



**HAL**  
open science

# Rapport d'étude pour le Contrat Territorial Loire et Affluents Vellaves: “ Comparaison des flux hydrosédimentaires actuel et passé le long d'un transect fluvial de la basse vallée de l'Ance ”

Daniel Doucelin, Hugo Delile, Jean-François Berger

## ► To cite this version:

Daniel Doucelin, Hugo Delile, Jean-François Berger. Rapport d'étude pour le Contrat Territorial Loire et Affluents Vellaves: “ Comparaison des flux hydrosédimentaires actuel et passé le long d'un transect fluvial de la basse vallée de l'Ance ”. Contrat Territorial Loire et Affluents Vellaves. 2023. hal-04374878

**HAL Id: hal-04374878**

**<https://hal.science/hal-04374878>**

Submitted on 5 Jan 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Rapport d'étude pour le Contrat Territorial Loire et Affluents  
Vellaves: « Comparaison des flux hydrosédimentaires actuel et  
passé le long d'un transect fluvial de la basse vallée de l'Ance »**



Equipes scientifique

Partenaires



Communauté de  
communes Marches du  
Velay-Rochebaron



**Stagiaire master 2 :** Daniel Doucelin, Master « Sciences de l'eau » - Univ. Lyon2

**Encadrement du stage :**

Jean-Francois Berger (UMR 5600 EVS/IRG, 06 63 13 91 75 / [jean-francois.berger@univ-lyon2.fr](mailto:jean-francois.berger@univ-lyon2.fr))

Hugo Delile (CRCN Archéorient UMR 5133 CNRS) (06 82 73 66 53 / [hugo.delile@cnrs.fr](mailto:hugo.delile@cnrs.fr))

**Suivi Epage Loire-Lignon :** Jonathan Russier, chargé de mission

## Sommaire :

### Remerciements

1.	PRESENTATION DU SITE D'ETUDE :	2
1.1.	Contexte :	2
1.2.	Caractéristique physiques et chimiques de la partie septentrionale du bassin versant de l'Ance :	2
1.2.1.	Localisation et description des barrages :	3
1.2.2.	Description du régime hydrologique et du climat :	4
1.2.3.	Caractéristiques géologiques de la vallée de l'Ance :	6
1.3.	Description de l'occupation du sol :	7
2.	METHODOLOGIE :	8
2.1.	Stratégie retenue pour l'échantillonnage sédimentaire :	8
2.2.	Recherche d'un fond géochimique « naturel » dans les archives sédimentaires de l'Ance :	12
2.3.	Moyens analytiques pour la mesure des micropolluants particuliers :	15
2.4.	Stratégie retenue pour l'échantillonnage dans le dissout :	16
2.4.1.	Moyens analytiques pour la mesure des micropolluants dans le dissout :	17
3.	BILAN DE LA CONTAMINATION :	18
3.1.	Les Éléments Traces Métalliques (ETM) :	18
3.1.1.	Fraction dissoute :	18
3.1.2.	Fraction particulaire :	19
3.1.3.	Comparaison avec la Loire et les fleuves français :	20
3.1.4.	Distribution spatiale des ETM dans le bassin de l'Ance :	20
3.2.	Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) :	25
3.2.1.	Niveau de contamination de l'Ance :	26
3.2.2.	Source potentielle de contamination :	28
3.3.	Micropolluants urbains (produits pharmaceutiques et pesticides) :	29
3.3.1.	Fraction dissoute :	30
3.4.	Fraction particulaire :	33
	CONCLUSIONS :	35
	ANNEXES	

## Remerciements :

Je voudrais dans un premier temps remercier mes deux tuteurs de stage, Jean-François Berger et Hugo Delile pour leur patience, disponibilité et surtout leur judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion quotidienne. Ce stage a été très challengeant pour moi et je vous en remercie.

J'aimerais remercier Adrien et Vincent de l'OMEEA, pour leur aide quotidienne sur les manipulations dans le laboratoire de chimie et de sédimentologie. Votre patience, pédagogie et bonne humeur ont été très appréciables.

Je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'université de Lyon 2 présente dans les locaux pour leur précieux conseils et leur bonne humeur.

Nous tenons à témoigner toute notre reconnaissance aux membres de l'association Mouv'Ance et les remercier pour leur aide sur le terrain durant nos deux journées de carottages.

Nos remerciements s'adressent également aux membres de l'INRAE du laboratoire de chimie environnementale de Riverly, à savoir Aymeric DABRIN, Cécile MIEGE et Mathieu MASSON.

Nous remercions Mr Philippe Marchand, responsable du Laboratoire d'Etude des Résidus et Contaminants dans les Aliments de Nantes, d'avoir effectué la totalité des mesures de HAP à titre gracieux pour le besoin de cette étude.

Nous aimerions remercier également le maire de Saint-André de Chalencon, qui a gracieusement mis à ma disposition, un logement pour la période consacrée à l'échantillonnage. Je tiens à remercier également l'Epage Loire Lignon pour avoir rendu ce projet réalisable.

**Commenté [HD1]:** À insérer au début du rapport ou à la fin dans une section dédiée aux remerciements (LABERCA, LSCE, INRAE, OMEAA, association etc.)

Les barrages et les seuils en rivières sont des infrastructures qui, par construction, modifient les flux liquides, les flux solides, les flux de matières et d'organismes et le régime thermique des cours d'eau sur lesquels ils sont implantés. Il s'en suit des transformations des fonctions générales de ces cours d'eau ayant de nombreux liens avec les services écosystémiques qu'ils assurent (régulation des flux sédimentaires, hydriques, organiques, régulation thermique, dépollution, biodiversité, équilibres dynamiques des zones aval fluviales et côtières...) (Souchon et Nicolas 2011). Depuis quelques années, les syndicats et les associations œuvrant pour la protection du territoire et du milieu aquatique, ont constaté une diminution de la biodiversité dans le cours d'eau de l'Ance à l'aval du barrage de Passouira. Le principal objectif de cette étude fut d'évaluer l'impact potentiel du barrage hydraulique (EDF-Passouira) sur la qualité chimique des eaux de l'Ance susceptible d'être elle-même responsable de la dégradation constatée de la biodiversité. Cet ouvrage construit en 1916 a court-circuité les flux hydro-sédimentaires de la rivière dans sa partie la plus encaissée (entre Laprat et Chalencou). Ses lâchers d'eaux et de sédiments réguliers et potentiellement contaminés (sous forme de matière en suspension) impactent-ils les écosystèmes fluviaux situés en aval (cf. la baisse de la biodiversité et de la démographie des populations piscicoles identifiée en particulier), ou existe-il une pollution systémique contemporaine à l'échelle du bassin versant de l'Ance, qu'il nous faut encore identifier et caractériser ?

Suite à ces observations et aux questionnements associés, l'Épage Loire-Lignon, agissant sur ce périmètre hydrographique, a souhaité engager une étude (Suivi J. Russier), financée à hauteur de 10500 euros. Celle-ci a été réalisée par le CNRS (UMR 5600 EVS, Université de Lyon) avec l'aide d'un stagiaire en master Science de l'eau (Université Lyon 2-Macon) (fig.1). La communauté de communes « Marches du Velay-Rochebaron », via son président (X. Delpy), s'est engagée à faciliter les missions d'acquisition de données sur le terrain par la mise à disposition d'un hébergement à titre gracieux pour le stagiaire.

Partenaires	Equipes scientifique
	
	
	
<b>Stagiaire master 2 :</b> Daniel Doucelin Master « Sciences de l'eau » - Univ. Lyon2	
<b>Encadrement du stage :</b> Jean-Francois Berger (UMR 5600 EVS/IRG, 06 63 13 91 75 / <a href="mailto:jean-francois.berger@univ-lyon2.fr">jean-francois.berger@univ-lyon2.fr</a> ) Hugo Delile (CRCN Archéorient UMR 5133 CNRS) (06 82 73 66 53 / <a href="mailto:hugo.delile@cnrs.fr">hugo.delile@cnrs.fr</a> )	
<b>Suivi Épage Loire-Lignon :</b> Jonathan Russier, chargé de mission	

*Figure 1. Cadre collaboratif, administratif et encadrement scientifique du projet « Ance »*

L'un des premiers objectifs était de produire, rassembler et gérer des données visant à caractériser les stocks et les flux sédimentaires de la vallée de l'Ance, ainsi que les pollutions associées à ses sédiments, mais aussi à évaluer les risques en terme de déstockage actuel ou futur (plaines alluviales, barrages...); ces informations pouvant être un appui à la prise de décision auprès des gestionnaires et des élus locaux, et être diffusées pour informer la population sur les risques ou impacts potentiels. Il nous faut néanmoins rappeler, en amont de ce rapport, qu'il ne nous a pas été autorisé à prélever des sédiments dans les aires ennoyées en amont immédiat des 2 barrages (Passouira et le Plot), ce qui a limité de fait nos investigations sur notre évaluation des accumulations potentielles de polluants depuis près de un siècle, et sur les risques inhérents en cas de déstockage sédimentaire des dits barrages dans un avenir plus ou moins lointain.

## **1. Présentation du site d'étude :**

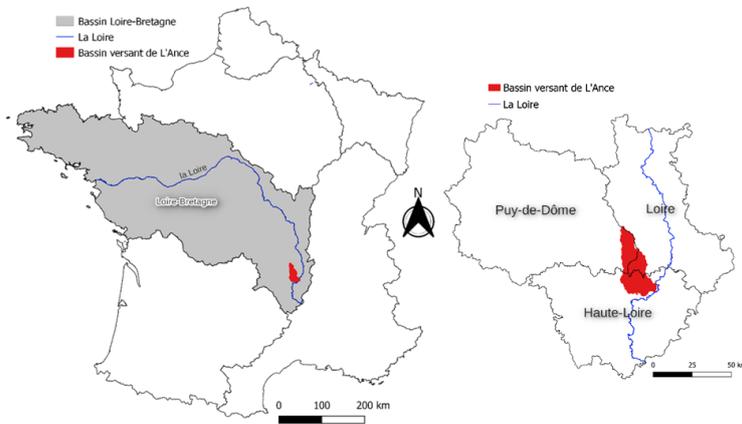
### **1.1. Contexte :**

En 1994, un projet de thèse, celui de Sylvie VALENTIN, s'est intéressé à l'impact du barrage de Passouira sur l'effet écologique des éclusées hydroélectriques. Ses conclusions soulignent l'importance des conditions morphologiques de base du cours d'eau. L'Ance présente une morphologie naturelle diversifiée avec une granulométrie grossière qui compense le degré d'artificialisation du régime hydraulique du barrage. Un débit plancher faible dans le cours d'eau de l'Ance, créant des conditions lenticques, causerait des déstructurations et des dysfonctionnements majeurs. Un débit plancher de base soutenue est moins impactant, seules certaines espèces aux stades juvéniles y sont sensibles. L'effet croissant des éclusées, conjugué à la perte de diversité morphologique et granulométrique (tracé rectifié, substrat homogène, pente modifiée) du cours d'eau, constituerait un facteur aggravant.

Les pressions liées à la modification artificielle du régime hydraulique sont réelles mais non significatives. Par conséquent il est ainsi légitime de se questionner sur une perte de biodiversité de l'Ance à l'aval du barrage qui serait associée à la dégradation de son état chimique.

### **1.2. Caractéristiques physiques et chimiques de la partie septentrionale du bassin versant de l'Ance**

L'Ance ou l'Ance du Nord est un cours d'eau français qui prend sa source dans les monts du Forez à 1400 mètres d'altitude à la limite des communes de Valcivières et de Saint-Anthème. Situé dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, au nord-ouest de la ville de Saint-Etienne et au sud-est de Thiers, elle traverse les départements du Puy-de-Dôme, de la Loire et de la Haute-Loire (Fig. 2). L'Ance conflue avec la Loire à 449 mètres d'altitude, à l'amont immédiat de Bas-en-Basset.

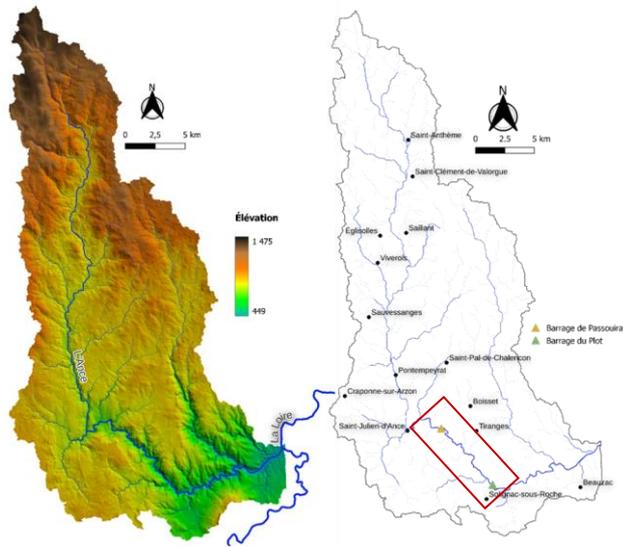


**Figure 2.** Localisation du bassin versant de l'Ance (en rouge) par rapport à celui de la Loire (en grisé) et des 3 départements dans lesquels il s'étend.

### 1.2.1. Localisation et description des barrages

Le barrage de Passouira a été construit en 1916 dans sa partie la plus encaissée à 24,2 km de sa confluence avec la Loire. Nous pouvons distinguer deux secteurs organisés autour de l'aménagement du barrage : un secteur court-circuité et un secteur influencé par les éclusées (Fig. 3). À l'amont du barrage du Passouira, une micro-centrale fonctionne au fil de l'eau. À l'aval de celui-ci, un canal de dérivation, d'une longueur de 7190 mètres dont 3847 mètres en souterrain, fournit l'eau à l'usine hydroélectrique du Moulas et court-circuite 9 kilomètres de rivière. Ce secteur encaissé est situé dans des gorges entre Saint-André-de-Chalençon et Beauzac. Son débit réservé est de  $470 \text{ l/s}^{-1}$  (10 % du module) du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars et de  $800 \text{ l/s}^{-1}$  (18 % du module) du 1<sup>er</sup> avril au 30 septembre. Le Plot est un barrage de faible envergure ( $20\,000 \text{ m}^3$  utile) qui est localisé plus en aval. Il réceptionne les eaux turbinées par l'usine du Moulas par éclusées de 5, 8 ou  $12 \text{ m}^3/\text{s}^{-1}$ . Il s'agit d'un barrage de compensation destiné à maintenir un débit plancher (1/6 du module) soutenu entre les éclusées, tant que le débit entrant en amont est au moins égal à cette valeur.

Commenté [HD2]: En aval de quoi ?

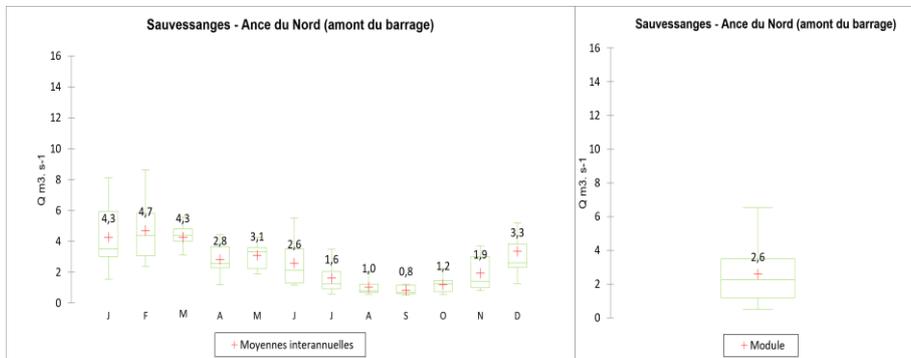


**Figure 3.** Topographie du bassin de l'Ance et localisation du Barrage de Passouira et du Barrage du Plot

### 1.2.2. Description du régime hydrologique et du climat

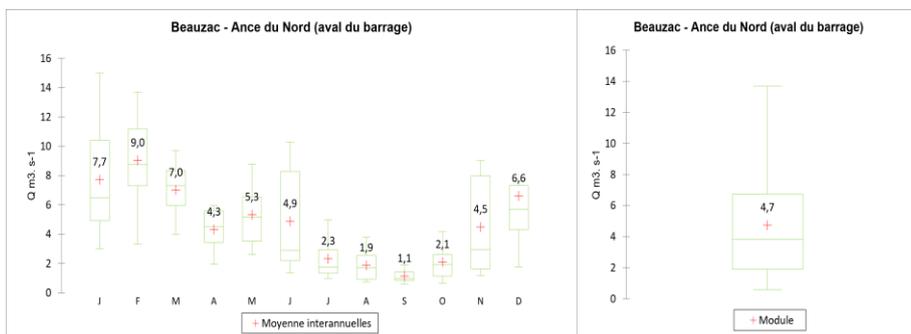
De par sa position géographique, l'Ance présente des fluctuations saisonnières de débit assez modérées. En effet, la vallée de l'Ance, située dans la partie médio-orientale du Massif central, est sous l'influence d'un climat à la fois océanique, continentale et montagnarde. Les monts du Forez sont le point culminant de cette vallée. Ils reçoivent directement les vents pluvieux de l'ouest, majoritairement stoppés par les monts du Livradois, plus à l'ouest.

L'Ance est une rivière relativement puissante en raison d'une pente moyenne assez marquée de 9,1 m/km (calculée selon la méthode de Benson, 1959). Le régime hydrologique est de type pluvio-nival. A l'amont du deuxième affluent principal de l'Ance, le Lembron, le module interannuel est d'environ  $2,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Fig 4). Le débit moyen mensuel de la période des hautes eaux est d'environ  $3,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en hiver et au printemps ; et de  $1,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  en été et à l'automne. Le débit moyen d'étiage (moyenne des débits moyens mensuels des mois les plus secs) est d'environ  $0,93 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



**Figure 4.** Moyennes interannuelles des débits moyens mensuels et écarts type sur l'Ance du Nord à Sauvessanges, en amont du barrage de Passouira, sur la période 2014 – 2021 (source : Banque Hydro)

A l'aval du principal affluent, l'Andrable, le module interannuel est d'environ  $4,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (Fig. 5). La période des hautes eaux est caractérisée par un débit moyen mensuel de  $6,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et il est de seulement  $3,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  au cours des basses eaux. Le débit moyen d'étiage est d'environ  $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



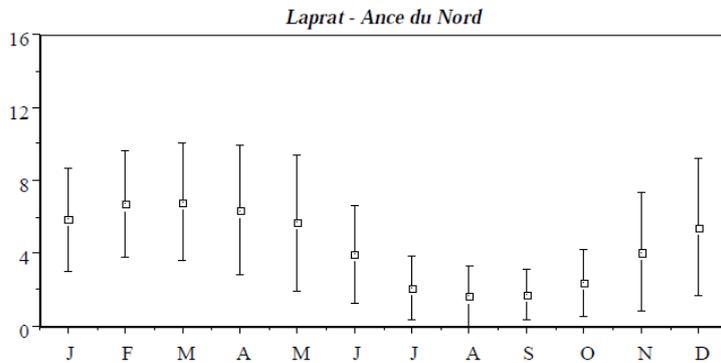
**Figure 5.** Moyennes interannuelles des débits moyens mensuels et écarts type sur l'Ance du Nord à Beauzac, à l'aval du barrage de Passouira, sur la période 2014 – 2021 (source : Banque Hydro)

Les données des débits mensuels ont été recueillies sur le site internet de la banque nationale de données sur l'hydrométrie et l'hydrologie (Banque HYDRO) du ministère de l'Écologie et du Développement durable (<http://www.hydro.eaufrance.fr/accueil.html>). Les valeurs prises en compte sont celles qui correspondent aux stations limnigraphiques de la station de Sauvessanges et celle de Beauzac (fig. 4 et 5). Les barrages de Passouira et du Plot se situent entre ces deux stations. Le débit enregistré à Sauvessanges à l'amont du barrage est donc celui d'un régime naturel.

Les travaux de thèse de Sylvie Valentin portant sur ce secteur (1995) ont permis d'identifier des chroniques de débits enregistrées de 1948 à 1990 par EDF (Fig. 6). La station se situait à

**Commenté [HD3]:** Il suffit d'indiquer dans la légende de la figure du dessus ([...] source : Banque HYDRO), non ?

Laprat à l'amont du barrage et enregistré un module de  $4,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  et un débit moyen d'étiage égal à  $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .



**Figure 6.** Moyennes interannuelles des débits moyens mensuels et écarts types sur l'Ance du Nord à Laprat, en amont du barrage de Passouira, sur la période 1948-1990 (source : S.Valentin, 1994)

### 1.2.3. Caractéristiques géologiques de la vallée de l'Ance

La connaissance de la composition minéralogique et géochimique du socle crustal du bassin versant est un prérequis nécessaire pour distinguer une contribution en éléments traces métalliques (ETM) d'origine naturelle d'une contribution associée à des activités humaines . Les monzogranites (famille des granitoïdes) sont prédominantes dans le bassin versant de l'Ance. On les retrouve également sous l'appellation « granite monzonitique » (Fig. 7). Cette roche est composée d'orthose (feldspath alcalins) et de plagioclases (feldspath calcosodiques) en quantités équivalentes. Les feldspaths alcalins sont communs dans les roches plutoniques qui recouvrent la majeure partie du bassin versant (cf diagramme de la figure 7). Les feldspaths forment le groupe de minéraux le plus volumineux de la croûte terrestre. Les biotites sont également identifiables dans les monzogranites. On les rencontre dans les roches métamorphiques (gneiss, granulites) et volcaniques. Le monzogranite assure la transition entre les granites et les granodiorites : les teneurs en calcium (Ca), fer (Fe) et magnésium (Mg) sont équivalentes dans ces roches.

La géochimie présentée sur la carte (Fig. 7), nous permet de relier la composition chimiques des granites et leur minéralogie. Les feldspaths sont les composantes majeurs des granitoïdes, présentant des relations simples entre Al (aluminium), Na (Sodium), K (Potassium) et Ca (calcium). La géochimie peralumineuse est dominante sur le bassin versant de l'Ance. Elle nous permet de distinguer la nature du magma et les éléments majeurs. Après la formation des feldspaths à partir des éléments disponibles, l'aluminium restant va former des minéraux riches en aluminium comme de la muscovite, cordiérite, toumaline ou du grenat. La cordiérite et la muscovite sont représentées majoritairement dans les formations du Dôme anatectique, du Dôme migmatitiques et du complexe du Velay (annexe 1).

Les basaltes sont les témoins l'activité volcanique tertiaire et se distinguent sur la carte en bleu et vert (Fig. 7). Cette roche est essentiellement composée de plagioclases, de pyroxènes, d'olivine et de magnétite. Les basaltes se distinguent selon leur taux de saturation en silice comme la basanite, le quartzite ou encore le basalte tholéitique (basalte saturé en silice).

Notre secteur d'étude (bassin médian) apparaît lithologiquement beaucoup plus varié que le bassin supérieur à monzogranites et migmatites, avec potentiellement une signature géochimique plus différenciée spatialement (granitoïdes, leucogranites, migmatites, basanites (basaltes) et même marnes tertiaires) (fig.7 et 12).

**Commenté [HD4]:** Je ne comprends pas si la phrase renvoie à la composition de la zone d'étude et de la partie supérieure, à préciser

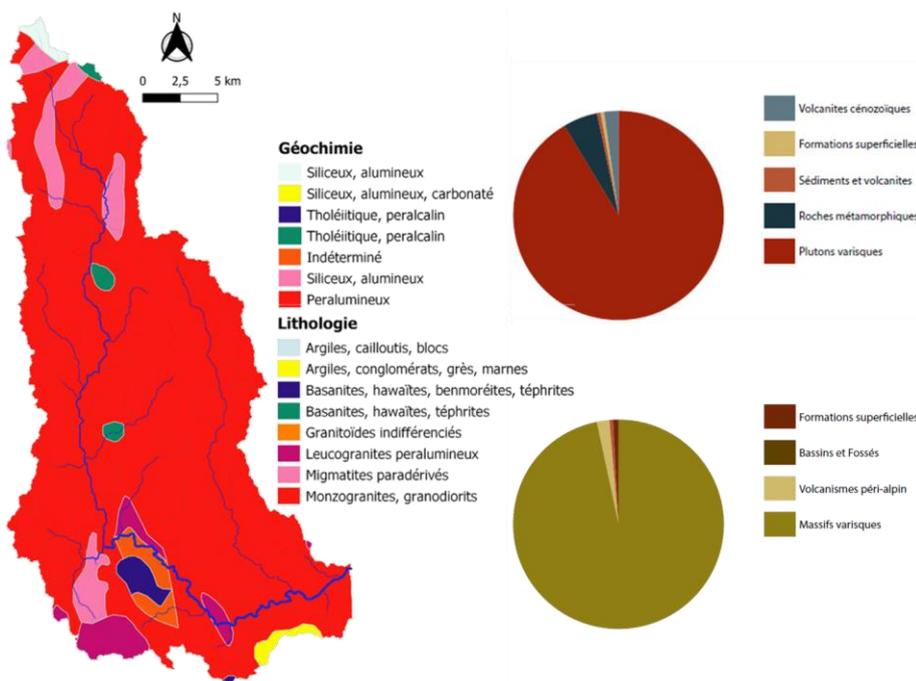


Figure 7. Cartographie de la géologie et de la composition géochimique du bassin versant de l'Ance (d'après la carte du BRGM au 1/100 000)

### 1.3. Description de l'occupation du sol

L'occupation du sol du bassin versant de l'Ance est aussi un paramètre à considérer puisqu'elle est susceptible de générer des cortèges de contaminants. D'après la base de données spatiales de Théia de 2020, l'occupation du sol est principalement marquée par une couverture forestière (52 %)(fig.7), surtout dans sa partie amont (Puy-de-Dôme et Loire). Celle-ci est dominée essentiellement par une végétation semi-naturelle (présence de la sylviculture) qui comprend les conifères (39,7 %), les feuillus (12,3 %), les landes (4,2 %) et les pelouses (0,4 %). Ces formations arborées sont principalement concentrées sur les versants des vallées

**Commenté [HD5]:** Il y a un problème avec cette carte : les couleurs de la carte renvoient à quelle légende (géoch ou litho ? ). Pas clair

**Commenté [dd6R5]:** Les deux. Par exemple pour le Siliceux, alumineux (légende géochimie), nous avons des argiles, cailloutis et blocs (légende lithologie). J'ai modifié manuellement les couleurs de la lithologie pour faire correspondre avec la géochimie.

**Commenté [HD7]:** Quel pourcentage la couverture forestière ?

fluviales à partir du bassin moyen. Le bassin présente également un fort taux d'occupation de terres agricoles (40,8 %). Les cultures étant essentiellement dominées par les prairies (34,1 %), les céréales à paille (4,4 %) et le maïs (2,2 %). Les surfaces non végétalisées, à savoir les surfaces imperméables et la surface en eau, représentent 2,5 %. Dans les surfaces imperméables, l'urbain diffus est majoritairement représenté (2,45 %), les routes ne représentent que 0,03 % de la surface totale. Les principales zones urbaines sont celles associées aux villes de Beuzac (à l'aval immédiat de la confluence de l'Ance avec la Loire) et de Craponne/Arzon (centre-ouest du bassin) (Fig. 8).

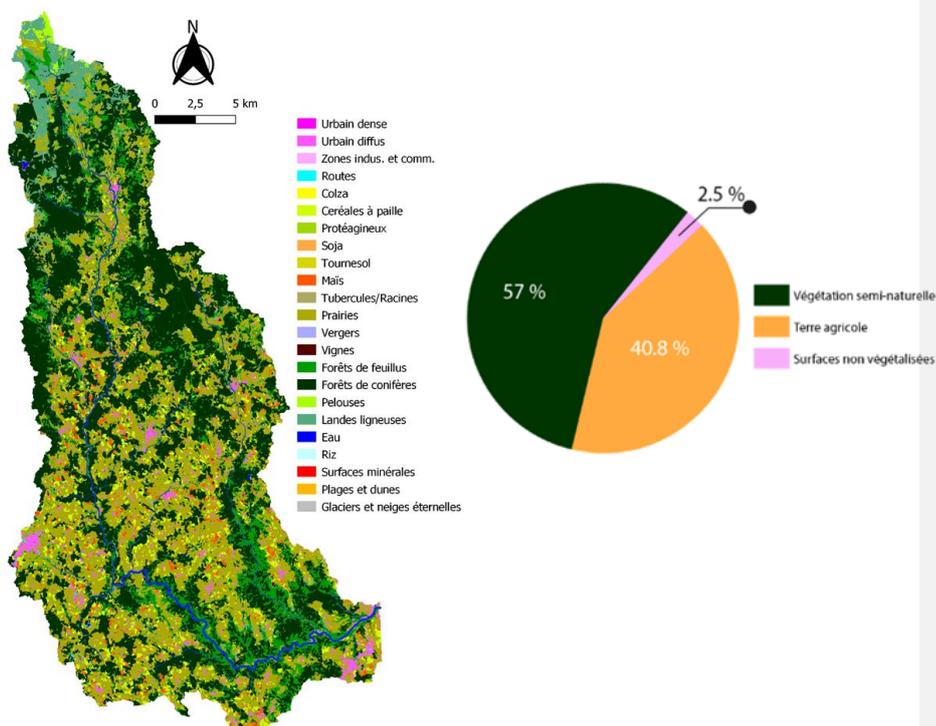


Figure 8. Carte de l'occupation du sol du bassin versant de l'Ance (Théia, Sentinel 2, 2021)

## 2. Méthodologie

### 2.1. Stratégie retenue pour l'échantillonnage sédimentaire

Nous savons encore très peu de choses sur la façon dont la variabilité spatiale des propriétés intra-bassin (par exemple, le relief, la géologie, la géomorphologie, la végétation, le climat) interagit avec les activités humaines pour influencer le transfert des sédiments de la source aux zones de stockage. Afin d'évaluer les sources principales de production sédimentaires du bassin, l'impact du barrage sur le stockage et le rejet de micropolluants ainsi que le gradient

anthropique (facteur d'enrichissement), l'échantillonnage a été conduit selon une logique « source – puit ». Les zones jouant le rôle de sources importantes de sédiments sont identifiées à l'aide de diverses techniques de traçage géochimique à partir desquelles les principaux réservoirs sédimentaires sources, ainsi que leur contribution relative au budget sédimentaire de l'Ance pourront être évalués. Ces prélèvements ont intégré les sédiments de fond de lit subactuels (disponibles dans les zones de replats topographiques) les plus fins possibles (limon et limon-sableux) et les sédiments actuels (dépôts de crue récents) présents sur les berges au niveau d'une rupture du courant et/ou d'un obstacle à l'écoulement de type embâcle de berge (entre 0.40 et 1.00m au-dessus du lit actif) (Fig. 9).

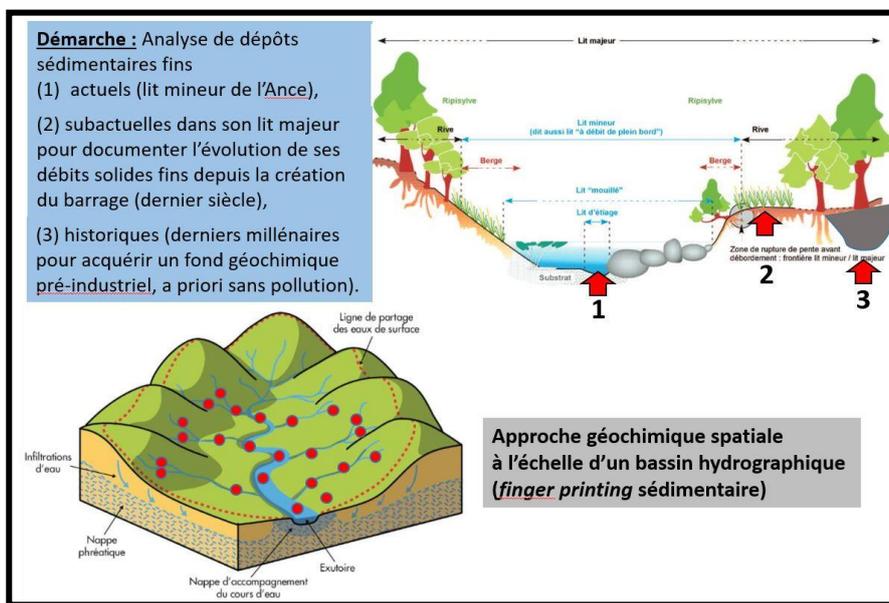


Fig. 9. Stratégie de la démarche d'échantillonnage « source-puits » utilisée.

Des prélèvements sédimentaires ont donc été réalisés le long du linéaire du cours d'eau de l'Ance en amont et en aval du barrage dans ses parties aval et médiane (à partir de Pontempeyrat) au niveau de chaque affluent et de chaque confluence (Fig. 10). Les sédiments les plus fins ont été récoltés car les micropolluants inorganiques et organiques dépendent fortement de la capacité d'adsorption des sédiments, elle-même tributaire de la taille des particules (plus favorable pour le limons et argiles). Les sédiments ont été placés dans des sachets en plastique de type mini-grip pour le transport et le stockage temporaire en chambre froide à la plateforme OMEAA de l'Université Lyon 2 (UMR 5600 EVS et 5133 Archéorient).

Sept affluents du bassin moyen de l'Ance (sous-bassins versants) ont été sélectionnés de façon à représenter la variabilité lithologique et l'occupation du sol contrastée de la zone d'étude dans son bassin médian. Il s'agit en rive droite des ruisseaux du Lembron (qui intègre une partie des communes de Craponne/Arzon, de Saint-Georges Lagricol et de Saint-Pierre du

Champs) et de la Bertre (qui intègre les communes de Saint-André de Chalencon et de Solignac-sous-Roche), et en rive gauche du Merdary et du Chandieu (qui intègrent une partie des communes d'Apinac et de Saint-Pal en Chalencon), de l'Herm et du Moulinet (qui intègrent une partie des communes de Boisset et de Tiranges) et du Cros (commune de Tiranges) (Fig. 8). Le taux d'occupation des sols indique des sous-bassins en rive gauche fortement agricoles avec une surface pastorale dominante (fig.8). Le bassin de Lembron s'étend sur une surface de 50,2 km<sup>2</sup> avec une occupation dominée par les terres agricoles (61 %), une surface non végétalisée de 5.5 % et une végétation semi-naturelle de 33.5 %.



**Fig. 10.** Photographie de quelques lits fluviaux échantillonnés au printemps 2022, depuis le corridor de l'Ance jusqu'aux têtes de sous-bassins versants de ces principaux affluents.

Il s'agit du sous-bassin ayant le plus fort taux de surfaces non végétalisées, car associé à la plus grande commune du bassin versant de l'Ance (Craponne-sur-Arzon). Celui de la Bertre s'étend sur 20,3 km<sup>2</sup>. Son occupation est dominée par les terres agricoles (55%), la surface non végétalisée occupe 2% et la végétation arborée 43 %. Le Merdary s'étend sur 5.3 km<sup>2</sup>, ses terres agricoles dominent à hauteur de 73%, la surface non végétalisée représente 4 % et la végétation arborée 23 %. Ce bassin présente le taux de terres agricoles le plus important de l'échantillonnage. Le Chandieu s'étend sur 25,7 km<sup>2</sup> et indique un taux d'occupation de terres agricoles de 64 %, une surface non végétalisée de 4% et une végétation de 32 %. L'Herm présente une surface d'environ 13 km<sup>2</sup>, un taux d'occupation de terres agricoles de 70 %, une surface non végétalisée de 2 % et une végétation à hauteur de 28 %. Le bassin du Moulinet s'étend sur 5,6 km<sup>2</sup>, l'occupation est dominée par les terres agricoles (59%), la surface non végétalisée occupe 3 % et la végétation arborée 38 %. Le bassin du Cros s'étend sur environ 5

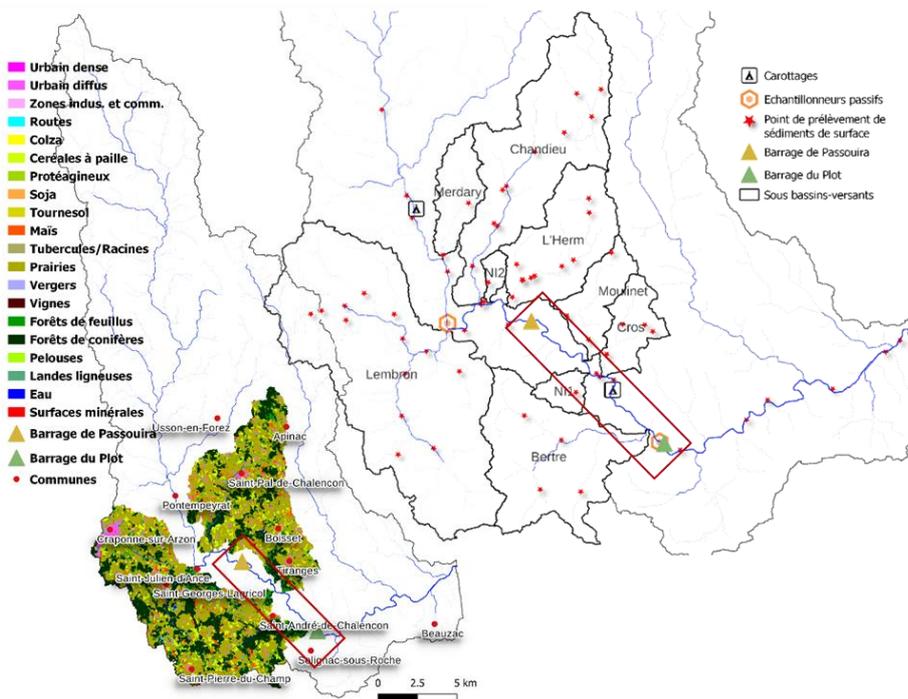
km<sup>2</sup> avec un taux d'occupation de terres agricoles de 67 %, une surface non végétalisée de 4 % et une végétation arborée à hauteur de 29 %. NI1 et NI2 représentés sur la carte occupent de très petites surfaces (2 et 1 km<sup>2</sup>) avec une domination des terres agricoles (64 % et 93 %), une surface non végétalisée de 2 et 1 % et une végétation de 34 et 6 %.

Ces données proviennent de la carte d'occupation des sols de Théia et ont été croisées avec un modèle numérique de terrain de résolution 25m sur Qgis.

**Commenté [HD8]:** Mais qu'est ce que c'est ?

**Commenté [dd9R8]:** Ce sont deux sous-bassin versant échantillonnés mais avec des cours d'eau non nommés

**Commenté [HD10]:** Un tableau aurait été plus efficace



**Figure 11.** A/ Le bassin versant de l'Ance avec position de la zone d'étude avec le détail sur son occupation du sol. B/ Stratégie d'échantillonnage du lit de l'Ance de l'amont et à l'aval du barrage de Passouira et de 9 sous bassins-versants proximaux (délimités par des traits noirs).

**Commenté [HD11]:** Remplacer "échantillonnage des sédiments" par point "point de prélèvement de sédiments de surface" + définir "échantillonneur passif" en légende

**Commenté [HD12]:** Titre à revoir. Je comprends le "avec position de la zone d'étude"

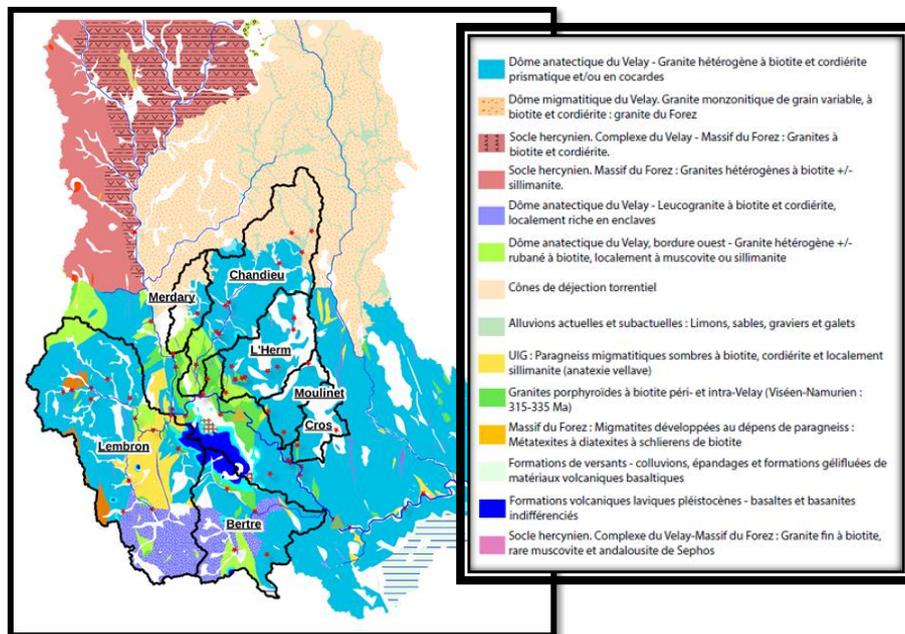
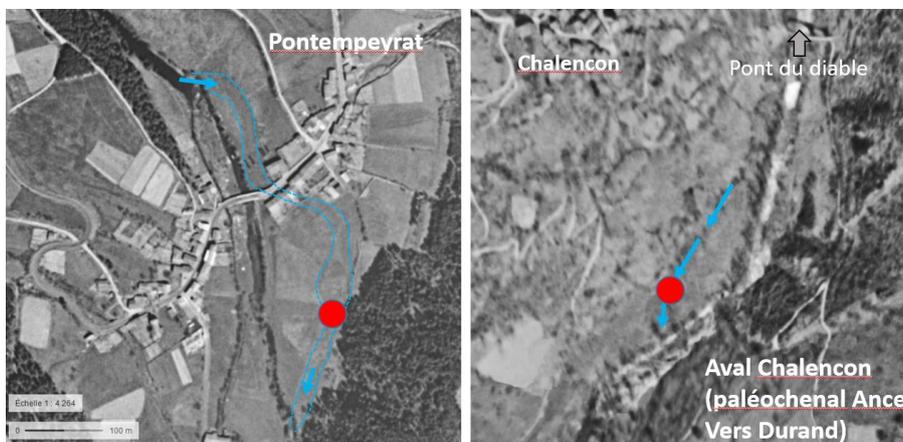


Figure 12. Carte géologique au 1/50<sup>e</sup> du bassin versant de l'Ance (source BRGM) avec délimitation des sous bassins versants (traits en gras noirs) et des échantillons sédimentaires prélevés dans les lits mineurs (étoiles rouges).

## 2.2. Recherche d'un fond géochimique « naturel » dans les archives sédimentaires de l'Ance

Une des solutions existantes pour évaluer le bruit de fond géochimique ambiant (c'est-à-dire pré-industriel) consiste à recourir aux archives sédimentaires anciennes (antérieures au XVIII<sup>e</sup> s.). A cet égard, un travail de photo-interprétation de sections de l'Ance a été effectué au début de l'année 2022 à partir de photos aériennes de l'IGN de 1955. Cette approche méthodologique a permis d'identifier d'anciens bras-morts de la rivière, non actifs depuis plusieurs siècles.



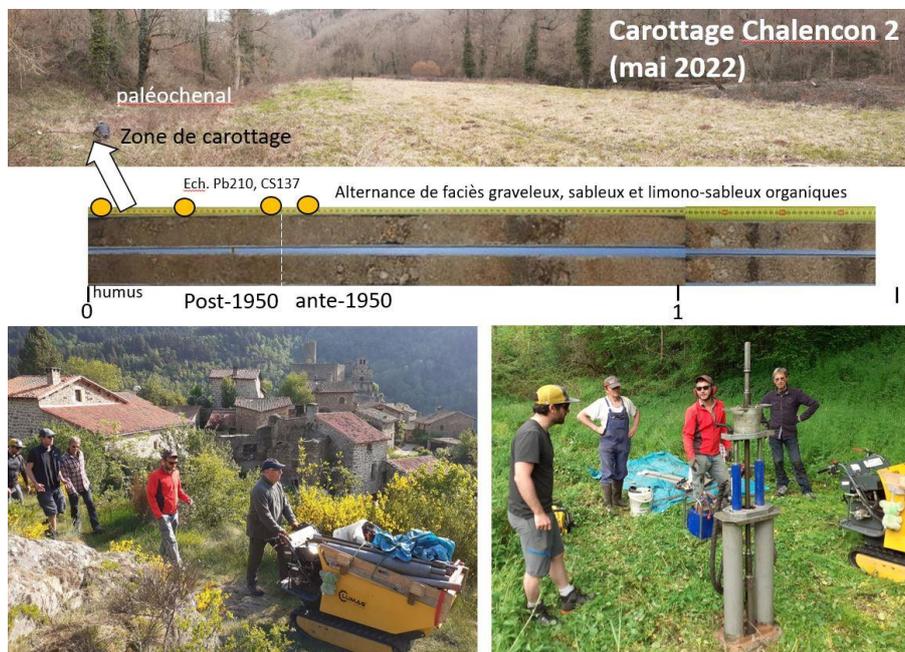
**Figure 13.** Localisation des deux sites de carottage dans le corridor fluvial de l'Ance sur fond photographique IGN de 1955. Image de gauche : paléochenal au sud-ouest de Pontempeyrat ; Image de droite : paléochenal en aval de Chalencon (lieu-dit Durand). Cercle rouge : point de carottage thermique chemisé.

Les deux sites identifiés qui présentent des paléochenaux susceptibles d'avoir intégré le signal géochimique préindustriel sont localisés en amont et en aval du barrage de Passouira, respectivement au niveau des sites de Pontempeyrat et Chalencon-apruiute (Fig. 13). Des carottages manuels (avec une tarière-gouge de 3 cm de section) ont été réalisés lors d'une première prospection de terrain afin de localiser les secteurs les plus propices à un carottage thermique. Une seconde opération de carottage, cette fois-ci thermique, a été menée au mois de mai 2022. Celle-ci a nécessité l'emploi de matériel de carottage à percussions (Cobra) et l'extracteur hydraulique de la plateforme OMEAA, ainsi que l'aide logistique sur le terrain de certains membres de l'association Mouvance et de trois membres du CNRS des UMR EVS et Archéorient (fig. 14). Cette campagne de carottage a duré deux jours au cours desquels quatre carottes ont été prélevées.

Plusieurs carottes ont été effectuées sur le site de Chalencon, mais une seule carotte a pu atteindre la profondeur de 1.5 m (Chal-2b), avant de butter sur la charge de fond grossière graveleuse du bras-mort. Dans la plaine alluviale distale de l'Ance à Pontempeyrat, deux carottes ont été effectuées de part et d'autre d'un fossé drainant le paléochenal identifié. La carotte 2ab de 2.1 m, la plus dilatée, s'est, elle aussi arrêtée sur la charge de fond grossière sablo-graveleuse du bras-mort.

Les carottes ont ensuite été transportées à la plateforme OMEAA du campus de Bron pour être stockées en chambre froide, puis ouvertes en deux demi-sections pour des observations (descriptions et photographie) et leur échantillonnage pour des analyses diverses (radiocarbone, Pb<sup>210</sup> et Cs<sup>137</sup>, core scanner XRF et pistolet XRF (fluorescence X)).

Commenté [HD13]: À vérifier ... Amont / aval = site X et Y



**Fig. 14.** Campagne de carottage du paléochenal de Chalencon-apraite avec l'équipe Mouvance et celle d'OMEAA-EVS/Archéorient. Position du carottage, log lithologique avec position des échantillons de  $Pb^{210}$  et  $Cs^{137}$ , et photographies de l'équipe en action.

Sur la carotte du bras-mort de Pontempeyrat, deux dates radiocarbone ont été effectuées sur des charbons de bois (à 0.76m) et sur un fragment de bois flotté (à 1.51m) au laboratoire de Poznan (Pologne). Le niveau daté dans la carotte supérieure (0.76m) présente un âge de  $1050 \pm 30$  BP (Poz-152437), soit en donnée calibrée compris entre 896-1034 ap. J.-C. et celui de la carotte inférieure (1.51m) présente un âge de  $3870 \pm 30$  BP (Poz-152323), soit en donnée calibrée compris entre 2462-2208 av. J.-C. (fig. 15). Aucune date radiocarbone n'a été réalisée sur la carotte Chal-2b.

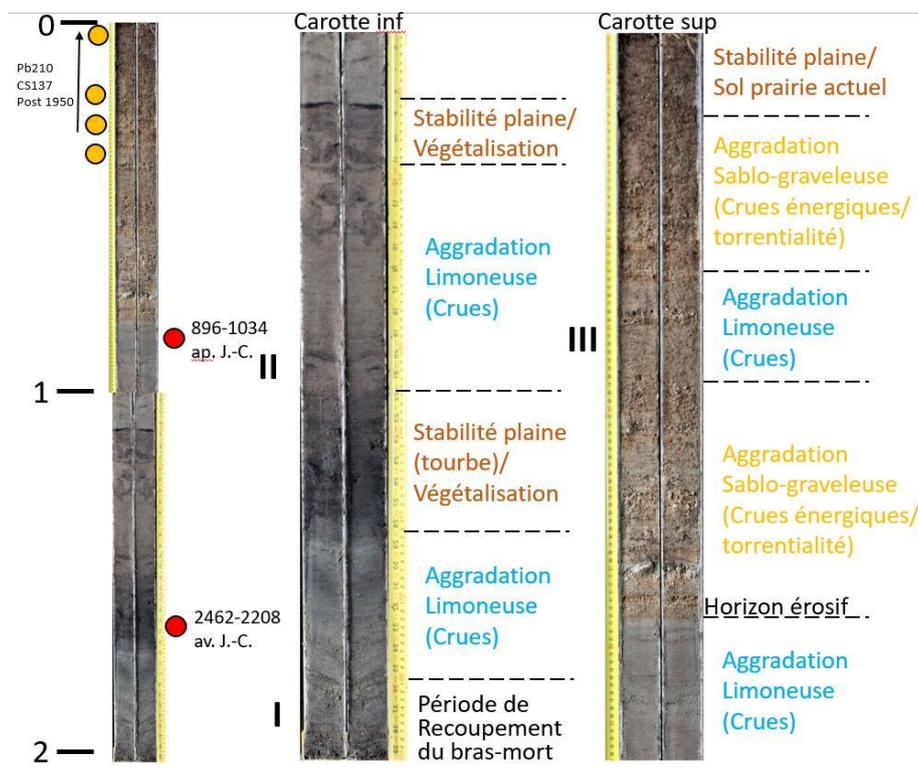
Quatre échantillons de sédiment de 15 grammes répartis sur les 30 cm supérieurs des deux carottes ont été envoyés en complément au laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement (LSCE-CEA) à Gif-sur-Yvette pour des datations par les isotopes du plomb (210) et du Césium (137). Même si les teneurs recueillies en  $Pb^{210}$  et en  $Cs^{137}$  ne se sont pas révélées suffisantes pour construire une courbe d'évolution de leur densité, la présence de  $Cs^{137}$  dans les trois échantillons supérieurs de chaque carotte nous permet d'affirmer que ces sédiments se sont déposés ou ont accumulé des isotopes par voie atmosphérique ou fluviale depuis 1950. Les horizons sous-jacents apparaissent donc antérieurs à 1950.

La chronologie disponible au terme de ces analyses géochronologiques montre que les alluvions stockées dans le bras-mort de Pontempeyrat (Pont-2a) sont très anciennes. Elles présentent un âge de plus de 4000 ans dans la partie inférieure du remplissage, tandis que le mètre supérieur intègre le dernier millénaire.

Commenté [HD14]: !!!!!

Elles enregistrent des variations paléohydrologiques et paléo-pédologiques intéressantes en termes de paléoenvironnements de la vallée de l'Ance, mais qui sortent de la thématique de notre étude (fig. 15). La présence d'un sédiment gris gleyfié, d'horizon silto-tourbeux, et de fragments végétaux fossiles, permet d'envisager la préservation potentielle de pollens à partir desquels une restitution de l'histoire paléo-écologique du secteur serait envisageable. Par ailleurs, la carotte Pont-2a a permis d'acquérir un jeu de données géochimiques semi-quantitatives d'une résolution de 5 mm au core scanner, et des données géochimiques quantitatives par fluorescence X sur une dizaine de faciès sédimentaires parmi les plus fins des deux carottes (Pont-2a, Chal-2b), à comparer aux données obtenues sur les sédiments des lits fluviaux actuels.

Commenté [HD15]: Je comprends pas cette phrase > à reprendre. Carotte XX = XX analyse et idem avec carotte YY



**Figure 15.** Présentation de la carotte de la plaine alluviale de Ponttempeyrat (Pont-2a) présentant un fort contraste pédosédimentaire (alternance de phases de stabilité et d'instabilité sédimentaire) lors des quatre derniers millénaires (cercles orange : position des échantillons de Pb<sup>210</sup> et Cs<sup>137</sup>; cercles rouges : position des dates radiocarbones). D'après la chronologie actuelle, la partie supérieure de la carotte (coloration brun clair d'une granulométrie plus grossière - (sables fins et graviers) pourrait correspondre à la période du Petit âge de glace (XIIIe-XIXe s.) associée à une activité plus torrentielle des rivières alti-ligériennes (cf. Defive et al. 2017).

### 2.3. Moyens analytiques pour la mesure des micropolluants particuliers

Pour quantifier les éléments majeurs et traces des sédiments, l'analyse par fluorescence X a été réalisée à la plateforme OMEAA. L'appareil utilisé est un NITON XL3t98. Des capsules spécifiques pour l'analyse XRF sont remplies de 10 à 15 g de sédiments secs et broyés faisant l'objet d'un séchage préalable en étuve pendant 48h à 50°C. Les capsules sont recouvertes d'un film de Mylar de 6 µm d'épaisseur. L'appareil fournit également la marge d'erreur de chaque mesure. Des triplicats d'analyses ont été réalisés pour les échantillons afin de corriger si nécessaire des erreurs de mesures. Les teneurs interprétées sont la moyenne des triplicats.

Les concentrations en **hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**, qui sont issus de la combustion du charbon, du pétrole, du gaz naturel et des feux de forêt (stocks constitués depuis le début de la révolution industrielle, il y environ 200 ans), ont été mesurés. Pour suivre leur évolution dans le bassin versant de l'Ance, nous avons eu recours à la base de données Naiades, dont les mesures ont été effectuées en 2007, 2009, 2015, 2016 et 2018 (annexe 3).

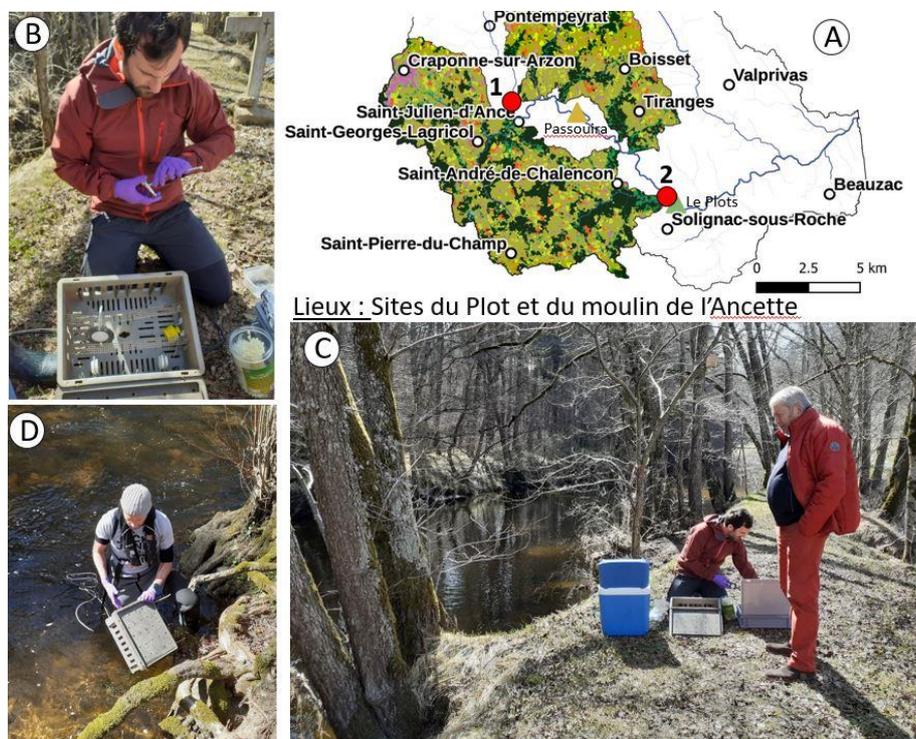
Les concentrations en HAP dans les sédiments contemporains de l'Ance ont été réalisées au laboratoire d'étude des résidus et contaminants dans les aliments de Nantes (LABERCA). La matrice sédimentaire fine a été privilégiée lors de l'échantillonnage sur le terrain. Les prélèvements ont été réalisés le 28 juin 2022 à l'amont et à l'aval du barrage et dans le cours d'eau de l'Ance. Après un séchage en étuve durant 48 h à 50°C et le broyage des sédiments, ces derniers ont été tamisés à une maille de 0,6 mm afin de se focaliser uniquement sur la fraction fine sur laquelle ces micropolluants se fixent. Les échantillons ont par la suite été envoyés au laboratoire pour analyse. Nous remercions Mr Philippe Marchand, responsable du Laboratoire d'Etude des Résidus et Contaminants dans les Aliments de Nantes, d'avoir effectué la totalité des mesures de HAP à titre gracieux pour le besoin de cette étude.

#### 2.4. Stratégie d'échantillonnage dans la fraction dissoute :

De manière à évaluer la concentration des micropolluants dans le dissout, des échantillonneurs passifs ont été exposés sur des chroniques de débits différents à l'amont et à l'aval du barrage. Des zones aux caractéristiques hydrosédimentaires comparables, dans des replats topographiques, à courant modéré, ont été sélectionnées, d'abord au Moulin d'Ancette (commune de St-Julien d'Ance) en amont du barrage, puis en amont du barrage du Plot (commune de Tirange) (fig. 8-échantillonneurs passifs). L'exposition a eu lieu avant le soutien à l'étiage de la période estivale à la fin du mois de mars 2022 (470 l/s<sup>-1</sup>, 10% du module) et juste après en avril 2022 (800l/s<sup>-1</sup>, 18% du module), de façon à visualiser l'effet du débit et l'effet du barrage sur les niveaux de concentration des micropolluants. Ce type d'échantillonnage est basé sur le piégeage en continu des contaminants entrant en contact avec les échantillonneurs (ici DGT et POCIS) pendant la durée de son exposition au milieu immergé (fig. 16). Grâce aux échantillonneurs passifs, il est possible d'obtenir une concentration moyennée sur la durée d'exposition. L'installation, le prêt du matériel et les analyses en laboratoire ont été réalisés en collaboration avec l'équipe Riverly de l'INRAE Lyon

**Commenté [HD16]:** À insérer au début du rapport ou à la fin dans une section dédiée aux remerciements (LABERCA, LSCE, INRAE, OMEAA, association etc.)

**Commenté [dd17R16]:** C'est fait



**Fig. 16.** Placement d'un « POCIS » pour 10 jours de mesure en immersion dans la rivière en mars 2022 (collaboration INRAE). A/ Localisation des deux POCIS : 1. Site de l'Ancette (St-Julien d'Ance), 2. Site du Plots en amont du barrage (Tirange). B/ Préparation d'un POCIS par D. Doucelin (Masterant Lyon 2). C/ Zone d'installation du POCIS amont au moulin d'Ancette, en présence du propriétaire des lieux, Gilles Bontemps. D/ Installation du second POCIS en aval du barrage de Passouira au Plots par Aymeric Dabrin (INRAE-Riverly).

#### 2.4.1. Moyens analytiques pour la mesure des micropolluants dans la fraction dissoute :

Par la suite, les échantillons concentrés et purifiés sont analysés, par chromatographie liquide ou gazeuse (pour séparer les différents constituants du mélange), associée à un détecteur (qui permet d'identifier et de quantifier les composés). Pour capter les différentes classes de polluants, différents adsorbants et membranes peuvent être utilisés dans les échantillonneurs. D'une manière générale, un échantillonneur passif est constitué d'une phase réceptrice (liquide ou solide) emprisonnée dans une membrane, et présentant une affinité plus ou moins grande pour les molécules d'intérêt. Dans notre étude, l'échantillonneur POCIS a permis de capter les micropolluants organiques hydrophiles tels que les pesticides, les B-bloquants et les hormones. Pour les micropolluants inorganiques, l'échantillonneur DGT est constitué d'un corps en plastique, sur lequel sont disposés une phase fixante spécifique des cations (résine chelex) ou des anions (ferrihydrite), un gel de diffusion (polyacrylamide, d'environ 0,8 mm d'épaisseur) et une membrane microporeuse de protection en

polycarbonate ou en acétate de cellulose (diamètre des pores 0,45 µm). A partir de ces DGT les éléments suivants ont été mesurés : Ag, Al, Se, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, etc.

Pour l'analyse des POCIS, la chromatographie en phase gazeuse (APGC) couplée à la spectrométrie de masse en tandem (UHPLC-MSMS triple quadripôle) sont les techniques d'analyses quantitatives ciblées utilisées au laboratoire Riverly de l'INRAE.

Pour les DGT, la technique de spectrométrie de masse (ICP-MS) a été utilisée.

### 3. Bilan de la contamination

#### 3.1. Les Éléments Traces Métalliques (ETM)

##### 3.1.1. Fraction dissoute

Les concentrations des ETM en phase dissoute ont été comparées au cours de deux épisodes de débits différents (entre mars et avril 2022) sur les mêmes sites que les pocis (Moulin d'Ancette et amont du Plots) (Fig. 16). Il s'agissait d'évaluer l'influence de ces variations hydrologiques sur certains métaux dans les eaux à l'amont et à l'aval du barrage de Passouira (Fig. 16a). Ces mesures viennent compléter celles réalisées sur les sédiments du lit (§ 1.2.). Les PNEC<sup>1</sup> en rouge sur le graphique permettent d'identifier les seuils écotoxicologiques (fig. 17). Les concentrations sont en dessous des seuils (PNEC) pour tous les éléments, hormis sur la période « Aval2 » où le chrome présente une valeur élevée (0.046 µg L<sup>-1</sup> contre une PNEC à 0,029 µg L<sup>-1</sup>). Mais l'un des DGT présentait une micro-déchirure sur la membrane, ceci pourrait expliquer cet concentration anormalement élevée (une nouvelle mesure en contexte hydrologique similaire permettrait de le vérifier).

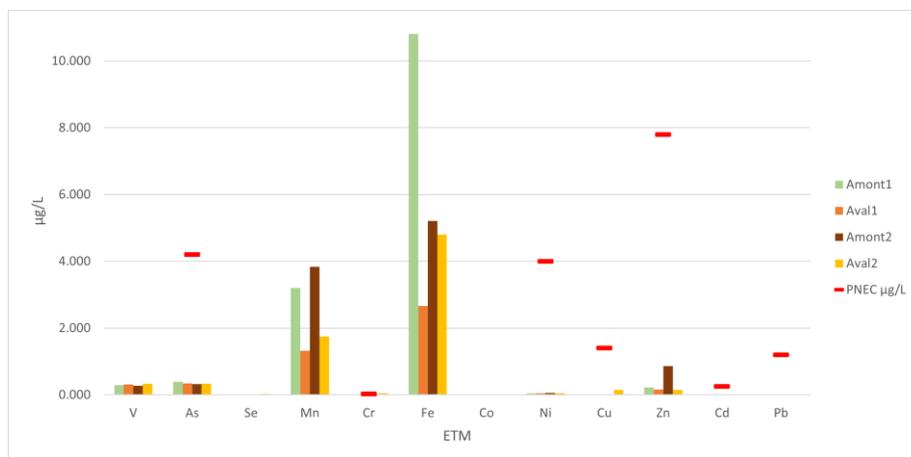


Fig. 17. Concentrations des ETM dans l'eau à l'amont et à l'aval des barrages lors de deux épisodes hydrologiques distincts.

<sup>1</sup> PNEC : concentration prédite sans effets. Valeur seuil environnementale définie comme la plus forte concentration de la substance sans effet pour l'environnement.

Les concentrations en fer et en manganèse présentent des valeurs élevées, très certainement liées à la teneur importante en matière organique sur les DGT lors du retrait. Le zinc enregistre lui aussi une hausse sur la deuxième campagne d'exposition, mais restant bien en dessous des valeurs seuils recommandées.

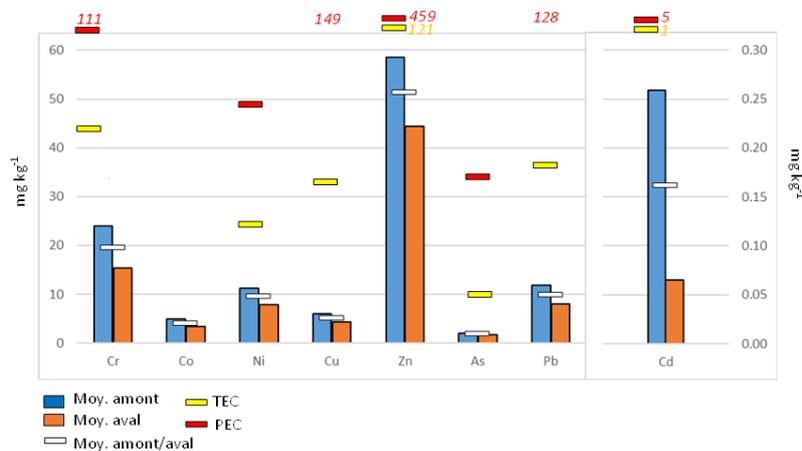
Le cours d'eau de l'Ance ne présente aucune indication qualifiant la présence d'ETM pouvant affecter le biote dans la fraction dissoute. Les concentrations des ETM dans la colonne d'eau sont très faibles.

### 3.1.2. Fraction particulaire

#### Impact du barrage de Passouira :

Les ETM ont également été mesurés à l'amont et à l'aval du barrage de Passouira dans la fraction particulaire lors de deux événements hydrologiques distincts. Les résultats sont présentés à la figure 18. Pour l'ensemble des ETM mesurés, l'impact du barrage sur la qualité chimique est nulle puisque l'on observe systématiquement des concentrations plus faibles à l'aval. L'hypothèse d'une remobilisation d'un stock particulaire de contaminants à l'amont de l'ouvrage lors d'épisodes hydrologiques soutenus est donc écartée.

Les teneurs en ETM ont été comparées aux seuils environnementaux communément utilisés pour ces micropolluants en phase particulaire, à savoir les TEC et PEC<sup>2</sup> (Fig. 4). Comme nous l'avons observé dans la fraction dissoute, tous les ETM présentent des valeurs nettement inférieures à ces seuils dans la fraction solide. Le cours d'eau de l'Ance ne présente aucune indication qualifiant une contamination aux ETM des sédiments de l'Ance à l'amont et aval du barrage de Passouira.



<sup>2</sup> TEC (Threshold-Effect Concentration) : concentrations seuils produisant un effet. Valeur seuil environnemental en dessous de laquelle on ne se s'attend pas à observer des effets.  
 PEC (Probable-Effect Concentration) : concentrations produisant un effet probable. Valeur seuil environnemental à partir de laquelle une forte probabilité d'avoir des effets est attendue.

Fig. 18. Concentrations des ETM dans les sédiments à l'amont et à l'aval du barrage de Passouira lors de deux épisodes hydrologiques distincts.

### 3.1.3. Comparaison avec la Loire et les fleuves français :

Les données acquises sur les ETM dans la fraction particulaire par XRF et ICP-MS montrent que la rivière de l'Ance présente des niveaux de concentrations nettement inférieurs à ceux des fleuves français (Fig. 19). Il est d'ailleurs important de souligner que ces concentrations sont inférieures à celle de la Loire à son embouchure suggérant ainsi que l'Ance n'enrichit pas ce fleuve. Au regard de la position de l'Ance dans la partie amont du bassin de la Loire, ce constat d'une moindre contamination aux ETM est cohérente puisque les teneurs en ETM des sédiments de la Loire s'accroissent le long de son profil longitudinal.

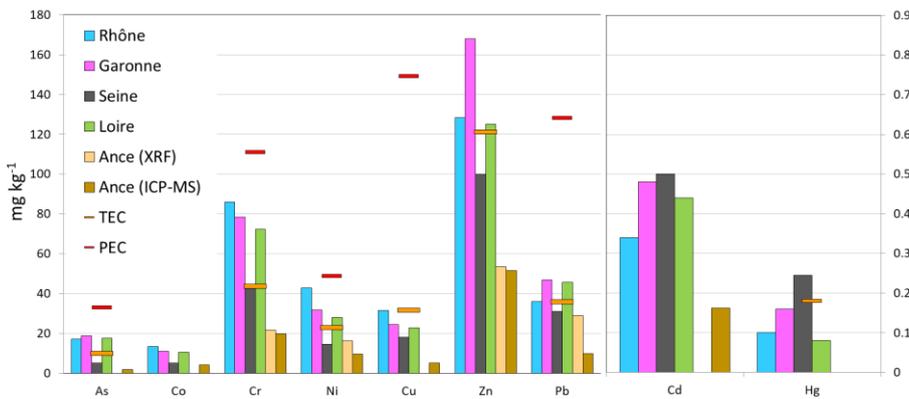


Fig. 19. Comparaison des concentrations moyennes en ETM des sédiments de l'Ance avec celles de quatre fleuves français à leur embouchure (Rhône, Garonne, Seine et Loire ; source : Delile et al., 2020a).

### 3.1.4. Distribution spatiale des ETM dans le bassin de l'Ance

Afin d'évaluer une possible contamination anthropique, les facteurs d'enrichissement (FE) des ETM ont été calculés. Cet indice de contamination consiste à s'affranchir d'éventuelles contributions détritiques pour ces trois ETM et ainsi ne conserver que les apports d'origine anthropique. Le calcul des FE repose sur la formule suivante :

$$FE_{XETM} = \left[ \frac{\left( \frac{XETM}{X_{nat.}} \right)_{sed.}}{\left( \frac{XETM}{X_{nat.}} \right)_{ref.}} \right]$$

Dans l'équation ci-dessus, le ratio  $\left( \frac{XETM}{X_{nat.}} \right)_{sed.}$  est calculé sur l'intégralité des échantillons prélevés dans le bassin de l'Ance, alors que  $\left( \frac{XETM}{X_{nat.}} \right)_{ref.}$  correspond à l'état naturel de référence des sédiments, dont la valeur a été estimée pour chaque ETM à partir de la moyenne des concentrations les plus faibles (1<sup>er</sup> décile) des sédiments de l'Ance.

XETM : élément trace métallique d'intérêt ;

*Xnat* : élément terrigène sélectionné pour caractériser les variations d'apports détritiques.

Le choix de l'élément terrigène retenu dans notre étude est Al en raison à la fois de sa très forte contribution au pôle détritique et sa proportion importante au sein de la croûte terrestre. Par définition, toutes les valeurs de cet indice supérieures à l'unité signifient qu'il y a une contribution d'origine non crustale de l'ETM considéré. Nous retiendrons que les valeurs des FE supérieures à 1.5 correspondent à un enrichissement en ETM d'origine humaine.

Une échelle de degré d'enrichissement est définie par Roussiez et al. (2005) comme suit :

FE < 1,5 : pas d'enrichissement

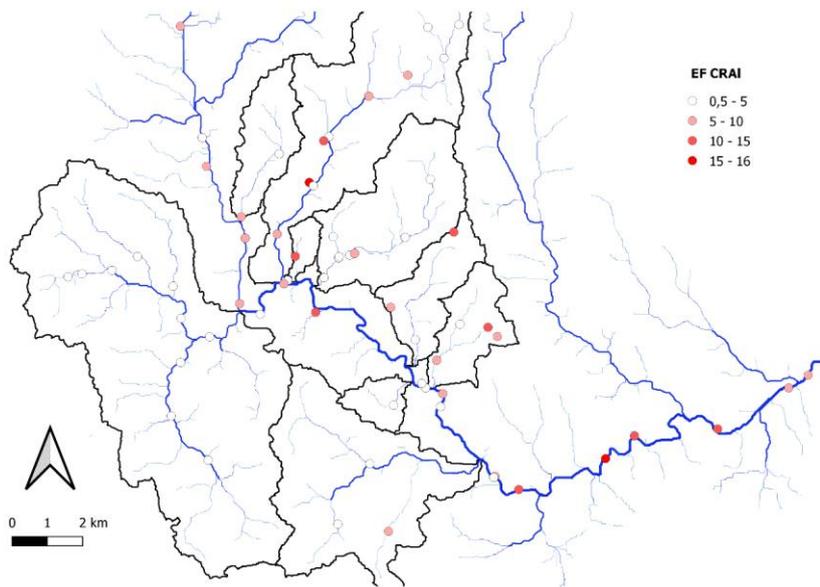
1,5 < FE < 3 : enrichissement modéré

3 < FE < 5 : enrichissement significatif

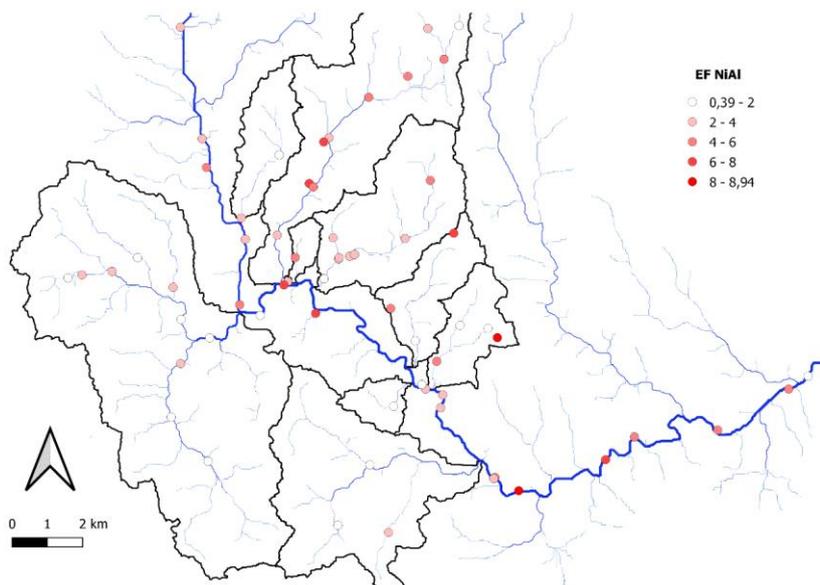
5 < FE < 10 : enrichissement très élevé

FE > 10 : enrichissement extrême

Les figures 20 à 23 présentent respectivement la distribution spatiale des FE du Cr, Ni, Pb et Zn. Leur distribution spatiale indique une dichotomie marquée entre les affluents de rive droite très peu enrichis et ceux de rive gauche qui le sont très fortement. Ce contraste pourrait être associé à des compositions minéralogiques et géochimiques distinctes entre ces deux parties du bassin de l'Ance, que notre étude n'a pas pu discuter par manque de moyens logistiques (nécessité d'un échantillonnage plus ciblé sur les formations géologiques et les têtes de sous-bassins) et données disponibles dans la littérature.



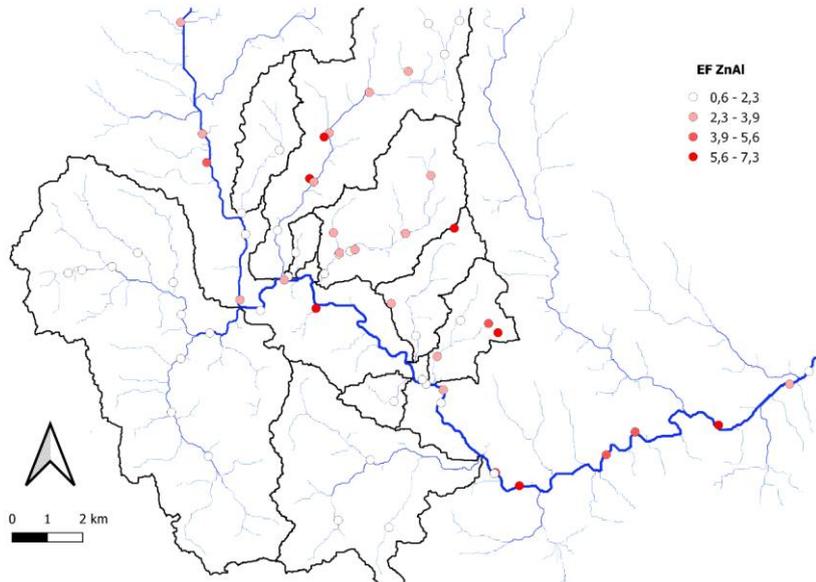
**Fig. 20.** Distribution spatiale du facteur d'enrichissement du Cr dans le bassin de l'Ance.



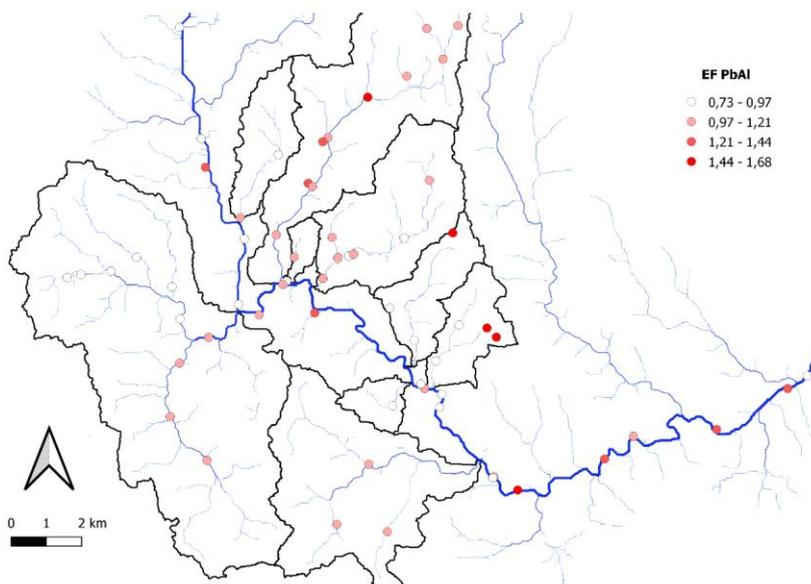
**Figure 21.** Distribution spatiale du facteur d'enrichissement du Ni dans le bassin de l'Ance.

Les résultats obtenus dans les sous-bassins de l'Ance montrent des enrichissements dans les sédiments qui tendent à augmenter vers l'aval pour les quatre métaux analysés (effet cumulatif et continu surtout sensible à partir du barrage du Plots). Rappelons l'échelle de degré d'enrichissement définie par Roussiez et al. (2005) allant d'un enrichissement modéré à partir de 1,5 jusqu'à extrême au-delà 10. Le chrome est majoritairement enrichi, allant de valeurs non significatives à extrêmes (FE 0,5 à 16). Les valeurs extrêmes sont localisées dans les échantillons situés dans le bassin versant du Chandieu et à l'aval du barrage du plot. Le nickel est également majoritairement enrichi (0,4 à 8,9) allant de valeurs non significatives à très élevées, principalement situées dans le bassin versant du Chandieu et dans le cours d'eau de l'Ance à l'amont et à l'aval du barrage. Le plomb ne présente pas d'enrichissement particulier sauf pour quelques échantillons le classant dans les valeurs modérées (1,4 à 1,7), présents notamment dans le bassin du Chandieu, du Cros, du Moulinet et à l'aval du barrage du plot. Le zinc est majoritairement enrichi allant jusqu'à des valeurs très élevées (0,6 à 7,3). Les échantillons sont situés dans le bassin du Chandieu, le Moulinet, le Cros et à l'amont et à l'aval des deux barrages (Passouira et le Plot).

Les facteurs d'enrichissements du zinc, chrome et nickel témoignent d'une possible contamination anthropique mais dont l'ampleur ne constitue pas une contrainte environnementale dès lors que les seuils écotoxicologiques ne sont pas franchis (Figs 18 et 19). Les bassins du Chandieu, du Cros et du Moulinet sembleraient alimenter le cours d'eau avec des valeurs plus fortes vers l'aval.



**Fig. 22.** Distribution spatiale du facteur d'enrichissement du Zn dans le bassin de l'Ance.

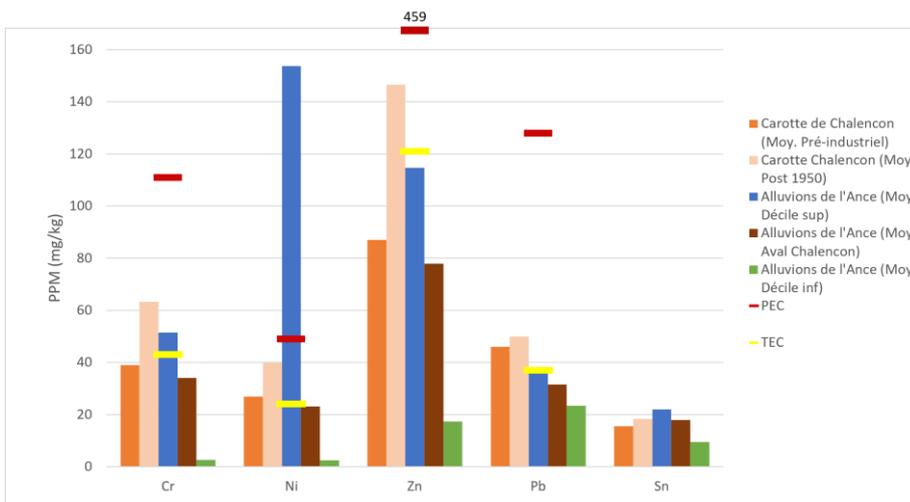


**Fig. 23.** Distribution spatiale du facteur d'enrichissement du Pb dans le bassin de l'Ance.

Les concentrations en ETM des alluvions de l'Ance échantillonnées en aval de Chalencon (Cr, Ni, Zn et Pb) sont souvent légèrement inférieures ou égales au seuil écotoxicologique (TEC) et surtout très proches quantitativement des valeurs identifiées sur les alluvions de la carotte de Chalencon pré-1950 (fig. 24b). On peut donc conclure qu'une pollution métallique résiduelle est bien présente en aval de Chalencon. Cette dernière est sans doute associée aux sources sédimentaires des bassins versants de rive droite (souvent supérieures aux valeurs du TEC et parfois du PEC), mais que cette pollution était déjà acquise avant 1950 dans le corridor de l'Ance (sans doute dès la fin du XIX<sup>e</sup> s.). Il existe donc un bruit de fond géochimique ambiant associé à un probable héritage industrielle et dont l'origine doit être recherchée dans les zones de stockages intermédiaires (plaine alluviale, paléochenaux) du bassin versant de l'Ance.

**Commenté [HD18]:** Je lis "décile supérieur" dans la légende la fig. Pourquoi pas la moyenne ?

**Commenté [HD19]:** Ces deux éléments pour l'Ance dépassent largement les valeur pré 1950 de la carotte



Chalencon (Tableau des concentrations de la Carotte en annexe avec les différentes profondeurs d'échantillons).

Je ne comprends pas la logique des commentaires effectués sur les deux graphes supérieurs. Il faut

- 1) commenter individuellement chaque graph
- 2) utiliser le même jeu de données pour l'Ance entre les deux graphes (l'un est marqué Ance et l'autre décile supér. Ance) > pas clair

Je ferai un seul graph avec les données uniques de l'Ance amont chalencon, l'Ance aval chalencon, celles de chalencon pré-industrielles, celles de chalencon post-industrielles. Donc 4 catégories + TEC/PNEC

### 3.2. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

En complément des ETM, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ont également été mesurés afin d'étayer notre diagnostic de la contamination de l'Ance par des contaminants dits « hérités » ou « historiques ». Cette catégorie de contaminants regroupe cinq familles de micropolluants (US EPA) : nutriments (nitrate, phosphore), produits organiques (huiles et graisses), hydrocarbures halogénés ou organiques persistants (PCB, DDT), HAP, ETM/métalloïdes (As, Hg). Les contaminants hérités se distinguent par leur émission depuis plusieurs décennies et leur ubiquité.

### 3.2.1. Niveau de contamination de l'Ance

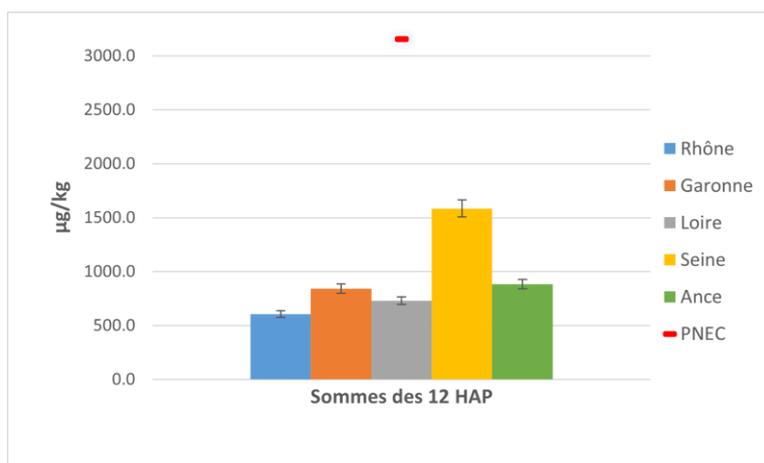
Les figures ci-dessous présentent les concentrations particulières mesurées dans le cours d'eau de l'Ance durant la campagne de prélèvement du 28 juin 2022. Les 16 HAP prioritaires recommandés par l'U.S. EPA (Environmental Protection Agency) en raison de leur cancérogénicité ont été analysés. De façon à comparer les concentrations d'autres cours d'eau, nous en retiendrons seulement 12 parmi les 16, à savoir : l'anthracène (Anth), le phénanthrène (Phe), fluoranthène (Fla), le pyrène (Pyr), le benzo(a)anthracène (BaA), le chrysène (Chy), le benzo(a)pyrène (BaP), le benzo(b)fluoranthène (BbF), le dibenzo(ah)anthracène (DbA), le benzo(k)fluoranthène (BkF), le benzo(ghi)pérylène (BghiP) et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène (IdP).

La figure 8 présente une comparaison de la moyenne de la somme des concentrations des 12 HAP mesurés sur les 6 échantillons prélevés dans l'Ance avec celles compilées pour l'Ance à partir de la base de données Agence de l'eau Naiades et du Gier. On constate des concentrations moyennes deux fois plus élevées pour les données Naiades par rapport à celles de notre étude. Une telle différence peut s'expliquer de plusieurs façons : baisse de la contamination depuis les campagnes de prélèvements de l'Agence de l'eau, modes différents d'échantillonnage et différences dans les matrices sédimentaires analysées. La fraction granulométrique retenue pour les campagnes d'échantillonnages de Naiades indique des sédiments inférieurs à 2 mm. Dans notre cas, seules les particules inférieures à 0,60 mm ont été analysées. La remobilisation des particules, expliquée par les phénomènes hydrologiques et mécaniques tels que les crues, le ruissellement et l'érosion peuvent expliquer ces écarts. Les données Naiades présentent des campagnes d'échantillonnages allant de 2007 à 2018.

Certains cours d'eau considérés comme étant affectés par des concentrations élevées en HAP sont présentés à la figure 8 afin d'établir une comparaison. C'est notamment le cas du Gier connu pour être l'affluent le plus contaminé du bassin du Rhône (Delile et al., 2020). La contamination sévère aux HAP de cet affluent de rive droite de ce fleuve est notamment associée à son passé industriel, notamment en relation avec l'exploitation des mines de charbon de Saint-Etienne, sources volatiles de HAP. On observe une contamination du Gier aux HAP près de deux fois supérieure à celle de l'Ance (Fig. 25). Ce dernier demeure toutefois à des niveaux similaires à ceux relevés dans les estuaires des grands fleuves français (Fig. 26). Il est d'ailleurs intéressant de relever que la contamination de l'Ance aux HAP est légèrement supérieure à celle de la Loire suggérant ainsi que cet affluent participe à l'accroissement des teneurs en HAP de ce fleuve.

Fig. 25. Somme des 12 HAP prioritaires dans les sédiments de l'Ance et du Gier (Delile et al., 2020).

Commenté [HD20]: Revoir la mise en page



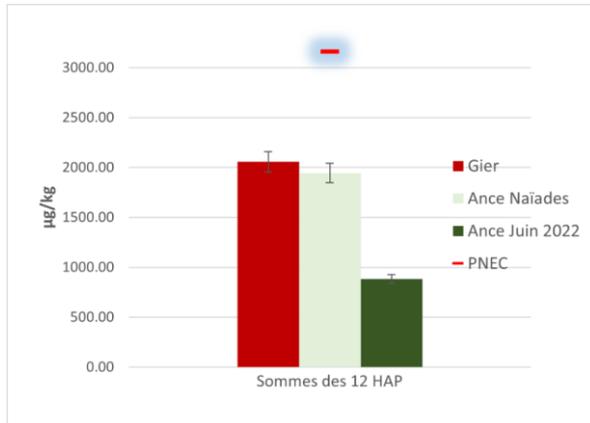


Fig. 26. Somme des 12 HAP prioritaires dans les sédiments de l'Ance et des fleuves français (Delile et al., 2020, 2022).

Les figures 25 et 26 montrent que la contamination aux HAP des sédiments de l'Ance ne présente pas de risque écotoxicologique pour le milieu aquatique en raison de concentrations nettement inférieures aux seuils environnementaux.

### 3.2.2. Source potentielle de contamination :

A l'aide de ratios moléculaires des HAP, il est possible d'effectuer des hypothèses fortes sur la ou les sources de contamination aux HAP. Il s'agit des molécules de fluoranthène (Fla), pyrène (Pyr), benzo(a)anthracène (BaA) et chrysène (Chry) (Tobiszewski, 2012). La projection de ces ratios sur un graphique binaire permet d'établir une zonation des sources potentielles de contamination établie par Yunker et al. (2002). Selon la localisation de l'empreinte du cours d'eau sur le graphique, l'identification de la source des HAP est possible (Figs 27 et 28).

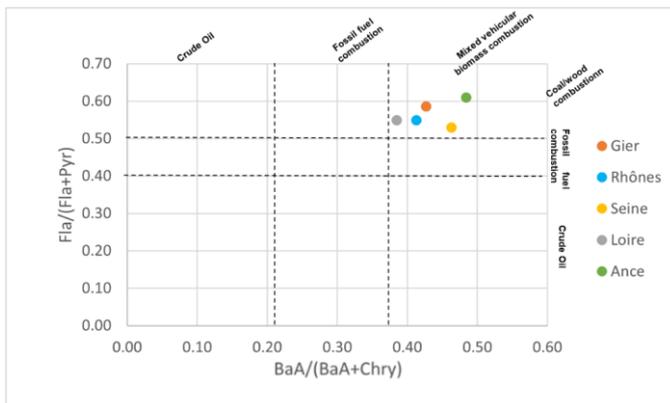


Fig. 27. Rapports moléculaires du BaA, Chry, Fla et Pyr utilisés pour identifier les sources de contamination aux HAP dans les sédiments de l'Ance.

Commenté [HD21]: Supprimer le "S" de Rhône et indiquer les sources en français > idem figure suivante

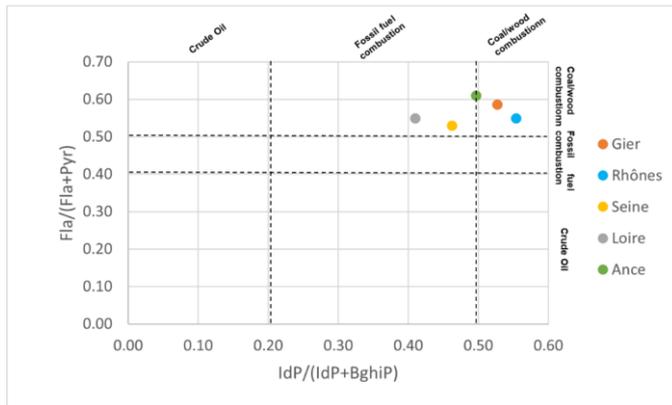


Fig. 28. Rapports moléculaires du IdP, BghiP, Fla et Pyr utilisés pour identifier les sources de contamination aux HAP dans les sédiments de l'Ance.

L'approche des rapports moléculaires met en évidence un mélange de sources issues d'émissions de véhicules et de combustion de biomasse (bois, charbons) suggérant ainsi un transport des particules urbaines et industrielles par voie atmosphérique. Entre la seconde moitié du 19<sup>e</sup> s. et le début des années 1960, le charbon et les minerais étaient massivement extraits du sous-sol autour du bassin de Saint-Etienne pour alimenter localement les industries lourdes. Le bassin houiller de la Loire est aussi historiquement connu comme l'un des premiers à avoir été exploité en France ; l'exploitation y est attestée depuis le 13<sup>e</sup> s. L'industrialisation a également favorisé l'implantation d'importants foyers urbains en périphérie. Toutes ces activités constituent des sources directes potentielles de contamination aux HAP, qui ont été actives durant ces périodes passées, et qui continuent à l'être indirectement par des processus de remobilisation de stocks particulaires. En effet, le bois a longtemps été utilisé comme une source de chauffage et la signature indique l'origine de ses composés. Selon Dhivert et al. (2015) les vallées encaissées de montagnes sont propices à la mise en place d'inversions thermiques en hiver et s'accompagnent d'une concentration des polluants atmosphériques et donc des particules issues de la combustion du bois. Par ailleurs, les conditions hydro-sédimentaires morphogènes lors des crues et l'incision globale des cours d'eau sont susceptibles de remobiliser des stocks de contaminants hérités des activités passées comme les HAP.

### 3.3. Micropolluants urbains (produits pharmaceutiques et pesticides)

Les investigations menées sur l'impact éventuel du barrage de Passouira sur la qualité chimique des eaux de l'Ance nous ont conduit à mesurer les concentrations des micropolluants organiques émergents dits « urbains » qui sont associés aux produits pharmaceutiques et aux pesticides. Les analyses ont été menées au laboratoire de chimie des milieux aquatiques de INRAE RiverLy par les techniques UHPLC-MS/MS dans la fraction dissoute et UPLC/MS/MS dans la fraction particulaire.

### 3.3.1. Fraction dissoute

Au total 58 molécules ont été considérées dans cette étude afin d'évaluer une possible contamination des eaux du bassin de l'Ance par les activités agricoles et urbaines (stations d'épuration). Comme pour les micropolluants inorganiques, les mesures ont été réalisées sur deux événements hydrologiques distincts.

Seules 19 molécules sur les 58 mesurées ont été détectées puisque les concentrations de 39 d'entre elles sont inférieures aux limites de détection (Tab. 1). Cette fréquence de quantification de 33 % montre que cette famille de contaminants ne constitue pas un réel danger pour la qualité chimique des eaux de l'Ance.

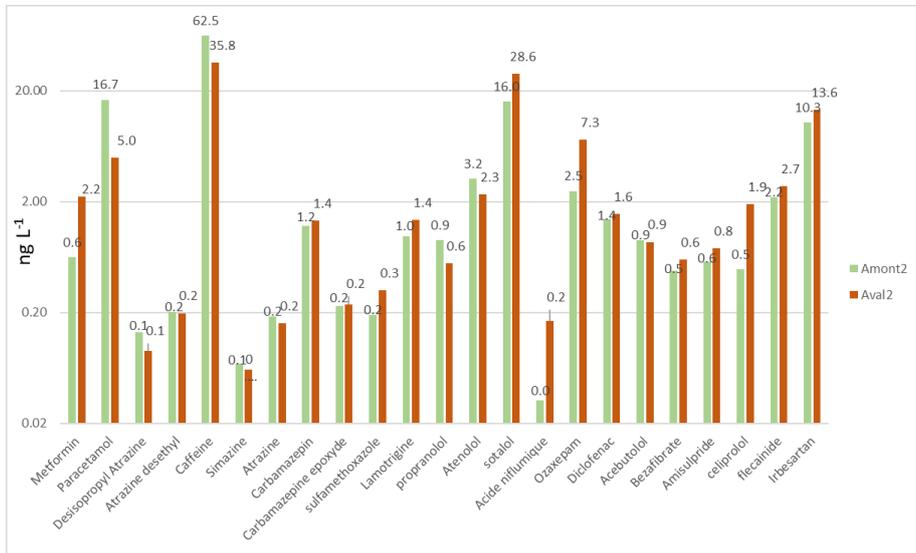
D'après les figures 29 et 30, sur les 19 molécules quantifiées 10 d'entre elles (Carbamazépin, Sulfaméthoxazole, Lamotrigine, Sotalol, Acide niflumique, Acide niflumique, Ozaxepam, Diflofenac, Celiprolol, Flecainide, Irbesartan) présentent une augmentation de leur teneur dans l'eau à l'aval du barrage de Passouira lors des deux périodes hydrologiques de prélèvement. Cette élévation des concentrations est en moyenne de 132 % (entre 11 % et 473 %) pour les 10 molécules concernées.

Molécule	Famille	Limite de détection
Metformin	antidiabétique	0.15
Paracetamol	antalgique	0.21
Dichloroaniline	métabolite pesticide	0.19
Metronidazole	antibiotique	0.04
Desisopropyl Atrazine	métabolite pesticide	0.03
Theophylline	bronchodilatateur	#DIV/0!
Atrazine desethyl	métabolite pesticide	0.06
Caffeine	stimulant	0.38
Simazine	herbicide	0.03
Isoproturon	herbicide	0.02
Atrazine	herbicide	0.02
DCPMU	métabolite pesticide	0.02
Dimethoate	insecticide	0.75
Naproxen	anti-inflammatoire	0.77
Diuron	herbicide	0.28
Carbamazépin	anti-épileptique (neurotropes)	0.04
pirimicarbe	insecticide	0.02
Salbutamol	bronchodilatateur	0.12
Carbamazépine epoxyde	métabolite carbamazépine	0.02
sulfaméthoxazole	antibiotique	0.06
Ketoprofen	anti-inflammatoire	0.15
Lamotrigine	anti-épileptique (neurotropes)	0.15
Imidacloprid	insecticide	0.07
propranolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.12
Cyclophosphamide	anticancéreux	0.14
Atenolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.23

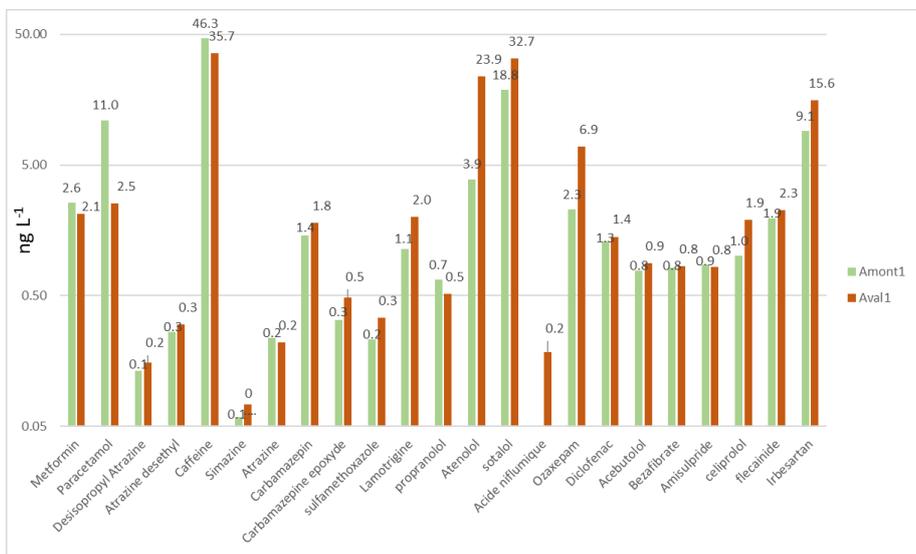
Metoprolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.03
Nordiazepam	benzodiazepine (psychotrope)	0.03
sotalol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.26
Amitriptyline	antidépresseur	0.25
Venlafaxine	antidépresseur	0.14
Sulfamethazine	antibiotique	0.05
<b>Acide niflumique</b>	<b>anti-inflammatoire</b>	<b>0.02</b>
Diazepam	benzodiazepine (psychotrope)	0.03
<b>Ozaxepam</b>	<b>benzodiazepine (psychotrope)</b>	<b>0.02</b>
Trimethoprim	antibiotique	0.03
<b>Diclofenac</b>	<b>anti-inflammatoire</b>	<b>0.11</b>
Acetylsulfamethoxazole	metabolite sulfamethoxazole	0.80
Norfluoxetine	metabolite fluoxetine	1.06
Alprazolam	benzodiazepine (psychotrope)	0.06
Fluoxetine	antidépresseur	0.60
Acide fenofibrique	metabolite fenofibrate	0.06
Norfloxacin	antibiotique	0.87
Ciprofloxacine	antibiotique	3.90
<b>Acebutolol</b>	<b>bêta-bloquant (anti-hypertenseur)</b>	<b>0.03</b>
Fenofibrate	hypolipemiant	14.61
<b>Bezafibrate</b>	<b>hypolipemiant</b>	<b>0.10</b>
Ofloxacin	antibiotique	0.69
Amisulpride	antidépresseur	0.16
celiprolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.02
flecainide	antiarythmique	0.02
Clindamicyne	antibiotique	0.24
<b>Irbesartan</b>	<b>antihypertenseur</b>	<b>0.07</b>
Erythromycine	antibiotique	0.28
Clarithromycine	antibiotique	0.07
Mecoprop	herbicide	0.53
Gemfibrozil	hypolipemiant	0.67
Furosemide	diuretique	1.15

**Table 1.** Molécules analysées par UHPLC-MS/MS dans le cadre de l'évaluation des micropolluants urbains dans les eaux de l'Ance à l'amont et à l'aval de l'ouvrage de Passouira. En vert, les molécules quantifiées (> limite de détection).

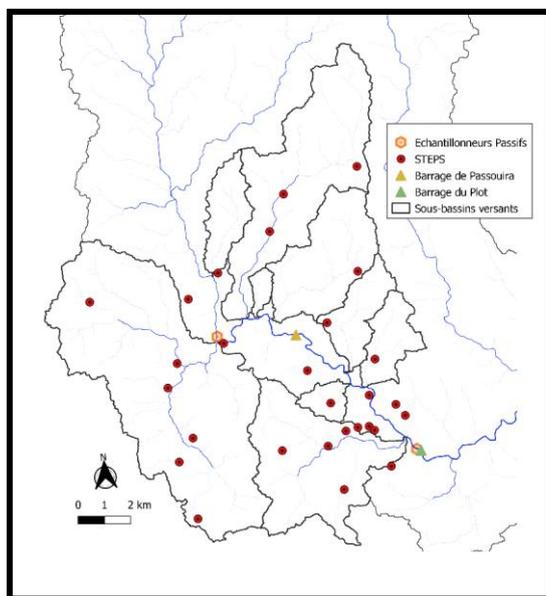
A partir de ces statistiques il est possible de suggérer que le barrage aurait un impact sur la qualité chimique des eaux en ce qui concerne les substances urbaines. Pour s'assurer d'un effet « barrage » sur la qualité chimique des eaux à l'aval de l'ouvrage, il est nécessaire néanmoins de s'assurer de l'absence d'un ou plusieurs rejets ponctuels d'eaux usées jusqu'au site de prélèvement. En effet, la présence d'un rejet, même ponctuel associé à une habitation, pourrait expliquer cet accroissement des teneurs aval. La proximité de plusieurs stations d'épuration directement en amont du site d'échantillonnage aval (fig. 31, STEPS) pourrait également être un facteur aggravant, dont les effets sont difficiles à évaluer.



**Fig. 29.** Concentrations des micropolluants urbains dans l'eau à l'amont et à l'aval du barrage de Passouira lors de la première campagne de prélèvement.



**Fig. 30.** Concentrations des micropolluants urbains dans l'eau à l'amont et à l'aval du barrage de Passouira lors de la seconde campagne de prélèvement.



**Fig. 31 :** Localisation des stations d'épuration (STEPS) à proximité du cours d'eau de l'Ance (cercles rouges), par rapport aux sites d'exposition des échantillonneurs passifs (octogones orange) (source : geo.data.gouv.fr)

Les variations hydrologiques ne semblent pas affecter significativement les concentrations des substances urbaines dans l'eau puisqu'à l'amont seulement 13 molécules sur 23 sont concernées par une diminution de leur concentration de 8 % en moyenne, et 15 molécules à l'aval par une baisse de 11 %. Globalement une molécule sur deux est concernée par une diminution non significative de leur concentration entre les deux événements hydrologiques.

Contrairement aux ETM et HAP, il n'existe pas encore de seuils environnementaux établis pour ces substances dans la littérature. Néanmoins, des normes de qualité environnementale ont été trouvées pour la simazine ( $1000 \text{ ng L}^{-1}$ ), l'atrazine ( $600 \text{ ng L}^{-1}$ ) et le diclofénac ( $150 \text{ ng L}^{-1}$ ) (Mathon *et al.*, 2021). Les concentrations dans les eaux de l'Ance sont nettement inférieures à ces valeurs puisqu'elles sont respectivement plus faibles de 4, 3 et 2 ordres de grandeur.

### 3.4. Fraction particulaire

Les concentrations des micropolluants urbains ont également été mesurées dans les sédiments de l'Ance à l'amont et à l'aval du barrage de Passouira au cours de trois événements hydrologiques distincts. Sur les 53 molécules analysées seules 6 ont été détectées, soit un taux de quantification de 11 % (Tab. 2). Par ailleurs, sur ces 6 molécules, 50 % des échantillons en moyenne ont présentés des valeurs supérieures aux limites de détection. Les échantillons quantifiés ont des concentrations très proches de celles des limites de détection. Pour ces raisons, la qualité chimique des sédiments de l'Ance vis-à-vis des substances urbaines ne présente aucun signe de contamination.

Molécule	Famille	Limite de détection (ng g <sup>-1</sup> )
Paracetamol	antalgique	0.90
Dichloroaniline	métabolite pesticide	1.02
Metronidazole	antibiotique	0.26
Desisopropyl Atrazine	métabolite pesticide	0.41
Theophylline q	bronchodilatateur	1.38
Atrazine desethyl	métabolite pesticide	0.36
Caffeine	stimulant	1.39
Simazine	herbicide	0.39
Isoproturon	herbicide	0.21
Atrazine	herbicide	0.20
DCPMU	métabolite pesticide	0.35
Dimethoate	insecticide	1.96
Naproxen	anti-inflammatoire	1.17
Diuron	herbicide	0.38
Carbamazepin	anti-épileptique (neurotropes)	0.76
pirimicarbe	insecticide	0.14
Salbutamol	bronchodilatateur	1.52
Carbamazepine epoxyde	métabolite carbamazepine	0.19
sulfamethoxazole	antibiotique	0.23
Ketoprofen	anti-inflammatoire	0.63
Lamotrigine	anti-épileptique (neurotropes)	0.66
Imidacloprid	insecticide	0.36
propranolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.14
Cyclophosphamide	anticancéreux	0.75
Atenolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	1.00
Metoprolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.63
Nordiazepam	benzodiazepine (psychotrope)	0.22
sotalol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.59
Amitriptyline	antidépresseur	0.44
Venlafaxine	antidépresseur	3.37
Sulfamethazine	antibiotique	0.29
Acide niflumique	anti-inflammatoire	0.80
Diazepam	benzodiazepine (psychotrope)	0.08
Ozaxepam	benzodiazepine (psychotrope)	0.18
Trimethoprim	antibiotique	0.60
Diclofenac	anti-inflammatoire	1.85
Acetylsulfamethoxazole	metabolite sulfamethoxazole	0.74
Alprazolam	benzodiazepine (psychotrope)	0.76
Fluoxetine	antidépresseur	0.34
Acide fenofibrique	metabolite fenofibrate	0.43
Acebutolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.65
Fenofibrate	hypolipemiant	0.50
Bezafibrate	hypolipemiant	1.76
Amisulpride	antidépresseur	0.85

celiprolol	bêta-bloquant (anti-hypertenseur)	0.47
flecainide	antiarythmique	1.09
Clindamicyne	antibiotique	0.66
Irbesartan	antihypertenseur	0.52
Erythromycine	antibiotique	26.32
Clarithromycine	antibiotique	0.82
Mecoprop	herbicide	11.22
Gemfibrozil	hypolipémiant	2.16
Furosemide	diurétique	27.58

**Table 2.** Molécules analysées par UPLC/MS/MS dans le cadre de l'évaluation des micropolluants urbains dans les sédiments de l'Ance à l'amont et à l'aval de l'ouvrage de Passouira. En vert, les molécules quantifiées (> limite de détection).

## Conclusions

Cette étude menée sur la qualité chimique des eaux et des sédiments de l'Ance s'est concentrée sur une large gamme de famille de micropolluants, à savoir les ETM, les HAP, les produits pharmaceutiques et les pesticides. Les travaux se sont notamment focalisés sur l'impact du barrage de Passouira sur les concentrations de ces micropolluants à travers plusieurs campagnes de terrain destinées à prélever à l'amont et à l'aval de l'ouvrage sous différentes conditions hydrologiques.

Les concentrations en ETM dans les fractions dissoute et particulaire présentent des niveaux nettement inférieurs aux seuils environnementaux couramment employés (TEC, PEC et PNEC). A cet égard les ETM ne constituent pas un risque écotoxicologique pour les organismes aquatiques de l'Ance. En ce qui concerne la fraction particulaire, l'Ance ne participe pas à accroître les teneurs des concentrations particulières de la Loire puisqu'elles sont plus faibles que celle de ce fleuve. Nos investigations à l'échelle du bassin de l'Ance et notamment de ses affluents montrent toutefois des enrichissements en ETM dans les sédiments en direction de l'aval pour les quatre métaux analysés (Ni, Cr, Zn et Pb). Les facteurs d'enrichissements du zinc, chrome et nickel témoignent d'une possible contamination anthropique mais dont l'ampleur ne constitue pas une contrainte environnementale. Les bassins du Chandieu, du Cros et du Moulinet, en rive gauche de l'Ance, sembleraient être les principaux contributeurs à cet accroissement.

Les mesures de HAP effectuées dans sédiments ont montré un possible déclin de cette famille de contaminants au cours des deux dernières décennies dans l'Ance, même si toutefois un biais granulométrique entre les campagnes de prélèvements de l'Agence de l'Eau et les nôtres n'est pas à exclure. Actuellement la contamination aux HAP des sédiments de l'Ance ne présente pas de risque écotoxicologique pour le milieu aquatique en raison de concentrations nettement inférieures aux seuils environnementaux. Néanmoins, il est nécessaire de souligner que les concentrations relevées sont légèrement supérieures à celles de la Loire suggérant ainsi que l'Ance participe à enrichir ce fleuve en HAP.

Enfin les micropolluants organiques émergents associés à des substances pharmaceutiques et des pesticides ont montré des teneurs extrêmement faibles dans l'eau et les sédiments en

raison de leur fréquence de quantification respective de 33 % et de 11 %, ainsi que des valeurs quantifiées très proches des limites de détection instrumentale. L'impact du barrage de Passouira sur ces substances est envisageable dès lors que la présence d'un rejet à l'aval (maison isolée ou station d'épuration) sera exclue pour expliquer l'augmentation des concentrations observées.

En conclusion, la présente étude sur la qualité chimique des eaux et des sédiments de l'Ance montre l'absence totale d'éventuelles traces de contamination, ainsi qu'une absence totale de l'influence du barrage de Passouira. La recherche des causes de dégradation de la biodiversité observée par les riverains de l'Ance nécessite donc d'être poursuivie. Nous recommandons que ces futures investigations se concentrent notamment sur le compartiment physique de la rivière et plus spécifiquement sur la dynamique et le transit sédimentaire. En effet, à l'issue de quelques observations de terrain, il a été constaté la présence de nappes de sables sur la partie amont du barrage (au niveau du moulin d'Ancette) associées à la destruction d'un ancien seuil. Les effets du déficit sédimentaire grossier à l'aval de Passouira sont aussi à explorer, en étudiant l'incision du lit mineur en aval. L'élimination des fractions fines et moyennes à l'aval et le déséquilibre des flux continu de matériaux qui en découle est aussi à envisager. D'une façon générale, il s'agirait de mieux intégrer l'évolution de la géométrie hydraulique à l'aval de l'ouvrage. Une meilleure appréciation des impacts instantanés lors des phases de lâchers de barrage par des prises de mesures adéquates, n'a pas pu être développé dans cette étude.

L'appréciation de la variation du régime thermique de la rivière, surtout depuis l'accélération du réchauffement climatique dans les années 90, est une autre piste à explorer (diagnostic aujourd'hui facilité à l'aide de caméras thermiques embarquées sur des drones). La température conditionne notamment la vitesse des réactions chimiques et biochimiques et donc les équilibres physico-chimiques, ainsi que les phases des cycles biologiques (Berthon et al., 1996, Bernez et al., 2010). La réduction des débits et le réchauffement de l'eau, à l'étiage estival, peut s'accompagner d'une augmentation de la biomasse algale (Miller et al., 2010). Le dysfonctionnement de l'ensemble du réseau trophique et même à la disparition de certaines populations peut en découler (Souchon et Nicolas, 2011). La piste écotoxicologique serait donc à tester dans l'Ance. En effet, la présence de biofilms est avérée sur les galets et roches des lits de l'Ance, en aval du barrage de Passouira. Un diagnostic pourrait être mis en place sur les caractéristiques de la biocénose aquatique (végétation, algues/diatomées, macrophytes, macro-invertébrés...) et l'évolution de leur répartition le long du continuum hydrologique (notamment de part et d'autre du barrage de Passouira). Ces protocoles sortent bien sûr de nos compétences et nécessitent l'intégration d'équipes de biologistes des hydrosystèmes. Le développement des cyanobactéries benthiques est en hausse dans les rivières et leur impact sur la biodiversité aquatique est encore peu connue (Wood et al., 2020). Les proliférations de cyanobactéries potentiellement toxiques sont de plus en plus fréquentes en eau douce (Hudon et al., 2014). La production d'anatoxine par certaines espèces, est même à l'origine de cas de mortalités de mammifères (Boiselleau et al., 2018).

Des études récentes démontrent que même dans des masses d'eau oligotrophes, le développement de cyanobactéries semble assez important, notamment dans les secteurs à

**Commenté [dd22]:** Rejet = Step ? Si Step en aval alors doit-on modifier cette phrase ?

**Commenté [HD23R22]:** Step = station d'épuration et rejet = rejet ponctuel

**Commenté [HD24R22]:** Si y a une step et ou rejet situé entre le barrage et le site de prélèvement, alors le barrage peut être exclue comme source de contamination.

débits plus faibles de la rivière Ain (Robichon et al., sous presse). Le dosage de l'anatoxine-a dans les biofilms formés à partir du milieu de l'été a montré des résultats encourageant pour caractériser de telles pollutions dans cette rivière (Robichon et al., sous presse). Une analyse de l'évolution spatio-temporelle du peuplement de phytoplancton en relation avec les caractéristiques physico-chimiques de l'eau, dans différentes sections du bassin, pourrait documenter cet aspect biologique.

L'intensité de distorsion des cycles hydro-sédimentaires, thermiques et biologique, de l'effet barrière vis-à-vis des différents habitats nécessaires à l'accomplissement des cycles vitaux des organismes aquatiques reste à évaluer et devrait être envisagée à l'avenir.

#### Références bibliographiques :

- Bernez, I., Daniel, H., & Haury, J. (2001). Étude des variations des communautés végétales aquatiques sous l'effet de perturbations anthropiques en rivière régulée. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, (357-360), 169-189.
- Berthon, J. L., Devaux, J., Aleya, L., Giraudet, H., & Restituto, F. (1996). Déterminisme de l'eutrophisation de la retenue de Grangent (Loire): Etude des apports en nutriments, de la dynamique des populations phytoplanctoniques et des relations phyto-zooplancton en 1990-1991. *Hydroécologie Appliquée*, 8, 99-125.
- Boisseleau, D., Peigner, P., & Polato, T. (2018). Cas groupés d'intoxications de chiens par des cyanobactéries dans la Loire. *Bulletin épidémiologique*, (82), 1-2.
- Defive, E., Berger, J. F., Poiraud, A., Barra, A., Bouvard, E., Virmoux, C., ... & Raynal, J. P. (2017). Les flux hydro-sédimentaires dans le bassin supérieur du fleuve Loire (Massif Central, France) au cours des trois derniers millénaires: archives séquentielles, chronologie et corrélations régionales. *Quaternaire. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 28(3), 373-388.
- Delile H., Dendievel A.-M., Yari A., Masson M., Miège C., Mourier B., Coquery M. 2022 – Legacy-micropollutant contamination levels in major river basins based on findings from the Rhône Sediment Observatory, *Hydrological Processes*, 36 (2), p. e14511.
- Delile, H., Coquery, M., Masson, M., Miège, C., Le Coz, J., 2020a, Approfondissement d'une méthodologie pour l'évaluation des tendances spatiales de contamination – spécificité du Rhône vis-à-vis des grands fleuves français. Livrable Action CI.3 OSR5 2018-2020, 64 p.
- Delile H., Masson M., Miège C., Le Coz J., Poulhier G., Le Bescond C., Radakovitch O., Coquery M. 2020b – Hydro-climatic drivers of land-based organic and inorganic particulate micropollutant fluxes: The regime of the largest river water inflow of the Mediterranean Sea, *Water Research*, 185, p. 116067.
- Dhivert E., Grosbois C., Rodrigues S., Desmet M. 2015 – Influence of fluvial environments on sediment archiving processes and temporal pollutant dynamics (Upper Loire River, France), *Science of The Total Environment*, 505, p. 121-136.

- Hudon, C., De Sève, M., & Cattaneo, A. (2014). Increasing occurrence of the benthic filamentous cyanobacterium *Lyngbya wollei*: a symptom of freshwater ecosystem degradation. *Freshwater Science*, 33(2), 606-618.
- Mathon B., M. Ferreol, A. Togola, S. Lardy-Fontan, A. Dabrin, I.J. Allan, P-F. Staub, N. Mazzella, C. Miège – POCIS as an effective tool for chemical monitoring of surface waters – Results from national-scale one-year monitoring in France.
- Miller S. W., Wooster David and Li J.L. 2010. Does species trait composition influence macro-invertebrate responses to irrigation water withdrawals: evidence from the intermountain West, Usa. *River Research and Applications*, 26: 1261–1280.
- Robichon, C., Robin, J., & Dolédec, S. Hydraulics Override Potentially Toxic Benthic Cyanobacteria Blooms in a Regulated River. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4264656> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4264656> , en révision.
- Roussiez V., Ludwig W., Probst J.-L., Monaco A. 2005 – Background levels of heavy metals in surficial sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean): an approach based on <sup>133</sup>Cs normalization and lead isotope measurements, *Environmental Pollution (Barking, Essex: 1987)*, 138 (1), p. 167-177.
- Souchon, Y., & Nicolas, V. (2011). Barrages et seuils: principaux impacts environnementaux. Rapport *Onema-Cemagref, Vincennes, Antony*, 28p.
- Tobiszewski M., Namieśnik J. 2012 – PAH diagnostic ratios for the identification of pollution emission sources, *Environmental Pollution*, 162, p. 110-119.
- Wood, S. A., Kelly, L., Bouma-Gregson, K., Humbert, J. F., Laughinghouse IV, H. D., Lazorchak, J., ... & Davis, T. W. (2020). Toxic benthic freshwater cyanobacterial proliferations: Challenges and solutions for enhancing knowledge and improving monitoring and mitigation. *Freshwater biology*, 65(10), 1824.
- Yunker M.B., Macdonald R.W., Vingarzan R., Mitchell R.H., Goyette D., Sylvestre S. 2002 – PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH ratios as indicators of PAH source and composition, *Organic Geochemistry*, 33 (4), p. 489-515.



### Annexe 1a : HAP analysés par le Laberca

Concentration en ng/g<sup>-1</sup> de poids sec  
 Accréditation COFRAC Essais. n°1-0549

ID LABERCA	ID client	Matrice	date début d'analyse	date émission des résultats	PHE	AN	FA	PY	B(c)F	BaA	CPP	CHR	5-MCH
22.1403.1	ANCE-HAP1	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	50.5	21.60	127	85.70	5.43	70.20	25.10	76.30	1.97
22.1403.2	ANCE-HAP2	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	68.10	28.70	176	107.0	7.66	94.50	31.30	105	2.80
22.1403.3	ANCE-HAP3	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	35.80	19.10	101	70.90	3.80	57.10	17.90	57.80	1.49
22.1403.4	ANCE-HAP4	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	54.70	13.70	122	84.00	4.07	60.50	19.20	65.10	1.42
22.1403.5	ANCE-HAP5	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	87.20	28.10	213	113	9.49	114	27.50	112	2.90
22.1403.6	ANCE-HAP6	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	48.30	21.10	145	106	6.22	82.80	27.70	95.00	2.83
				Moyenne	57.4333 3	22.05	147.333 3	94.4333 3	6.11166 7	79.85	24.7833 3	85.2	2.235

### Annexe 1b (suite) : HAP analysés par le Laberca

Concentration en ng/g<sup>-1</sup> de poids sec  
 Accréditation COFRAC Essais. n°1-0549

ID LABERCA	ID client	Matrice	date début d'analyse	date émission des résultats	PHE	AN	FA	PY	B(c)F	BaA	CPP	CHR	5-MCH	BbF
22.1403.1	ANCE-HAP1	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	50.5	21.60	127	85.70	5.43	70.20	25.10	76.30	1.97	93.90
22.1403.2	ANCE-HAP2	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	68.10	28.70	176	107.0	7.66	94.50	31.30	105	2.80	126
22.1403.3	ANCE-HAP3	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	35.80	19.10	101	70.90	3.80	57.10	17.90	57.80	1.49	73.30
22.1403.4	ANCE-HAP4	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	54.70	13.70	122	84.00	4.07	60.50	19.20	65.10	1.42	84.40
22.1403.5	ANCE-HAP5	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	87.20	28.10	213	113	9.49	114	27.50	112	2.90	116
22.1403.6	ANCE-HAP6	sédiment	11/07/2022	18/07/2022	48.30	21.10	145	106	6.22	82.80	27.70	95.00	2.83	106
				Moyenne	57.43333	22.05	147.3333	94.43333	6.111667	79.85	24.78333	85.2	2.235	99.93333

**Annexe 2a : Concentrations en ppm (mg/kg<sup>1</sup>) des échantillons de l'Ance (ETM)  
Mesure par Pistolet XRF**

Echantillons	Berge/Fond	Sous Bassin	Al	Cr	EFCAI	EFCTI	EFCSI	Ni	EFNAI	EFNTI	EFNSI	Pb	EFPAI	EFPTI	EFPSI	Si	Sn	EFSAI	EFSTI	EFSSI	Zn	EFZAI	EFZTI	EFZSI	Zr
a50a	a	Affluent reserve du plot	79187.5	35.8	7.8	1.7	8.1	32.7	6.4	2.1	6.5	24.7	0.8	0.3	0.8	268447.1	24.1	1.9	0.6	2.0	93.3	4.1	1.3	4.2	149.3
a50b	b	Affluent reserve du plot	74845.0	34.1	7.9	1.8	7.4	25.7	5.3	1.8	5.0	28.3	1.0	0.3	0.9	277879.1	17.9	1.5	0.5	1.4	94.4	4.3	1.5	4.1	142.9
a15a	a	Bertre	75254.1	13.9	3.2	1.5	3.0	9.7	2.0	1.4	1.8	24.8	0.9	0.6	0.8	284113.3	11.5	1.0	0.7	0.9	25.1	1.1	0.8	1.1	90.7
a15b	b	Bertre	69525.8	5.7	1.4	0.7	1.2	6.1	1.4	1.0	1.2	27.7	1.0	0.8	0.9	276989.0	14.3	1.3	1.0	1.1	20.0	1.0	0.7	0.9	73.7
a48a	a	Bertre	67148.8	21.2	5.5	1.7	5.0	9.1	2.1	1.0	1.9	28.5	1.1	0.5	1.0	255376.1	10.2	1.0	0.4	0.9	43.5	2.2	1.0	2.0	223.2
a59a	a	Bertre	64412.1	9.0	2.4	1.9	1.8	2.0	0.5	0.6	0.4	25.9	1.0	1.2	0.8	297011.4	11.4	1.1	1.3	0.9	12.2	0.7	0.8	0.5	99.3
a60a	a	Chalencon	67608.0	6.1	1.6	0.6	1.3	7.3	1.6	1.0	1.4	22.3	0.9	0.5	0.7	284592.3	13.6	1.3	0.8	1.1	30.5	1.6	0.9	1.3	91.4
a19a	a	Chandieu	71985.1	18.4	4.4	1.7	4.0	17.3	3.7	2.1	3.3	28.8	1.0	0.6	0.9	281852.6	15.6	1.4	0.8	1.2	57.6	2.8	1.5	2.5	122.8
a19b	b	Chandieu	70411.8	7.1	1.8	0.9	1.6	11.3	2.5	1.8	2.2	25.7	0.9	0.7	0.9	269771.0	14.4	1.3	0.9	1.2	32.4	1.6	1.2	1.4	75.0
a20a	a	Chandieu	80971.3	75.0	16.0	2.4	25.0	41.6	7.9	1.7	12.3	38.1	1.2	0.3	1.9	181531.9	11.4	0.9	0.2	1.4	171.1	7.3	1.6	11.3	169.2
a21a	a	Chandieu	64636.0	34.9	9.3	2.1	8.8	28.9	6.9	2.3	6.5	31.4	1.3	0.4	1.2	239210.7	10.8	1.1	0.4	1.0	118.1	6.3	2.1	5.9	176.9
a21b	b	Chandieu	74672.1	20.1	4.7	1.5	4.9	19.5	4.0	1.9	4.2	31.2	1.1	0.5	1.1	249536.8	16.2	1.4	0.6	1.4	71.7	3.3	1.5	3.5	96.0
a22a	a	Chandieu	77672.8	33.2	7.4	2.4	7.5	16.6	3.3	1.6	3.3	28.2	0.9	0.4	0.9	268881.4	16.5	1.3	0.6	1.4	51.7	2.3	1.1	2.3	140.1
a22b	b	Chandieu	66297.1	17.0	4.4	1.5	3.7	15.4	3.6	1.8	2.9	30.1	1.2	0.6	1.0	281258.1	17.1	1.6	0.8	1.3	44.4	2.3	1.2	1.9	140.3
a23a	a	Chandieu	61120.2	39.9	11.3	1.9	12.6	26.2	6.6	1.7	7.4	29.4	1.2	0.3	1.4	191207.7	13.7	1.4	0.4	1.6	101.6	5.7	1.4	6.4	115.1
a24a	a	Chandieu	61129.8	26.5	7.5	2.0	6.3	20.7	5.2	2.1	4.4	31.2	1.3	0.5	1.1	254133.3	15.3	1.6	0.6	1.3	62.8	3.5	1.4	3.0	159.0
a24b	b	Chandieu	70600.1	39.0	9.6	2.1	10.0	27.5	6.0	2.0	6.2	40.8	1.5	0.5	1.6	236875.6	17.3	1.5	0.5	1.6	75.2	3.7	1.2	3.8	180.6
a25a	a	Chandieu	62548.1	27.6	7.6	1.8	6.9	22.3	5.5	2.0	4.9	26.4	1.1	0.4	1.0	242056.5	12.3	1.3	0.5	1.1	57.0	3.1	1.1	2.8	94.7
a26a	a	Chandieu	71692.3	43.3	10.5	2.1	11.8	37.5	8.0	2.5	9.1	34.4	1.2	0.4	1.4	221325.6	15.9	1.4	0.4	1.6	94.6	4.5	1.4	5.1	165.3
a26b	b	Chandieu	69889.3	19.8	4.9	1.6	4.8	21.3	4.7	2.3	4.6	26.8	1.0	0.5	1.0	250686.8	11.6	1.1	0.5	1.0	43.9	2.2	1.1	2.1	97.2
a27a	a	Chandieu	74394.0	25.6	6.0	2.3	6.0	19.4	4.0	2.3	4.0	27.2	0.9	0.5	0.9	260236.3	12.3	1.0	0.6	1.0	36.1	1.7	1.0	1.7	96.3
a27b	b	Chandieu	58233.0	3.0	0.9	0.4	0.8	13.0	3.4	2.0	2.9	26.3	1.2	0.7	1.0	240107.4	11.5	1.2	0.7	1.1	27.4	1.6	1.0	1.4	109.1
a28a	a	Chandieu	65282.1	22.1	5.9	1.6	5.3	23.5	5.5	2.3	5.0	31.0	1.2	0.5	1.1	250886.9	13.2	1.3	0.5	1.2	48.4	2.6	1.1	2.3	115.5

**Annexe 2b (suite) : Concentrations en ppm (mg/kg<sup>-1</sup>) des échantillons de l'Ance (ETM)**

Echantillon s	Berge/Fond	Sous Bassin	Al	Cr	EFCr <sub>i</sub>	EFCr <sub>r</sub>	EFCr <sub>s</sub>	Ni	EFNi <sub>a</sub>	EFNi <sub>r</sub>	EFNi <sub>s</sub>	Pb	EFPb <sub>a</sub>	EFPb <sub>r</sub>	EFPb <sub>s</sub>	Si	Sn	EFSn <sub>a</sub>	EFSn <sub>r</sub>	EFSn <sub>s</sub>	Zn	EFZn <sub>a</sub>	EFZn <sub>r</sub>	EFZn <sub>s</sub>	Zr
a28b	b	Chandieu	62513.9	2.0	0.6	0.4	0.4	2.0	0.5	0.6	0.3	24.7	1.0	1.2	0.7	313387.0	9.8	1.0	1.1	0.7	20.6	1.1	1.3	0.8	62.4
a4a	a	Chandieu	72473.0	23.0	5.5	1.6	5.4	21.8	4.6	2.0	4.5	31.0	1.1	0.5	1.1	259015.1	16.6	1.5	0.6	1.4	60.0	2.9	1.2	2.8	334.5
a4b	b	Chandieu	69330.8	22.1	5.5	2.2	5.1	15.3	3.4	2.0	3.1	26.6	1.0	0.6	0.9	263891.5	14.3	1.3	0.8	1.2	41.3	2.1	1.2	1.9	80.8
a45a	a	Cros	63201.1	41.1	11.3	2.2	10.9	2.0	0.5	0.1	0.5	41.1	1.7	0.5	1.6	227694.4	13.7	1.4	0.4	1.3	92.6	5.0	1.4	4.9	104.1
a46a	a	Cros	61541.2	26.8	7.5	1.2	8.3	35.8	8.9	2.2	9.8	35.2	1.5	0.4	1.6	195143.0	19.9	2.1	0.5	2.3	102.0	5.7	1.4	6.3	198.2
a47b	b	Cros	66783.1	17.1	4.4	2.3	3.3	4.0	0.9	0.7	0.7	24.9	1.0	0.7	0.7	312125.2	11.1	1.0	0.8	0.8	44.2	2.3	1.8	1.7	76.9
a38a	a	Entre l'herm et Chandieu	76914.3	44.7	10.1	3.5	10.3	22.3	4.5	2.3	4.6	30.1	1.0	0.5	1.0	262087.3	12.3	1.0	0.5	1.0	42.1	1.9	1.0	1.9	143.7
a16a	a	L'ance	69614.9	23.2	5.8	1.9	5.2	12.7	2.8	1.4	2.5	28.1	1.0	0.5	0.9	268467.6	13.3	1.2	0.6	1.1	47.2	2.3	1.2	2.1	109.5
a16b	b	L'ance	75172.6	19.4	4.5	1.7	4.4	14.2	2.9	1.7	2.9	27.5	0.9	0.5	0.9	267910.5	16.0	1.3	0.8	1.3	44.5	2.0	1.2	2.0	84.2
a17a	a	L'ance	69268.1	14.1	3.5	1.4	3.1	12.3	2.7	1.6	2.4	27.6	1.0	0.6	0.9	277949.8	15.8	1.4	0.8	1.3	41.6	2.1	1.2	1.8	88.3
a17b	b	L'ance	72767.7	27.6	6.6	1.7	6.0	16.5	3.5	1.4	3.2	25.3	0.9	0.4	0.8	276107.4	19.4	1.7	0.7	1.6	48.2	2.3	0.9	2.1	98.9
a18a	a	L'ance	61911.4	15.5	4.3	2.5	3.1	2.0	0.5	0.4	0.4	27.4	1.1	1.0	0.8	303212.4	13.6	1.4	1.2	1.0	26.3	1.5	1.3	1.0	67.0
a18b	b	L'ance	77352.1	11.0	2.5	1.0	2.4	14.0	2.8	1.7	2.7	32.0	1.1	0.6	1.0	278266.4	13.1	1.1	0.6	1.0	45.8	2.0	1.2	2.0	105.3
a1a	a	L'ance	74458.2	49.1	11.4	2.1	12.8	32.2	6.7	1.9	7.5	30.0	1.0	0.3	1.2	232158.2	15.9	1.4	0.4	1.5	64.4	3.0	0.8	3.3	227.2
a1b	b	L'ance	75341.0	38.0	8.7	2.0	10.0	29.9	6.1	2.1	7.0	29.9	1.0	0.3	1.2	230673.6	15.5	1.3	0.4	1.5	69.2	3.2	1.1	3.6	218.7
a3a	a	L'ance	78078.8	58.7	13.0	2.4	15.5	42.3	8.3	2.3	9.9	33.6	1.1	0.3	1.3	229084.4	19.0	1.5	0.4	1.8	77.7	3.4	0.9	4.1	531.7
a3b	b	L'ance	78846.1	37.9	8.3	2.4	8.7	22.8	4.5	1.9	4.6	28.8	0.9	0.4	1.0	263796.2	15.0	1.2	0.5	1.3	53.0	2.3	1.0	2.4	196.4
a49a	a	L'ance	64848.1	7.9	2.1	1.8	1.6	10.2	2.4	3.1	1.9	30.6	1.2	1.5	1.0	290527.8	12.6	1.2	1.6	1.0	23.4	1.2	1.6	1.0	81.3
a49b	b	L'ance	76776.3	10.4	2.4	1.0	2.2	13.5	2.7	1.7	2.6	27.6	0.9	0.6	0.9	284398.0	17.7	1.5	0.9	1.4	47.8	2.1	1.3	2.0	82.2
a5a	a	L'ance	76306.5	26.0	5.9	1.3	5.9	19.9	4.0	1.3	4.0	27.0	0.9	0.3	0.9	266903.6	19.9	1.7	0.5	1.7	51.2	2.3	0.7	2.3	207.5
a5b	b	L'ance	75998.8	25.2	5.7	2.3	5.6	14.7	3.0	1.7	2.9	26.6	0.9	0.5	0.9	271880.6	16.6	1.4	0.8	1.4	40.4	1.8	1.1	1.8	96.0
a61a	a	L'ance	72397.5	46.8	11.2	1.8	13.0	39.8	8.4	2.0	9.8	41.1	1.5	0.3	1.7	217720.1	18.0	1.6	0.4	1.8	118.2	5.6	1.3	6.5	311.9

**Annexe 2c (suite) : Concentrations en ppm (mg/kg<sup>-1</sup>) des échantillons de l'Ance (ETM)**

Echantillons	Berge/Fond	Sous Bassin	Al	Cr	EFCr <sub>A</sub>	EFCr <sub>T</sub>	EFCr <sub>S</sub>	Ni	EFNi <sub>A</sub>	EFNi <sub>T</sub>	EFNi <sub>S</sub>	Pb	EFPb <sub>A</sub>	EFPb <sub>T</sub>	EFPb <sub>S</sub>	Si	Sn	EFsN <sub>A</sub>	EFsN <sub>T</sub>	EFsN <sub>S</sub>	Zn	EFZn <sub>A</sub>	EFZn <sub>T</sub>	EFZn <sub>S</sub>	Zr
a12a	a	Lembron	66593.2	4.7	1.2	0.9	1.0	6.2	1.4	1.5	1.2	28.7	1.1	1.2	0.9	286341.2	12.7	1.2	1.3	1.0	35.1	1.8	1.9	1.5	70.6
a53a	a	Lembron	78725.6	3.4	0.8	0.4	0.7	7.8	1.5	1.3	1.5	28.2	0.9	0.8	0.9	281136.2	11.5	0.9	0.8	0.9	35.7	1.6	1.4	1.5	98.6
a53b	b	Lembron	74032.5	10.7	2.5	1.6	2.2	3.2	0.7	0.6	0.6	26.2	0.9	0.9	0.8	292376.0	13.8	1.2	1.1	1.0	26.9	1.3	1.2	1.1	76.9
a54a	a	Lembron	79680.1	21.4	4.7	2.2	4.7	12.7	2.4	1.7	2.5	30.8	1.0	0.7	1.0	275837.5	12.0	1.0	0.7	1.0	46.6	2.0	1.4	2.0	163.9
a54b	b	Lembron	81494.4	8.8	1.9	1.2	1.9	8.7	1.6	1.6	1.6	27.4	0.9	0.8	0.9	286632.0	13.4	1.0	1.0	1.0	30.1	1.3	1.2	1.3	71.5
a55a	a	Lembron	79705.5	16.5	3.6	2.0	3.5	11.8	2.3	1.9	2.3	26.0	0.8	0.7	0.8	281895.9	13.9	1.1	0.9	1.1	22.0	0.9	0.8	0.9	80.8
a55b	b	Lembron	80971.1	11.8	2.5	1.4	2.6	13.1	2.5	2.0	2.6	23.6	0.8	0.6	0.8	273240.6	13.6	1.1	0.9	1.1	23.5	1.0	0.8	1.0	55.9
a56b	b	Lembron	78448.5	9.4	2.1	1.6	1.8	2.0	0.4	0.5	0.3	27.3	0.9	1.0	0.8	321779.4	9.1	0.7	0.8	0.6	30.2	1.3	1.5	1.1	62.0
a57a	a	Lembron	77213.2	20.1	4.5	1.7	4.5	16.1	3.2	1.8	3.2	34.9	1.2	0.6	1.2	269531.2	12.7	1.0	0.6	1.0	51.8	2.3	1.3	2.3	108.7
a57b	b	Lembron	78716.0	13.6	3.0	1.5	2.9	10.4	2.0	1.5	1.9	31.4	1.0	0.7	1.0	287424.4	12.0	1.0	0.7	0.9	34.8	1.5	1.1	1.5	96.9
a58a	a	Lembron	67721.6	2.0	0.5	0.3	0.4	2.0	0.5	0.4	0.4	25.3	1.0	0.9	0.8	298406.0	15.7	1.5	1.3	1.2	11.8	0.6	0.5	0.5	60.4
a58b	b	Lembron	73252.0	2.0	0.5	0.6	0.4	3.8	0.8	1.4	0.7	30.9	1.1	1.9	0.9	305512.4	15.2	1.3	2.3	1.1	12.7	0.6	1.1	0.5	50.5
a7b	b	Lembron	71024.5	7.8	1.9	0.7	1.7	14.1	3.1	1.7	2.7	26.2	1.0	0.5	0.8	285945.1	14.4	1.3	0.7	1.1	34.3	1.7	0.9	1.4	94.3
a9a	a	Lembron	71467.5	6.7	1.6	0.6	1.5	11.0	2.4	1.3	2.2	31.1	1.1	0.6	1.0	274990.0	16.9	1.5	0.8	1.4	52.8	2.5	1.4	2.3	97.4
a9b	b	Lembron	78688.8	12.7	2.8	1.1	2.7	16.7	3.3	2.0	3.2	28.4	0.9	0.6	0.9	280381.8	15.5	1.2	0.8	1.2	50.3	2.2	1.3	2.2	79.6
a30b	b	L'herm	62603.5	17.1	4.7	2.0	3.8	17.4	4.3	2.7	3.5	28.3	1.2	0.7	0.9	270812.9	11.0	1.1	0.7	0.9	49.9	2.7	1.7	2.2	84.8
a31a	a	L'herm	69809.7	19.5	4.8	1.4	4.9	21.2	4.7	2.0	4.7	29.1	1.1	0.4	1.1	240039.3	16.1	1.5	0.6	1.5	82.0	4.0	1.7	4.1	92.1
a31b	b	L'herm	71608.2	4.7	1.1	0.5	1.1	12.0	2.6	1.8	2.5	25.4	0.9	0.6	0.9	261829.5	22.5	2.0	1.4	1.9	50.9	2.4	1.7	2.3	76.7
a33a	a	L'herm	71594.5	19.9	4.8	1.1	4.8	14.4	3.1	1.1	3.1	26.0	0.9	0.3	0.9	251740.4	21.1	1.9	0.6	1.9	57.7	2.8	0.9	2.8	225.2
a33b	b	L'herm	70722.4	17.9	4.4	1.3	3.9	12.4	2.7	1.2	2.4	24.5	0.9	0.4	0.8	278113.7	14.8	1.3	0.6	1.2	44.0	2.1	0.9	1.9	193.6
a34a	a	L'herm	60651.5	18.8	5.4	1.8	4.3	10.9	2.8	1.4	2.2	27.6	1.2	0.6	1.0	261547.1	13.1	1.4	0.7	1.1	53.1	3.0	1.5	2.4	133.1
a34b	b	L'herm	74631.5	23.4	5.4	2.0	5.1	11.3	2.3	1.3	2.2	28.2	1.0	0.5	0.9	277923.8	13.2	1.1	0.6	1.1	63.3	2.9	1.6	2.7	102.2
a35a	a	L'herm	55586.8	8.3	2.6	0.8	2.0	10.4	2.9	1.4	2.2	25.4	1.2	0.6	0.9	250901.9	10.5	1.2	0.6	0.9	48.5	3.0	1.5	2.3	106.2

**Annexe 2d (suite) : Concentrations en ppm (mg/kg<sup>-1</sup>) des échantillons de l'Ance (ETM)**

Echantillons	Berge/Fond	Sous Bassin	Al	Cr	EFCr <sub>Al</sub>	EFCr <sub>Ti</sub>	EFCr <sub>Si</sub>	Ni	EFNi <sub>Al</sub>	EFNi <sub>Ti</sub>	EFNi <sub>Si</sub>	Pb	EFPb <sub>Al</sub>	EFPb <sub>Ti</sub>	EFPb <sub>Si</sub>	Si	Sn	EFSn <sub>Al</sub>	EFSn <sub>Ti</sub>	EFSn <sub>Si</sub>	Zn	EFZn <sub>Al</sub>	EFZn <sub>Ti</sub>	EFZn <sub>Si</sub>	Zr
a35b	b	L'herm	72714.9	3.3	0.8	0.3	0.7	10.1	2.1	1.3	1.9	26.7	0.9	0.6	0.9	279232.3	15.0	1.3	0.8	1.2	41.8	2.0	1.2	1.8	83.5
a36b	b	L'herm	63485.5	2.0	0.5	0.2	0.5	12.7	3.1	1.9	2.8	28.3	1.2	0.7	1.1	243404.6	6.8	0.7	0.4	0.6	44.3	2.4	1.5	2.2	96.6
a37a	a	L'herm	64881.4	12.2	3.3	1.2	2.9	11.8	2.8	1.5	2.5	29.6	1.2	0.6	1.0	259245.6	8.4	0.8	0.4	0.7	45.8	2.4	1.3	2.1	151.6
a43a	a	L'herm	74606.1	34.4	8.0	2.3	8.1	24.4	5.0	2.1	5.1	30.3	1.0	0.4	1.1	258426.1	14.1	1.2	0.5	1.2	69.8	3.2	1.4	3.2	149.8
a51a	a	Merdary	78763.8	25.8	5.7	1.8	6.2	18.6	3.6	1.7	4.0	30.3	1.0	0.5	1.1	253352.9	10.1	0.8	0.4	0.9	61.2	2.7	1.3	2.9	120.6
a51b	b	Merdary	65684.2	10.9	2.9	1.8	2.1	6.2	1.5	1.4	1.1	24.3	1.0	0.9	0.7	310740.1	8.2	0.8	0.7	0.6	21.7	1.1	1.1	0.8	74.7
a52a	a	Merdary	76702.5	18.4	4.2	1.9	4.5	19.1	3.8	2.6	4.2	32.0	1.1	0.7	1.2	247034.5	13.5	1.1	0.7	1.2	33.2	1.5	1.0	1.6	111.4
a52b	b	Merdary	82543.6	23.8	5.0	3.0	5.0	11.6	2.2	2.0	2.2	34.0	1.1	1.0	1.1	289198.9	12.8	1.0	0.9	1.0	19.2	0.8	0.7	0.8	19.2
a39a	a	Moulinet	70910.7	47.0	11.5	2.0	12.8	35.6	7.7	2.0	8.6	40.6	1.5	0.4	1.7	222067.2	23.8	2.1	0.5	2.4	127.1	6.2	1.6	6.9	209.7
a40a	a	Moulinet	67523.1	20.8	5.3	1.0	5.1	18.3	4.2	1.2	4.0	24.3	0.9	0.3	0.9	246827.7	15.8	1.5	0.4	1.4	68.2	3.5	1.0	3.3	168.7
a41a	a	Moulinet	70499.9	9.5	2.3	0.9	2.2	8.3	1.8	1.0	1.7	22.7	0.8	0.5	0.8	263609.3	15.1	1.4	0.8	1.3	32.9	1.6	0.9	1.5	87.2
a41b	b	Moulinet	74400.0	7.6	1.8	1.3	1.6	2.0	0.4	0.5	0.4	22.8	0.8	0.9	0.7	294605.2	11.2	1.0	1.1	0.8	19.7	0.9	1.0	0.8	73.4
a42a	a	Moulinet	78956.7	5.5	1.2	0.7	1.3	4.2	0.8	0.7	0.8	22.4	0.7	0.6	0.8	265894.3	14.4	1.2	0.9	1.2	22.6	1.0	0.8	1.0	91.8
a42b	b	Moulinet	69533.5	2.8	0.7	0.4	0.6	2.0	0.4	0.4	0.4	22.6	0.8	0.8	0.7	288249.1	13.1	1.2	1.1	1.0	21.8	1.1	1.0	0.9	143.6
a43b	b	L'herm	50902.0	2.0	0.7	0.2	0.5	5.5	1.6	0.8	1.3	22.8	1.2	0.6	0.9	233195.8	10.2	1.3	0.6	1.0	32.7	2.2	1.1	1.7	32.7
a44b	b	Cros	71381.7	7.5	1.8	0.8	1.7	8.8	1.9	1.3	1.7	24.8	0.9	0.6	0.8	274224.6	12.3	1.1	0.7	1.0	36.7	1.8	1.2	1.6	36.7
a47a	a	Cros	71690.1	27.6	6.7	3.5	5.5	23.1	4.9	3.9	4.1	23.1	0.8	0.7	0.7	304965.5	13.6	1.2	0.9	1.0	56.6	2.7	2.1	2.2	56.6

**Annexe 3a : HAP mesurés dans le particulaire provenant de la base de donnée Naiades :**

Lbstationmesureeauxsurf e	Lbsupport	Lbfractionanalysee	Dateprel	Heureprel	Dateana	Heureana	Lblongparamètre	Rsana	Symunitemesure
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Benzo(A)Anthracène	129	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Benzo(A)Pyrène	140	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Benzo(B)Fluoranthène	146	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Benzo(K)Fluoranthène	70	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	155	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Fluoranthène	263	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	107	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Anthracène	15	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Phénanthrène	107	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	27/07/2018	15:10:00	21/08/2018	13:25:00	Pyrène	268	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Benzo(A)Anthracène	191	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Benzo(A)Pyrène	160	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Benzo(B)Fluoranthène	201	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Benzo(K)Fluoranthène	92	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	208	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Fluoranthène	552	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	229	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Anthracène	20	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Phénanthrène	163	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	05/07/2016	14:40:00	02/08/2016	17:59:00	Pyrène	354	µg/(Kg MS)

ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Benzo(A)Anthracène	34	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Benzo(A)Pyrène	38	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Benzo(B)Fluoranthène	54	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Benzo(K)Fluoranthène	21	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	49	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Fluoranthène	94	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Phénanthrène	34	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	31/08/2007	07:30:00	20/09/2007	12:00:00	Pyrène	59	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Benzo(A)Anthracène	164	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Benzo(A)Pyrène	199	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Benzo(B)Fluoranthène	208	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Benzo(K)Fluoranthène	94	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	140	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Fluoranthène	320	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	192	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Phénanthrène	107	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	01/09/2009	10:00:00	01/09/2009	10:00:00	Pyrène	253	µg/Kg
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Benzo(A)Pyrène	79	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Benzo(B)Fluoranthène	79	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Benzo(K)Fluoranthène	42	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Fluoranthène	161	µg/(Kg MS)

ANCE DU NORD A BEAUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	54	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEAUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Anthracène	12	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A BEAUZAC	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/08/2020	09:29:00	18/09/2020	10:19:00	Phénanthrène	63	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Benzo(A)Anthracène	104	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Benzo(A)Pyrène	99	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Benzo(B)Fluoranthène	84	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Benzo(K)Fluoranthène	50	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	95	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Fluoranthène	236	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	68	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Anthracène	20	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Phénanthrène	108	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	10/07/2018	10:10:00	20/07/2018	00:20:00	Pyrène	170	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Benzo(A)Pyrène	113	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Benzo(B)Fluoranthène	83	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Benzo(K)Fluoranthène	42	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Fluoranthène	191	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	60	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Anthracène	18	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Matière Sèche De Particules < 2 Mm	12/07/2019	10:34:00	26/07/2019	14:58:00	Phénanthrène	78	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Benzo(A)Anthracène	35	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Benzo(A)Pyrène	38	µg/Kg

ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Benzo(B)Fluoranthène	105	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Benzo(K)Fluoranthène	44	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	78	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Fluoranthène	173	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	80	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Phénanthrène	71	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	29/08/2007	15:00:00	29/08/2007	15:00:00	Pyrène	117	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Benzo(A)Anthracène	101	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Benzo(A)Pyrène	111	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Benzo(B)Fluoranthène	110	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Benzo(K)Fluoranthène	51	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	75	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Fluoranthène	244	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	88	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Phénanthrène	108	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	07/08/2009	13:30:00	07/08/2009	13:30:00	Pyrène	175	µg/Kg
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Benzo(A)Anthracène	88	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Benzo(A)Pyrène	92	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Benzo(B)Fluoranthène	110	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Benzo(K)Fluoranthène	46	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Benzo(G,H,I)Pérylène	66	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Fluoranthène	178	µg/(Kg MS)

ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Indéno(1,2,3-Cd)Pyrène	73	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Anthracène	15	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Phénanthrène	75	µg/(Kg MS)
ANCE DU NORD A SAUVESSANGES	Sédiments	Particule < 2 Mm De Sédiments	28/07/2015	12:00:00	28/07/2015	12:00:00	Pyrène	132	µg/(Kg MS)