7 PCB indicateurs et de 15 HAP ont été mesurées.

De plus des mesures en continu du débit et de la turbidité de la rivière Arc en différents points sont réalisées (données EDF/IRSTEA) afin de prendre en compte le fonctionnement hydrologique de la rivière dans l'étude du transfert des POP.

Les principaux paramètres météorologiques (vitesse et direction du vent, pluviométrie, température) sont également mesurés en continu en parallèle des prélèvements de dépôts atmosphériques sur le site de Bessans.

## 3 RESULTATS ATTENDUS

L'échantillonnage des différentes phases dans les deux compartiments a permis dans un premier temps d'obtenir les teneurs en HAP et PCB dans l'air et l'eau et dans chaque phase des deux compartiments : dissoute et particulaire dans l'eau ainsi que les dépôts sec, humide et la phase gazeuse dans l'air. Ces résultats permettront de discuter de la répartition de ces polluants entre les différentes phases dans chaque compartiment et ce aux différentes saisons d'une année et d'amont en aval de la rivière.

A partir des résultats de teneurs obtenus, nous étudierons également les profils et la signature chimiques de ces deux familles de POP dans les deux compartiments afin d'évaluer les modifications de signature chimique que peuvent subir ces deux familles de POP lors du transfert entre le compartiment atmosphérique et la rivière. Les comportements des deux familles chimiques seront étudiés distinctement de manière à les comparer entre ces deux familles de composés ayant des propriétés physico-chimiques différentes. Nous discuterons des processus physico-chimiques pouvant être à l'origine de ces modifications de signatures chimiques pour chacune des familles chimiques.

Pour conclure, l'influence du compartiment atmosphérique sur la rivière de l'Arc sera évaluée.

## BIBLIOGRAPHIE

- Daly, G.L., and Wania, F. (2004). Organic Contaminants in Mountains. *Environ. Sci. Technol.* 39, 385–398.
- Fernández, P., Carrera, G., and Grimalt, J. (2005). Persistent organic pollutants in remote freshwater ecosystems. *Aquat. Sci.* 67, 263–273.