



## **Cahier des charges**

**pour les prélèvements et l'analyse de bryophytes des  
rivières de la Haute Vallée de l'Ain pour la  
détermination des concentrations en micropolluants  
métalliques**

*Marché à procédure adaptée N°2019-42*

**Parc naturel régional du Haut-Jura**  
Maison du Parc du Haut-Jura  
29 le Village  
39310 LAJOUX  
Tél : 03 84 34 12 30 Fax : 03 84 41 24 01  
Mail : [parc@parc-haut-jura.fr](mailto:parc@parc-haut-jura.fr)

## 1 – Préambule :

En 1995, les résultats des analyses de métaux dans les bryophytes de la Bienne révèlent d'importantes concentrations en micropolluants métalliques, notamment en cuivre et en nickel sur le secteur de Morez.

Pour réduire les rejets de cuivre et de nickel dans le milieu naturel, plusieurs programmes d'actions ont été menés avec les établissements industriels et artisanaux situés sur le bassin de la Bienne.

Afin de s'assurer de l'effet de ces actions sur la qualité du milieu naturel, une analyse des métaux sur les bryophytes est réalisée tous les 2 ans (années impaires) depuis 1995.

Une nouvelle campagne de mesure est donc prévue en 2019.

## 2 – Objet de la consultation :

La présente consultation vise la réalisation de prélèvements de bryophytes, leur analyse permettant de déterminer les concentrations en micropolluants métalliques et l'interprétation des résultats, sur 44 stations situées sur les rivières de la Haute Vallée de l'Ain (Ain, Valouse, Bienne, Saine, Lemme et leurs affluents).

A noter que les prélèvements et les analyses des 2 stations du Dombief ne concerneront pas des bryophytes (car absentes du cours d'eau) mais des sédiments.

La consultation est constituée de 2 lots :

- LOT 1 : prélèvement de bryophytes et conditionnement, envoi en laboratoire d'analyse, puis rédaction de d'un rapport comprenant l'interprétation des résultats fournis par le laboratoire d'analyse
- LOT 2 : analyse des bryophytes afin de déterminer les concentrations en 8 micropolluants métalliques

Ce cahier des charges est à destination des organismes susceptibles de réaliser des prélèvements de bryophytes et d'interpréter les résultats (LOT 1), et des laboratoires d'analyse accrédités pour l'analyse des micropolluants métalliques sur les bryophytes (LOT 2).

### A – Prélèvement des bryophytes et sédiments (LOT 1) – Tranche ferme

La liste des points de prélèvement, avec leurs coordonnées Lambert II, est jointe en annexe 1. Une cartographie plus précise de chaque point est intégrée en annexe 2.

#### *1-Bryophytes :*

Les prélèvements devront être réalisés durant une période de débits faibles et stables. Les bryophytes devront être prélevées entre le 29 juillet et le 9 août si les conditions hydrologiques le permettent. En cas de conditions hydrologiques défavorables lors de cette période, les prélèvements devront être réalisés dès que possible après le 9 août.

Les bryophytes seront recherchées sur des supports durs et stables (blocs, seuils, piliers de pont,...). L'échantillon destiné aux analyses sera constitué d'un mélange de prélevés effectués sur un maillage complet de la station de prélèvement afin de garantir sa représentativité (rive

droite, chenal et rive gauche). Les bryophytes susceptibles d'être émergées ne devront pas être prélevées.

Tout en veillant à ne pas arracher complètement les bryophytes afin que celles-ci repoussent, on prélèvera à la main les apex des mousses les plus récents, donc les plus verts, sur les touffes au feuillage développé, jusqu'à obtenir un volume équivalent à celui d'une orange.

Une seule et même espèce doit être prélevée sur chaque station.

Dès lors que l'espèce *Fontinalis Antipyretica* est présente sur la station, et en quantité suffisante pour réaliser le prélèvement, seule cette espèce doit être prélevée.

A défaut, les espèces à privilégier sont respectivement *Rhynchostegium riparioides*, *Cinclidotus riparius* (ou *nigricans*) et *Cinclidotus danubicus*. Si l'une de ces espèces devait être prélevée, l'interprétation des résultats devra tenir compte des différences de potentiel d'absorption selon les espèces.

Le nom de l'espèce de bryophyte prélevée devra être mentionné sur la fiche de résultats.

Le guide d'identification des bryophytes aquatiques (DIREN Franche-Comté, 2004) pourra être utilisé pour la détermination des espèces.

#### *2-Sédiments :*

Les sédiments prélevés sur les 2 stations du Dombief devront présenter des caractéristiques similaires en termes de granulométrie et de teneur en matière organique afin de faciliter la comparaison des résultats.

### B - Conditionnement et référencement des échantillons (LOT1) – Tranche ferme

L'ensemble de la logistique (conditionnement et acheminement des échantillons vers le transporteur) est à la charge de l'organisme chargé des prélèvements.

En revanche, les frais de transport jusqu'au laboratoire d'analyse sont à la charge du laboratoire (intégré au LOT2).

Les informations suivantes devront être transmises au laboratoire d'analyses (renseignement sur les fiches de demande d'analyse par exemple) :

- Numéro de point - Code Agence
- Nom du cours d'eau et de la station
- Date du prélèvement
- Nom de l'organisme de prélèvement
- Nom du support prélevé (bryophyte ou sédiment),
- Lorsqu'il s'agit de bryophytes, le nom de l'espèce prélevée

#### *i. Bryophytes :*

L'échantillon récolté est lavé très soigneusement dans l'eau de la rivière afin d'éliminer un maximum d'impuretés (sables, bactéries, algues, faune,...). Pendant cette opération, on veillera à ne pas endommager les mousses.

L'échantillon est ensuite essoré puis conditionné en flaconnage spécifique mis à disposition par le laboratoire, et enfin retourné au laboratoire dans des conditions évitant sa putréfaction (dans un milieu réfrigéré) et le relargage (en évitant de les laisser tremper dans de l'eau). Un temps de transport ne dépassant pas 48 heures entre le prélèvement et le retour au laboratoire doit être impérativement respecté.

ii. Sédiments :

Absence de précautions particulières.

C – Analyse en laboratoire (LOT2) – Tranche ferme sauf paragraphe v.

Les prestations demandées dans le cadre de la consultation sont les suivantes :

- Fourniture du flaconnage et des glacières nécessaires et prise en charges de frais de transport aller et retour de 42 échantillons de bryophytes et 2 échantillons de sédiments,
- Réalisation des dosages de 8 métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) sur les 42 échantillons de bryophyte et 2 échantillons de sédiments
- Transmission des résultats d'analyses compatibles avec le format XML EDILABO, et sous format PDF.

i. Flaconnage :

Le laboratoire chargé des analyses mettra à disposition le flaconnage vide et les glacières, blocs eutectiques et systèmes de calage nécessaires au rapatriement des 42 échantillons de bryophytes et 2 échantillons de sédiments au laboratoire. Il aura également à sa charge les frais inhérents au transport des flacons vides et au rapatriement des échantillons au laboratoire.

ii. Réception et préparation de l'échantillon :

A partir de chaque échantillon de bryophytes ou sédiments, le laboratoire devra constituer 2 sous-échantillons. Le premier sera soumis directement à l'analyse des 8 métaux tandis que le second devra être conservé de manière à ce que la concentration en métaux dans le sous-échantillon n'évolue pas dans le temps, pendant 1 mois après transmission des résultats.

Le laboratoire s'engage à mettre en œuvre les modalités relatives à la préparation des échantillons, précisées dans l'annexe 3 au présent CCTP. Dans le cas contraire, tout écart à cette annexe devra être indiqué et justifié lors de la réponse à la consultation.

iii. Dosages de métaux sur bryophytes et sédiments :

Les dosages porteront sur les 8 métaux suivants :

- Arsenic (As),
- Cadmium (Cd),
- Chrome (Cr),
- Cuivre (Cu),
- Mercure (Hg),
- Nickel (Ni),
- Plomb (Pb),
- Zinc (Zn).

Le laboratoire s'engage à mettre en œuvre les modalités relatives au dosage des métaux, précisées dans l'annexe 3 au présent CCTP. Dans le cas contraire, tout écart à cette annexe devra être indiqué et justifié lors de la réponse à la consultation.

iv. Transmission des résultats et délais :

Les résultats devront être rendus au Parc naturel régional du Haut-Jura, dans un délai maximum de 45 jours après la date de réception des échantillons.

Le bordereau de remise des résultats mentionnera :

- Numéro de point - Code Agence (*transmis par le préleveur avec les échantillons*),
- Nom du cours d'eau et de la station (*transmis par le préleveur avec les échantillons*),
- Date du prélèvement (*transmis par le préleveur avec les échantillons*),
- Date de remise des échantillons au laboratoire,
- Date de mise en œuvre des analyses,
- Nom de l'organisme de prélèvement (*transmis par le préleveur avec les échantillons*),
- Nom du support prélevé (bryophyte ou sédiment),
- Lorsqu'il s'agit de bryophytes, le nom de l'espèce prélevée (*transmis par le préleveur avec les échantillons*),
- Code SANDRE des paramètres analysés,
- Les résultats d'analyses,
- La limite de quantification (exprimée dans la même unité que le résultat),
- L'incertitude analytique,
- La méthode d'analyse,
- Toute information utile pour l'interprétation des résultats (incidents, particularités des échantillons,...)

Le laboratoire s'engage à transmettre les résultats sous format PDF et XML EDILABO à l'organisme chargé des prélèvements et au Parc naturel régional du Haut-Jura.

v. Analyse des sous-échantillons conservés : **(TRANCHE OPTIONNELLE)**

En fonction des résultats d'analyses obtenus, il pourra être demandé au laboratoire de procéder à l'analyse de certains métaux sur les sous-échantillons conservés pendant 1 mois après l'envoi des résultats (cf. § 2.C.ii).

D - Interprétation des résultats (LOT1) – Tranche ferme

L'organisme chargé du prélèvement devra interpréter les résultats obtenus dans la logique des éléments du rapport de l'année 2017 joint en annexe 4, en précisant notamment :

- l'évolution des concentrations en micropolluants métalliques entre les différentes stations de prélèvement pour la campagne 2019,

- l'évolution des concentrations en micropolluants métalliques des campagnes précédentes dont l'hydrologie des mois précédents le prélèvement était similaire à 2019, et ce au niveau de chaque station de prélèvement.

Les rapports d'analyse des analyses de bryophytes devront être transmis au Parc naturel régional du Haut-Jura sous format Word et papier (1 exemplaire) dans un délai de 2 mois après réception des résultats du laboratoire d'analyse.

L'organisme chargé du prélèvement et de l'interprétation des résultats devra intégrer à la proposition, la participation à une réunion afin de présenter les résultats obtenus.

### 3 – Organisation de la consultation :

#### A. La maîtrise d'ouvrage

La maîtrise d'ouvrage de l'opération sera assurée par le Parc naturel régional du Haut-Jura, représenté par son Président, Monsieur Jean-Gabriel NAST. Le suivi technique du dossier sera assuré par le chargé de mission Eau et Rivières, Bertrand DEVILLERS.

#### B. L'attribution des marchés

Le jugement des offres sera fondé sur deux critères pondérés :

- le prix, à hauteur de 50 pts
- la valeur technique, à hauteur de 50 pts, composée de :
  - pour le lot 1 :
    - capacité à identifier les espèces de bryophytes en rivière (10 pts)
    - logistique mise en œuvre pour le prélèvement, le conditionnement, le référencement des échantillons (20 pts)
    - capacité à rédiger un rapport d'étude pertinent par rapport aux demandes du cahier des charges (20 pts)
  - pour le lot 2 :
    - qualité du flaconnage et du matériel isotherme de transport, durée d'acheminement au laboratoire (10 pts)
    - accréditation pour l'analyse des 8 métaux recherchés sur bryophytes (15 pts)
    - limite de quantification (10 pts)
    - incertitude analytique (15 pts)

L'attribution du marché sera confirmée au prestataire retenu par une lettre de commande.

### C. Renseignement techniques et administratifs

Les personnes habilitées à donner les renseignements sont :

- Monsieur Bertrand DEVILLERS, Chargé de missions Eau et Rivières  
Parc naturel régional du Haut-Jura  
03 84 34 12 22  
[b.devillers@parc-haut-jura.fr](mailto:b.devillers@parc-haut-jura.fr)

### D. Modalités de paiement

Le paiement sera réalisé par mandat administratif dans un délais de 30 jours à compter de la réception de la facture. Le versement interviendra sur présentation d'un RIB et d'une facture.

### E. Le dépôt des offres

Les offres devront parvenir au Parc naturel régional du Haut-Jura **au plus tard le :**

**Vendredi 28 juin à 12 heures**

Les offres devront comporter :

1. Pour le LOT 1 :

- le devis,
- une note présentant la méthodologie envisagée pour réaliser la prestation en prenant soin de bien répondre aux critères de jugement des offres mentionnés au paragraphe 3.B ,
- tout élément supplémentaire que le candidat jugera intéressant pour le projet et/ou l'analyse de sa candidature,
- l'attestation sur l'honneur (document joint à compléter et signer).

2. Pour le LOT 2 :

- le devis pour l'analyse,
  - des 8 métaux sur 42 échantillons de bryophytes et 2 échantillons de sédiments,
  - **prix unitaire** pour l'analyse des 8 métaux sur les sous-échantillons constitués à partir des échantillons et conservés jusqu'à 1 mois après l'envoi des résultats (Tranche optionnelle),
- pour chacun des 8 métaux dosés, et en tenant compte des préconisations de l'annexe 3 au CCTP :
  - la méthode d'analyse,
  - les accréditations,
  - la limite de quantification,
  - l'incertitude analytique,
- toutes les précisions relatives :
  - au flaconnage qui sera mis à disposition pour transporter les échantillons de bryophytes,
  - au mode et délai de transport du flaconnage,

- au volume de bryophytes qu'il conviendra de prélever,
- le cas échéant, une note décrivant les écarts aux prescriptions de l'annexe 3 relative aux modalités de préparation des échantillons et de dosage des métaux ; ainsi que les solutions proposées,
- l'attestation sur l'honneur (document joint à compléter et signer).

Les offres sont à adresser par voie électronique à : [b.devillers@parc-haut-jura.fr](mailto:b.devillers@parc-haut-jura.fr) et [v.tinguely@parc-haut-jura.fr](mailto:v.tinguely@parc-haut-jura.fr)

En mentionnant dans chaque cas l'objet suivant : Analyse des métaux sur bryophytes

Les propositions adressées par mail feront l'objet d'un accusé de réception de la part du Parc. La capacité de réception des fichiers joints est limitée à 5 Mo. Pour tout envoi supérieur en volume, il est possible de passer par une plateforme de transfert de gros fichiers.

Fait à Lajoux, le 5 juin 2019

Le Président,  
Jean Gabriel NAST

## Marché public à procédure adaptée

---

### Attestations sur l'honneur du candidat (Document à retourner au Parc dûment rempli et signé)

---

→ Je soussigné \_\_\_\_\_ agissant en qualité de \_\_\_\_\_ atteste être à jour de mes obligations fiscales et sociales.

→ Je soussigné \_\_\_\_\_ agissant en qualité de \_\_\_\_\_ atteste n'avoir pas fait l'objet d'interdiction de concourir.

→ Je soussigné \_\_\_\_\_ agissant en qualité de \_\_\_\_\_ atteste n'avoir pas fait l'objet de condamnation pénale ni commis d'infraction au Code du Travail.

→ Je soussigné \_\_\_\_\_ agissant en qualité de \_\_\_\_\_ atteste ne rentrer dans aucun des cas mentionnés aux articles 45 et 48 de l'ordonnance du 23 juillet 2015 et notamment être en règle au regard des articles L. 5212-1 et L. 5212-11 du Code du Travail concernant l'emploi de travailleurs handicapés

Fait à \_\_\_\_\_

le \_\_\_\_\_

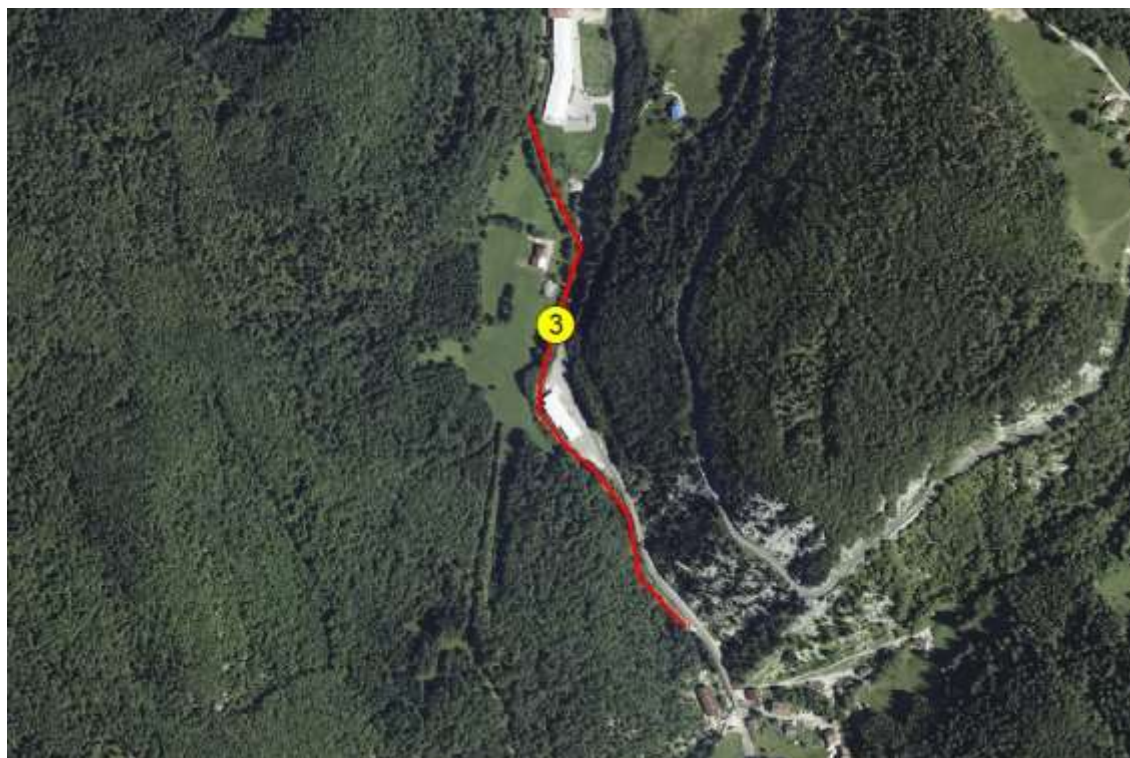
(Cachet et signature)

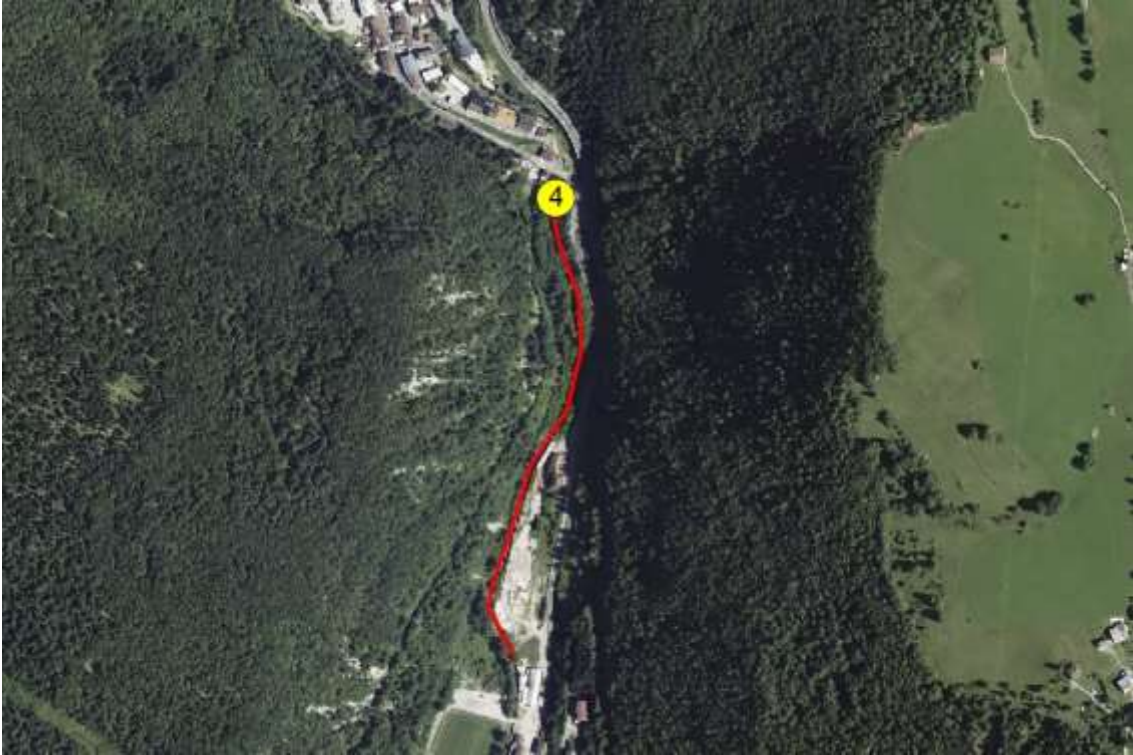
## ANNEXE 1

Stations de prélèvement :

|                        | Code station | Référence station | Descriptif de la station                   | Coordonnées Lambert 93 |         |
|------------------------|--------------|-------------------|--|------------------------|---------|
|                        |              |                   |  | X                      | Y       |
| Bienne                 | 6084480      | 3                 | Amont La Doye                              | 932021                 | 6603645 |
|                        | 6084500      | 4                 | Pont des Douanes                           | 932194                 | 6605651 |
|                        | 6400005      | 7                 | Place Lissac                               | 931734                 | 6606521 |
|                        | 6400006      | G                 | 50 m amont station 9                       | 931521                 | 6606941 |
|                        | 6400007      | 9                 | Square rue de la république                | 931534                 | 6607005 |
|                        | 6399110      | I                 | Amont conf Evalude                         | 931348                 | 6607724 |
|                        | 6400009      | 12                | Aval conf Evalude                          | 931247                 | 6607805 |
|                        | 6084600      | J                 | Aval STEP Morez                            | 930836                 | 6608055 |
|                        | 6400025      | 14                | Amont conf Doye Gabet                      | 930232                 | 6607906 |
|                        | 6400040      | 34                | Amont barrage Tancua                       | 928806                 | 6606588 |
|                        | 6084650      | 16                | Usine Electrique                           | 927402                 | 6605532 |
|                        | 6400035      | 36                | Amont Pissevielle                          | 922022                 | 6599051 |
|                        | 6084700      | 17                | Roche Blanche                              | 921792                 | 6599019 |
|                        | 6400012      | 18                | Amont Pont d'Avignon                       | 920121                 | 6592816 |
|                        | 6400013      | 22                | Aval Etables                               | 915981                 | 6590415 |
|                        | 6084900      | 25                | Aval Pont Chassal                          | 914151                 | 6588158 |
| 6085500                | 28           | Pont de Jeurre    | 908391                                     | 6588793                |         |
| 6400015                | 29           | Pont d'Epercy     | 905972                                     | 6584882                |         |
| Affluents de la Bienne | 6084800      | 19                | Chapy à Montépile                          | 923681                 | 6588734 |
|                        | 6084920      | 20                | Tacon aval Grand Pont                      | 919918                 | 6591305 |
|                        | 6400105      | 39                | Tacon Lycée Pré-Saint-Sauveur              | 920538                 | 6590815 |
|                        | 6084890      | 24                | Lizon usine Lahu                           | 915220                 | 6590821 |
|                        | 6400017      | 33                | Longviry Molinges                          | 913516                 | 6587641 |
|                        | 6320210      | 26                | Enragé Chassal                             | 912919                 | 6588215 |
|                        | 6400014      | 27                | Héria Jeurre                               | 908409                 | 6589194 |
|                        | 6400045      | 31                | Merdançon Dortan                           | 904426                 | 6583564 |
| Saine                  | 0            | 15                | Doye Gabet                                 | 930164                 | 6607851 |
|                        | 6400065      | S1                | Saine aval Foncine le Haut                 | 933336                 | 6620726 |
|                        | 6083640      | S2                | Saine aval Les Planches                    | 929661                 | 6621975 |
| Lemme et ses affluents | 6400075      | S3                | Saine aval conf Lemme                      | 924873                 | 6625618 |
|                        | 6083672      | L1                | Lemme Pont de Lemme                        | 926698                 | 6616384 |
|                        | 6083680      | L2                | Lemme aval STEP Chaux des Crotenay         | 925216                 | 6621995 |
|                        | 6083675      | D0                | Dombief amont STEP (analyse sur sédiments) | 922299                 | 6614689 |
| Ain                    | 6400055      | D1                | Dombief aval STEP (analyse sur sédiments)  | 922510                 | 6615007 |
|                        |              | 101               | Chatillon pont D39                         | 909528                 | 6620750 |
|                        |              | 102               | Pont de Poitte - aval la Saisse            | 906903                 | 6612415 |
| Murgin                 | 6084450      | M1                | Murgin aval Moirans                        | 907902                 | 6595387 |
| Hérisson               |              | H1                | Pont le Vernois                            | 910321                 | 6620306 |
| Drouvenant             |              | DR1               | Boissia pont D27                           | 908808                 | 6614201 |
| Valouse                |              | V1                | Orgelet - Moulin neuf                      | 899763                 | 6603576 |
| Valouse                |              | V2                | Saint-Hymetière - aval pont D56            | 895103                 | 6588702 |
| Toreigne               |              | T1                | Orgelet - aval pont D470                   | 899158                 | 6608044 |
| Toreigne               |              | T2                | Sézéria - aval pont Point-Côté 483         | 897198                 | 6605255 |
| Ruisseau de Chartru    |              | C1                | Arinthod - aval pont D109                  | 896793                 | 6593390 |

## ANNEXE 2

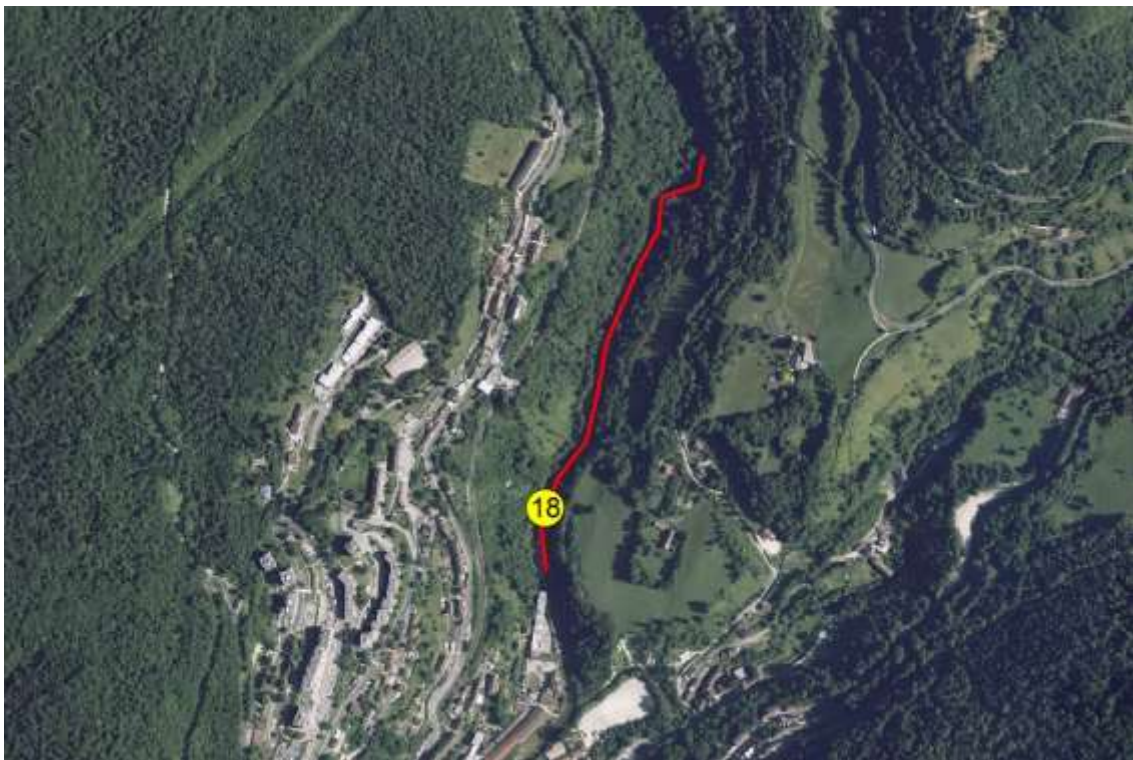




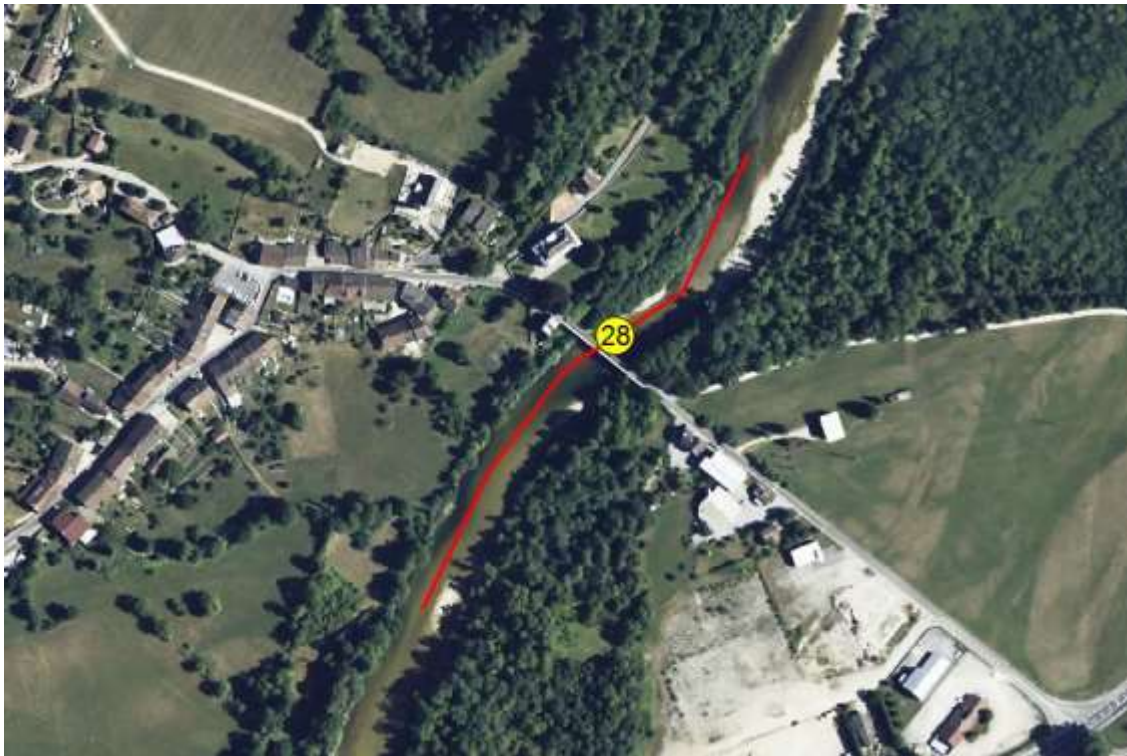




























### Stations de prélèvement Bryophytes Ain médian et Hérisson



**Cours d'eau :** Ain médian

**Commune :** Châtillon/Ain

**Observations particulières :**  
Prélèvement RD en aval du pont

**Cours d'eau :** Hérisson

**Commune :** Châtillon/Ain

**Observations particulières :**  
RAS

### Stations de prélèvement Bryophytes Ain médian et Drouvenant



**Cours d'eau :** Ain médian

**Commune :** Patornay

**Observations particulières :**

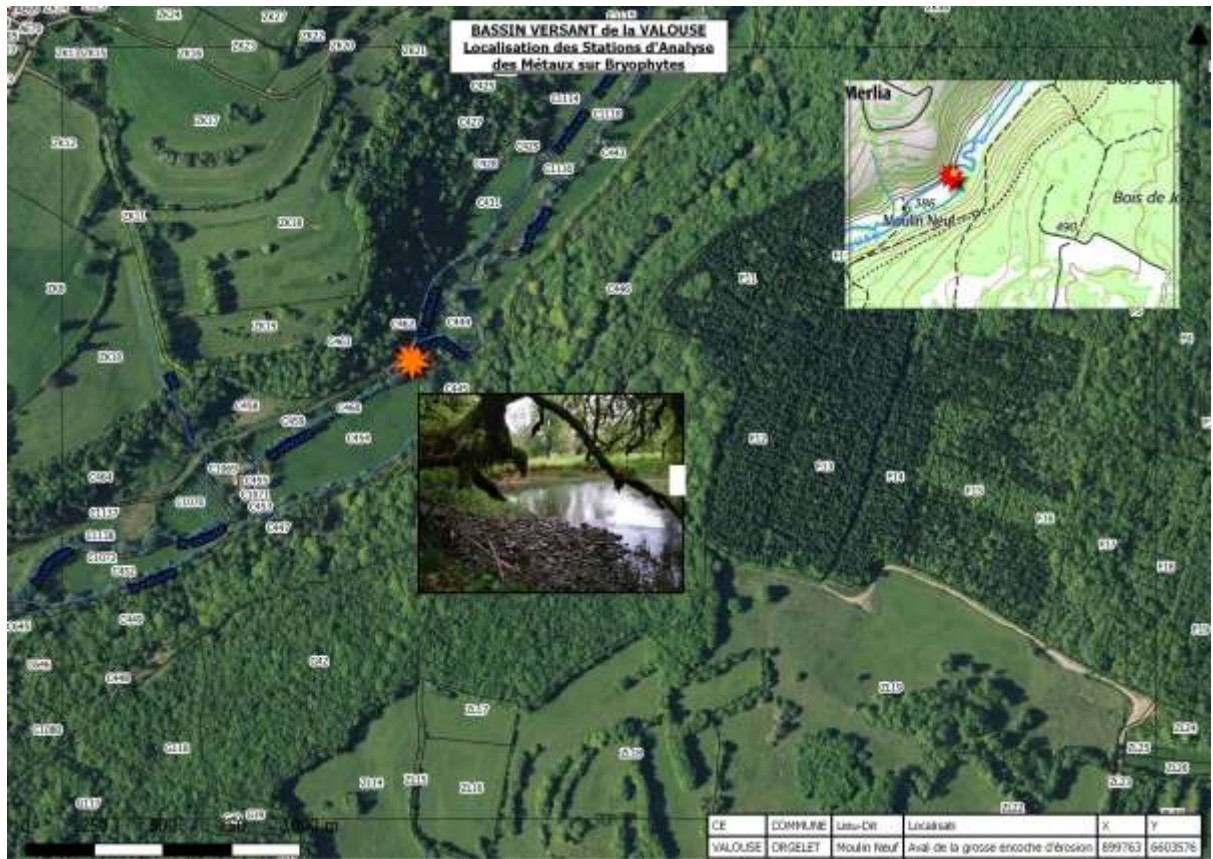
Prélèvement en RG

**Cours d'eau :** Drouvenant

**Commune :** Vertamboz

**Observations particulières :**

Prélèvement en amont du pont







### **ANNEXE 3**

d'après l'étude inter-agences n°55 :

#### **«LES BRYOPHYTES AQUATIQUES COMME OUTIL DE SURVEILLANCE DE LA CONTAMINATION DES EAUX COURANTES PAR LES MICROPOLLUANTS METALLIQUES »**

Concept, méthodologie et interprétation des données

##### **1 - Technique du lavage**

Avant le lavage, les mousses séchées sont réhydratées pendant 5 à 10 minutes dans une bassine remplie de quelques cm d'eau déminéralisée.

Le nettoyage s'effectue en balayant les mousses d'un jet d'eau déminéralisée sous pression (1,2 à 1,5 bar) dans une bassine préalablement remplie de 1 à 2 cm d'eau déminéralisée. Pendant le lavage, la touffe est fréquemment retournée et les brins sont écartés entre les doigts. Au bout d'environ 30 à 45 secondes, l'échantillon est récupéré dans un tamis et l'eau de lavage est inspectée. L'opération est renouvelée jusqu'à ce que l'eau reste claire. L'expérience montre que ceci est le cas après 2 à 3, plus rarement après 4 à 5 passages. Le critère "eau claire" peut sembler quelque peu subjectif, mais dans la pratique, il est aisé de constater qu'un passage supplémentaire n'apporte plus de gain significatif dans le processus de lavage. La progression du lavage peut être aisément appréciée en conservant un échantillon d'eau des passages successifs dans une éprouvette en verre ou des piluliers en matière plastique transparente.

Remarque : Pour plus d'objectivité lors du lavage, la turbidité de l'eau obtenue en comprimant manuellement la touffe de mousse peut être mesurée par comparaison à un disque Hazen. L'eau est alors considérée comme claire entre 5 et 10 unités Hazen.

Toutefois, cette technique connaît des limites, car la turbidité peut être due non pas uniquement à des matières en suspension provenant du dépôt sur les mousses mais également à des fragments de feuilles arrachés lors d'un lavage trop agressif. A cet égard, il faut noter que les espèces à grandes feuilles, et notamment les fontinales, sont particulièrement sensibles au lavage. En conséquence, l'utilisation de ce dispositif est utile, mais pas indispensable. L'étape de lavage est également l'occasion d'éliminer toutes les matières étrangères, les rhizoïdes et les brins morts ou défeuillés. Par expérience, cette étape de préparation des mousses provoque une diminution d'environ un tiers du poids de l'échantillon autant par le lavage et l'arrachage de feuilles que par l'élimination de matériel non désirable.

## **2 - Essorage et séchage**

Les échantillons nettoyés sont essorés dans un panier à salade et placés dans un sachet en papier propre convenablement étiqueté. Le séchage s'effectue dans une étuve à  $60 \pm 10$  °C pendant 24 heures.

## **3 - Sélection des brins**

A partir de l'échantillon séché, les segments des brins portant des feuilles vertes sont détachés en les pinçant entre les doigts ou en les coupant à l'aide d'une paire de ciseaux en inox.

Ces parties vertes représentent généralement au moins :

- 10 cm chez *Fontinalis antipyretica* et
- 3-6 cm chez *Rhynchostegium riparioides*, *Cinclidotus nigricans* et *C. danubicus*.

L'opération se poursuit jusqu'à obtention d'une masse d'environ 2 g de poids sec.

Cette biomasse, prête à subir les étapes de la préparation au dosage, est placée dans un sachet de format plus petit qui est glissé dans le premier.

L'analyse de toute la partie vivante du brin de mousse présente un avantage, car elle garantit une intégration temporelle maximale de la contamination. En effet, les segments les plus âgés ont connu des durées de contact les plus longues possibles avec leur milieu, favorables à une accumulation cumulée.

A cette étape sont constitués deux sous-échantillons destinés à l'analyse.

## **4 - Conservation**

### Avant l'analyse

Les échantillons de mousse peuvent être conservés au sec, à température ambiante et à l'abri de la poussière. Il est souhaitable d'effectuer l'analyse dans un délai de quatre mois après le prélèvement.

### Après l'analyse

La partie des échantillons non utilisés est conservée dans les conditions énoncées ci-dessus jusqu'à la validation définitive des résultats. En cas de contestation, une analyse complémentaire est alors possible à tout moment.

## **5 - Minéralisation**

### 5.1 - Tous les métaux à l'exception du mercure

Pour chaque sous-échantillon,  $300 \pm 10$  mg de matériel biologique sec sont pesés avec une précision de  $\pm 1$  mg dans un tube à essai de 30 ml à bouchon vissé. La qualité des tubes à

usage unique importe peu, du moment où ils supportent sans dommage l'ensemble des étapes du protocole.

Une fois les mousses légèrement tassées au fond du tube, 4 ml d'acide nitrique à 36 % (qualité normapur, environ 8 N) sont ajoutés. Les bouchons sont vissés et les tubes sont réunis dans un portoir.

La minéralisation s'effectue dans une étuve à  $65 \pm 5$  °C pendant 24 h. Pour assurer un bon contact entre les mousses et l'acide, le portoir est agité à plusieurs reprises lors de la minéralisation. L'immersion permanente de tout l'échantillon n'est pas indispensable en raison de la présence de vapeurs acides dans tout le corps du tube.

Au bout de 24 heures, le matériel biologique est détruit. Des fragments de parois végétales forment un culot amorphe au fond des tubes.

Après refroidissement et condensation complète de l'acide, le volume est ajusté à 20 ml avec de l'eau distillée. Les tubes sont de nouveau fermés et soigneusement mélangés. L'acidité de la solution est alors d'environ 7 %.

Une centrifugation à 2.500 tr/min est effectuée pour obtenir une solution limpide à soumettre au dosage.

Des essais à blanc (tubes sans mousses) sont inclus à chaque série d'analyse et subissent exactement le même traitement que les échantillons. Ces témoins sont destinés à évaluer l'apport métallique du matériel et des produits chimiques ainsi que d'éventuelles contaminations survenues lors de la manipulation.

L'ajout dans le dispositif d'un échantillon certifié constitue un acte volontaire destiné à contrôler l'exactitude des mesures.

Les minéralisats ainsi préparés peuvent être conservés 2 mois à la chambre froide à 4 °C jusqu'au dosage.

## 5.2 - Mercure

L'analyse du mercure nécessite une préparation à part, car la matrice est dénaturée par l'ajout de réactifs lors du dosage. Le principe de minéralisation acide reste inchangé.

Une masse de  $500 \pm 20$  mg de poids sec de mousse est pesée avec une précision de  $\pm 1$  mg est introduite dans des tubes de 30 ml comme précédemment. Cette quantité plus élevée de matériel biologique est nécessaire pour assurer la détection du mercure dans les échantillons peu contaminés.

La minéralisation s'effectue avec 7 ml d'un mélange d'acide nitrique (qualité normapur, 69 %) et d'acide sulfurique (qualité normapur, 98 %) dans des proportions 2:1 (v/v), le tout dilué au demi avec de l'eau distillée.

Au terme de la minéralisation, le volume est ajusté à environ 20 ml. Dans le cas du mercure, le volume exact importe peu, puisque des quantités et non pas des concentrations sont mesurées. L'étape de centrifugation est superflue.

Des tubes à blanc (tubes sans mousses) et les mousses à teneurs en mercure certifiées sont préparés de façon identique aux autres échantillons.

Comme pour les autres minéralisats, la durée maximale de conservation ne doit pas dépasser deux mois.

## **6 - Méthodes d'analyse**

### 6.1 - Cd, Cr, Cu, Ni, Pb Zn

Le dosage de ces six métaux est effectué classiquement par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA). Dans la grande majorité des cas, l'analyse est suffisamment sensible en SAA de flamme. Seuls le cadmium et le plomb peuvent nécessiter un dosage par SAA en four graphite. Les minéralisats de mousses sont comparés à des solutions étalon de même acidité. Des ajouts dosés sont réalisés systématiquement sur environ 10 % des échantillons.

Ils consistent à additionner à la matrice une quantité connue de métal sans faire varier de façon significative le volume. La différence entre la réponse calculée et le résultat observé pour l'ajout définit l'effet de matrice. Les données sont corrigées par un facteur correcteur qui tient compte de l'influence de la constitution de la matrice sur l'analyse.

Les résultats d'analyse, après correction par rapport au blanc et à l'effet de matrice, sont exprimés en µg/l. La concentration en µg de métal par g de poids sec est obtenue par :

concentration observée (µg/l) x volume du tube (ml)

Concentration (µg/g) = masse sèche de mousses digérées (mg)

### 6.2 - As et Hg

Le mercure et l'arsenic sont dosés en SAA respectivement par la technique des vapeurs froides et par la méthode des hydrures. Ces métaux sont volatils sous forme réduite et peuvent être entraînés dans un flux gazeux. Contrairement au mercure, l'analyse de l'arsenic ne nécessite pas de préparation séparée, car les concentrations sont suffisamment élevées pour n'utiliser qu'un volume faible de minéralisat (moins de 1 ml).

La réduction du mercure est réalisée avec 1 ml de SnCl<sub>2</sub> à 50 % préparé dans une solution d'acide chlorhydrique à 10 %. L'arsenic est volatilisé par ajout progressif d'une solution de 3 % de NaBH<sub>4</sub> et 1% de NaOH dans de l'eau distillée. Les détails techniques sont fournis avec les notices des appareils.

Comme pour les autres métaux, des ajouts dosés sont réalisés. Dans le cas du mercure, il faut penser à préparer suffisamment de matrices, sachant que celles-ci sont dénaturées lors de l'analyse.

Les résultats de dosage sont obtenus en µg de métal. Pour exprimer la concentration en µg/g, il suffit de diviser la valeur obtenue par la masse de tissus (en g) contenue dans le volume soumis au dosage.

## **7 - Seuils analytiques inférieurs**

Les concentrations minimales à atteindre sont portées dans le tableau suivant. Toute concentration en-deça est identifiée en plaçant un signe « < » devant la limite inférieure.

Eléments Concentration minimale (µg/g de poids sec)

As 0.7

Cd 0.2

Cr 2.5

Cu 9

Hg 0.03

Ni 4.5

Pb 4.5

Zn 40

## **8 - Validation des résultats**

Les résultats obtenus sur les deux sous-échantillons seront validés si le coefficient de variation (CV) est inférieur à 20%. A défaut, l'ensemble de la procédure sera remise en œuvre.

## **ANNEXE 4**

### **Rapport d'analyse de la campagne 2017**



**CD Eau Environnement**  
Conseil et Diagnostic pour l'Eau et l'Environnement



#### RESUME

Suivi 2017 des teneurs en métaux lourds bio-accumulés dans les bryophytes de 33 stations et stockés dans le sédiment de 2 stations.

Olivier Adam, Maxime Gerber  
CD Eau Environnement

*Etude réalisée avec le concours financier de l'Agence de l'eau RM&C*

# EVALUATION DE LA POLLUTION METALLIQUE DU BASSIN DE LA BIENNE ET DES AFFLUENTS DE L'AIN

Suivi 2017



# 1 TABLE DES MATIERES

---

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 2     | Introduction.....  | 2  |
| 2.1   | Préambule .....  | 2  |
| 2.2   | Historique du suivi.....   | 4  |
| 3     | Conditions hydrologiques.....  | 6  |
| 4     | Contamination du bassin de la Bienne et des affluents de l'Ain en 2017 ..... | 8  |
| 4.1   | Evolution longitudinale en 2017.....   | 9  |
| 4.1.1 | Arsenic .....  | 10 |
| 4.1.2 | Cadmium .....  | 13 |
| 4.1.3 | Chrome .....   | 15 |
| 4.1.4 | Cuivre.....  | 19 |
| 4.1.5 | Mercure .....  | 24 |
| 4.1.6 | Nickel .....   | 26 |
| 4.1.7 | Plomb.....   | 30 |
| 4.1.8 | Zinc .....   | 35 |
| 4.1.9 | Synthèse de la contamination par les ETM en 2017 .....                       | 41 |
| 4.2   | Evolution temporelle.....  | 47 |
| 4.2.1 | Arsenic .....  | 47 |
| 4.2.2 | Cadmium .....  | 49 |
| 4.2.3 | Chrome .....   | 50 |
| 4.2.4 | Cuivre.....  | 52 |
| 4.2.5 | Mercure .....  | 54 |
| 4.2.6 | Nickel .....   | 56 |
| 4.2.7 | Plomb.....   | 58 |
| 4.2.8 | Zinc .....   | 60 |
| 4.3   | Contamination du sédiment du Dombief.....                                    | 63 |
| 5     | Synthèse .....   | 66 |

## 2 INTRODUCTION

---

### 2.1 PREAMBULE

En 1995, les résultats des analyses de métaux dans les bryophytes de la Bienne révèlent d'importantes concentrations en micropolluants métalliques, notamment en cuivre et en nickel sur le secteur de Morez. Pour réduire les rejets de cuivre et de nickel dans le milieu naturel, plusieurs programmes d'actions ont été menés avec les établissements industriels et artisanaux situés sur le bassin de la Bienne. Afin de s'assurer de l'effet de ces actions sur la qualité du milieu naturel, une analyse des métaux sur les bryophytes est réalisée tous les 2 ans (années impaires) depuis 1995.

Le présent rapport synthétise les observations réalisées lors de l'échantillonnage de 2017.

Huit éléments traces métalliques (ETM) bio-accumulés par les bryophytes ont été quantifiés : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn. Les peuplements de 33 stations ont été échantillonnés et analysés :

- 9 sur le bassin-versant de la Bienne (dont 8 sur le cours d'eau principal),
- 2 au niveau d'affluents de l'Ain (La Lemme et le Murgin).

A chaque fois ce fut le genre *Fontinalis sp.* Qui fut échantillonné, excepté au niveau de la station N°9 (06400007) où se fut le genre *Cinclidotus sp.*

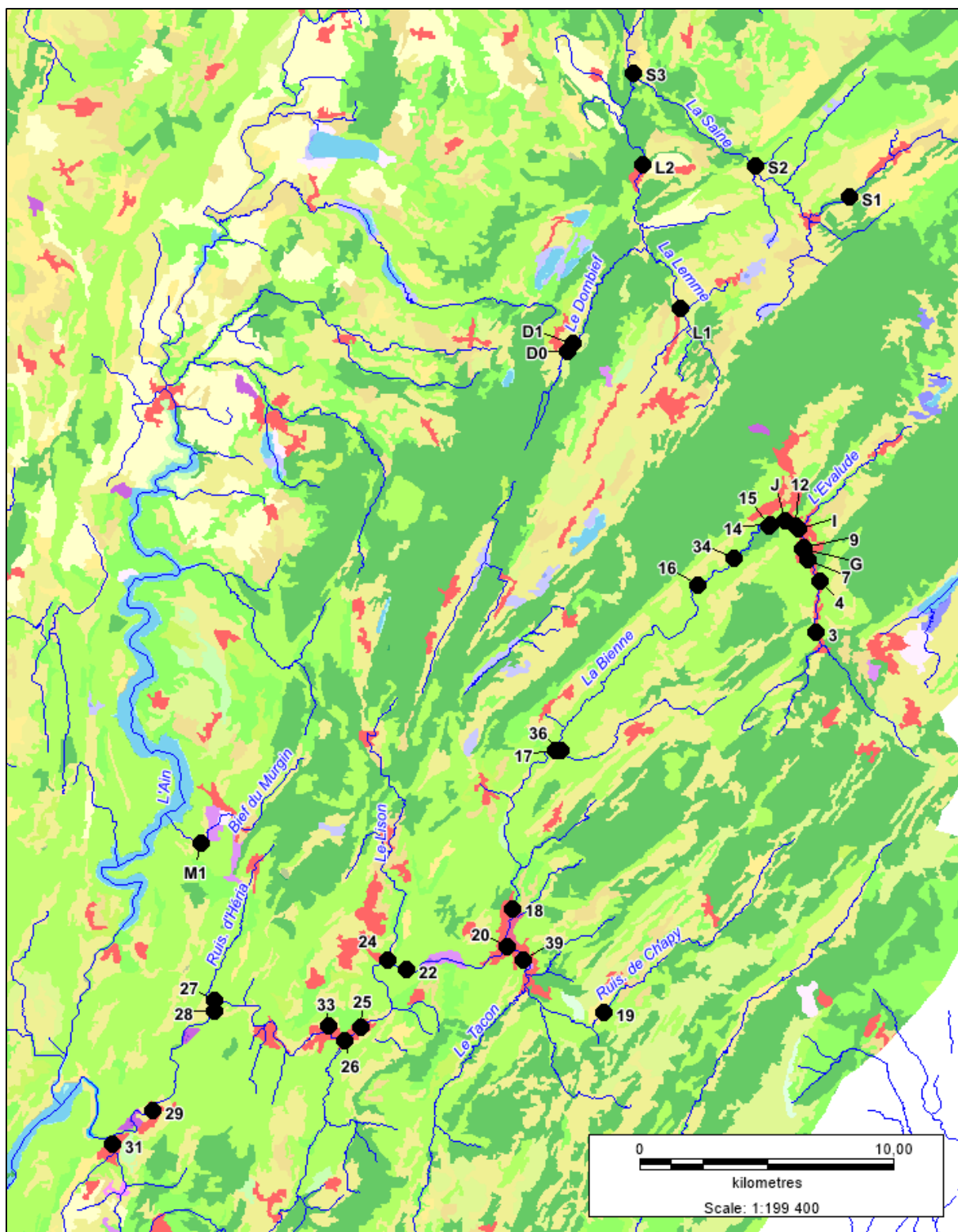
La méthodologie mise en œuvre pour cet échantillonnage et analyse fut celle prescrite par l'étude inter-agences n°55. Les 5 classes de qualité utilisées (de « Gamme de référence » à « Pollution très forte ») furent celles décrites par cette étude, très proches (souvent identiques) à celle du SEQ-Eau (de « très bonne qualité » à « mauvaise qualité »).

En outre, cette étude inter-agence fait également état de Concentration Métallique Repère (CMR) comme référence à un niveau moyen des teneurs en ETM en absence de pollution. Le rapport à cette CMR a donc aussi été utilisée dans le présent document pour faire état du niveau de contamination actuelle du bryophyte considéré.

En outre, le sédiment du Dombief (autre affluent de l'Ain) a été également investigué (en amont et à l'aval de la station d'épuration) afin d'en déterminer la contamination par les ETM. Les classes de qualité utilisées pour ce sédiment furent celles décrites dans le référentiel SEQ-Eau.

En outre, dans le présent rapport, ont également été utilisés pour qualifier ce niveau de contamination sédimentaire par les ETM, :

- d'une part, le positionnement relatif du niveau de pollution observé par rapport à ce qui observé par ailleurs dans le bassin RMC,
- d'autre part, le positionnement de la mesure par rapport à la concentration prédite sans effet pour l'environnement (PNEC).



Carte 1. Localisation des 35 stations suivies en 2017 et types de recouvrement des sols selon la typologie CorineLandCover (vert : surface boisée ; jaune : surface agricole ; rouge/violet : surface urbanisée).

Sont donc présentés dans les chapitres suivants :

- Les niveaux de pollution mesurés en 2017,
- Leur évolution longitudinale,
- Leur évolution temporelle.

## 2.2 HISTORIQUE DU SUIVI

En **1995**, une étude basée sur la recherche des métaux lourds dans les bryophytes (mousses aquatiques) a été confiée par l'Agence de l'eau à la DIREN Franche-Comté. Compte-tenu de l'importante contamination métallique observée sur la Bienne, un programme de traitement des rejets a été engagé auprès d'un certain nombre d'industries de traitement des métaux (Tribofinition, traitement de surface) dans les agglomérations de Morez, Morbier, et Les Rousses. La mise en service des équipements (6 stations physico-chimiques, 1 station physico-chimique avec finition par ultrafiltration, 3 stations de traitement par électrocoagulation) s'est échelonnée de mars 1998 à septembre 1999. Le programme portait sur 11 établissements volontaires dont 10 équipés de stations de traitement avec pour objectif d'abattement de 75 % de la pollution métallique rejetée.

Pour évaluer l'efficacité de l'opération de traitement des effluents industriels, une nouvelle campagne de mesure a été lancée par le Parc naturel régional du Haut-Jura, en été **1998**, avec le financement de l'Agence de l'Eau. Les stations de prélèvement de 1995 sont alors reprises, l'évolution de la contamination est commentée. A cette époque, 2 industriels restaient encore à équiper sur La Doye et Morez-Haut. D'après l' « Etude sur Rejets Toxiques Phase 2 », ces deux entreprises représentaient alors plus ou moins 50 % des flux initialement rejetés.

En **1999**, les mêmes stations étaient de nouveau suivies. L'effort d'échantillonnage plus important qui avait été souhaité vers certains affluents douteux de la Bienne, n'a pu être mené à bien car il s'est en fait avéré que la plupart des ruisseaux pressentis, étaient des ruisseaux temporaires (Ruisseau de la Mouille, Ruisseau de Lavans) n'hébergeant pas de mousses aquatiques. Seul le Longviry a pu faire l'objet de deux prélèvements.

En **2001**, l'ensemble des stations suivies en 1999 fait à nouveau l'objet d'investigation. 8 stations supplémentaires sont mises en place sur la Bienne pour affiner le diagnostic dans la traversée de La Doye et de Morez. Afin de conserver les numérotations initiales ces stations sont référencées de A à H.

En **2003**, les stations de 2001 sont reprises in extenso. En 2004, des prélèvements supplémentaires sont réalisés au niveau de la Mouille afin de mieux cerner l'origine des pollutions constatées sur ce secteur. Les éléments préoccupants sont le cuivre et le nickel.

En **2005**, 2 nouvelles stations viennent compléter le dispositif de suivi. La station 34 localisée à l'amont du barrage de Tancua et dont l'objectif est de préciser les impacts de la Mouille ; la station 36 localisée à l'amont de la confluence du Ruisseau de Pisse-Vieille et dont l'objectif est de préciser les impacts de Longchaumois. L'activité industrielle en 2005 a fortement évolué ; seules 7 entreprises restent en activité (SIPAL, CHEVASSUS, LUX, BOURGEAT, PROST, JEUNET, et COTTET) ; Les entreprises LAMY n'ont plus de production.

En **2007**, quatre stations supplémentaires sont mises en place au niveau du Tacon et de son affluent le Grosdar, afin de préciser l'origine des flux de pollution (notamment cuivre) observés sur la station 20 (Tacon amont confluence Bienne) ; la station 37 située au droit de Coiserette constitue la station de référence du ruisseau ; la station 38 est localisée sur le Tacon à l'amont de la confluence avec le Gros Dard ; la station 40 est mise en place sur le Gros Dard à l'amont de sa confluence avec le Tacon ; la station 39 est localisée sur le Tacon au droit du collège du Pré Saint-Sauveur.

En **2009** le suivi comporte 47 stations. Certaines stations positionnées sur le Tacon, le Merdançon et le Longviry n'ont pas été reprises (stations 23, 30, 32, 37, 38, 40) car elles montraient une qualité bonne

et constante depuis le début du suivi. En contrepartie, six nouvelles stations ont été échantillonnées sur des affluents ou sous-affluents de l'Ain. Deux stations ont été prélevées sur la Lemme : Pont de Lemme (L1) et la Lemme à l'aval de la station d'épuration de Chaux des Crotenay (L2). Trois prélèvements ont été effectués sur la Saine : à l'aval de Foncine le Haut (S1), à l'aval des Planches en Montagne (S2) et à l'aval de la confluence avec la Lemme (S3). Une station a également été positionnée sur le Dombief, à l'aval de la station d'épuration de Chaux du Dombief.

En **2011**, plusieurs stations n'ont pas fait l'objet d'analyses car elles ne présentaient pas d'altérations lors des derniers suivis. Elles étaient principalement localisées sur la tête de bassin. Ainsi, sur la Bienne, seules les 16 stations les plus pertinentes ont été étudiées, portant le suivi 2011 à un total de 34 stations. Sur les affluents, la majorité des stations de 2009 a de nouveau été suivie en 2011, à l'exception de l'Evalude en amont de Morez. Deux nouvelles stations ont fait l'objet de prélèvements, le Dombief à l'amont de la STEP de Chaux du Dombief et le Murgin à l'aval de Moirans en Montagne.

En **2013**, une station a été ajoutée sur la Bienne entre la STEP de Morez et la confluence avec le ru du Saillard afin de mettre en évidence une éventuelle contamination métallique de ce petit affluent qui traverse la commune de Morbier. De plus, la station qui était située sur l'Evalude a été déplacée sur la Bienne à l'amont de la confluence avec l'Evalude afin de déterminer un éventuel impact de l'Evalude sur la Bienne. Toutes les autres stations qui avaient été prélevées en 2011 ont été à nouveau prélevées en 2013 portant à 35 stations au total dont 18 stations sur la Bienne, 9 stations sur les affluents de la Bienne, 3 stations sur la Saine, 2 stations sur la Lemme, 2 stations sur le Dombief et 1 station sur le Murgin.

En **2015**, les analyses furent effectuées sur une liste davantage resserrée de stations (total de 12 stations *versus* 35 stations en 2013), en maintenant notamment les 4 stations du secteur Morbier/Morez (+ 4 autres stations le long de la Bienne), ainsi que le Chapy, l'aval de la station d'épuration sur le Dombief, la Lemme et le Murgin.

En **2017**, l'ensemble des 35 stations que compte le réseau du suivi au total furent échantillonnées le 31 juillet et le 1<sup>er</sup> août, la contamination par les 8 ETM ayant été évaluée par bioaccumulation dans les bryophytes sur 33 stations, et via la contamination sédimentaire au sein des deux stations sur le ruisseau de Dombief.

### 3 CONDITIONS HYDROLOGIQUES

Sont synthétisées dans ce chapitre les conditions hydrologiques durant les 3 mois précédant l'échantillonnage, i.e. période où les pousses vertes des bryophytes bio-accumuleraient le plus significativement les ETM bio-disponibles dans l'eau (littérature grise très éparse à ce sujet).

Malgré également le manque de données bibliographiques et scientifiques relatives à ce sujet, il semblerait que des années « humides » ne présentent pas les mêmes probabilités de concentration que des années « sèches ». D'où la nécessité de caractériser dans un premier temps l'hydrologie récente de l'année considérée, puis, dans un second temps, de rapprocher ces observations avec celles effectuées les années antérieures pour faciliter les comparaisons.

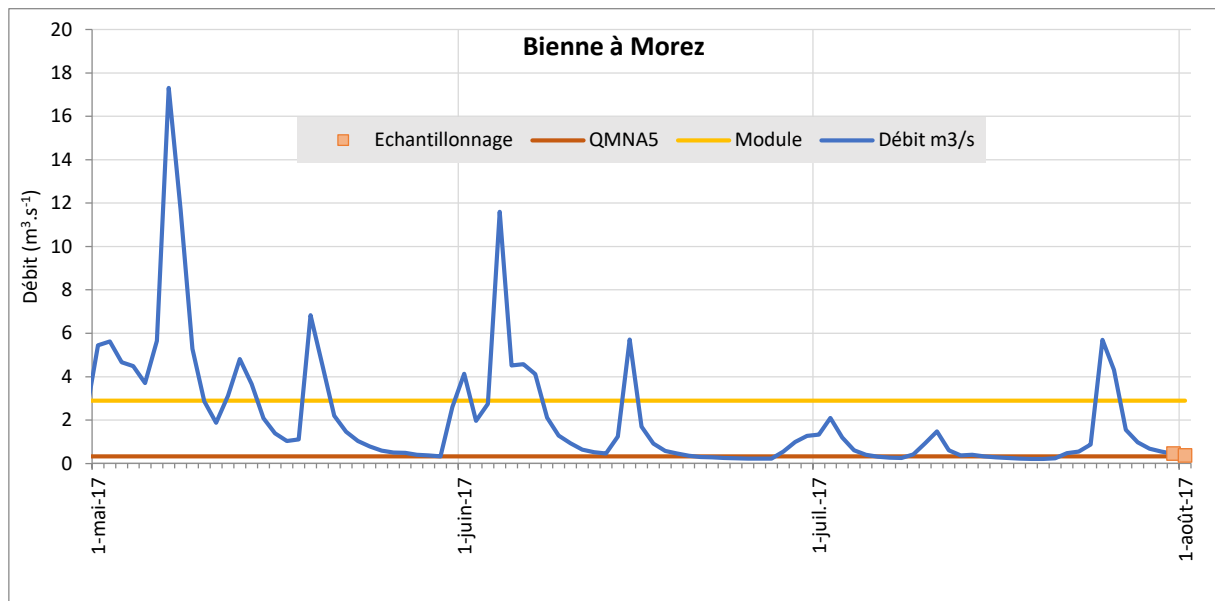


Figure 1. Débit (m<sup>3</sup>/s) de la Bienne à Morez, les 3 mois précédant l'échantillonnage de 2017. Les barres horizontales indiquent les débits caractéristiques au droit de ces stations limnimétriques.

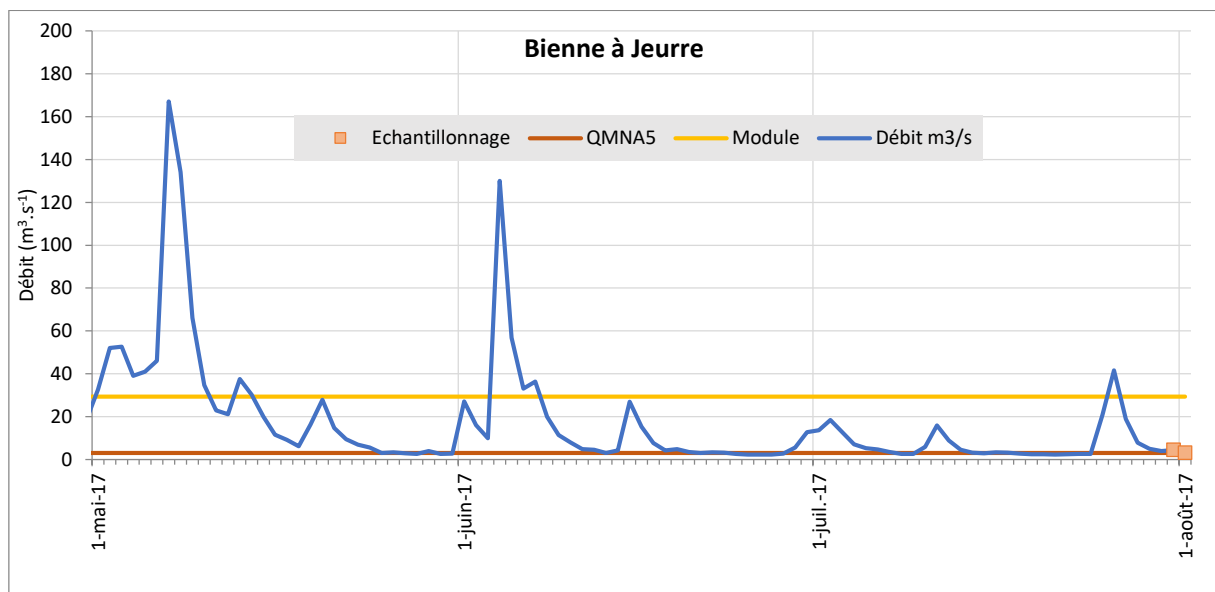


Figure 2. Débit (m<sup>3</sup>/s) de la Bienne à Jeurre, les 3 mois précédant l'échantillonnage de 2017. Les barres horizontales indiquent les débits caractéristiques au droit de ces stations limnimétriques.

De fortes eaux furent observées jusqu'à mi-mai 2017, puis un pic de débit fut constaté le 4 juin. En dehors de ces périodes, les étiages furent globalement très marqués, avec un débit inférieur au QMNA5 en fin-mai, fin-juin et mi-juillet. On constata toutefois une augmentation transitoire du débit (orage) environ une semaine avant les échantillonnages (31 juillet et 1<sup>er</sup> août 2017).

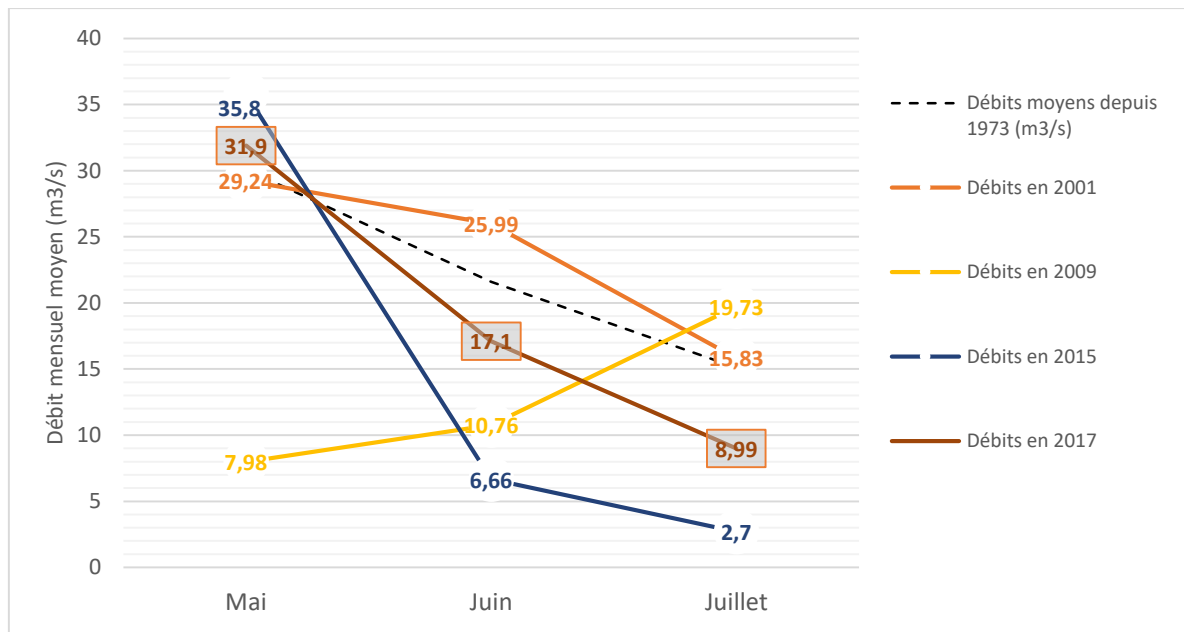


Figure 3. Comparaison des débits mensuels moyens de la Bienne à Jeurre les 3 mois durant les mois de mai à juillet. En encadré, les valeurs de 2017.

Malgré les quelques épisodes orageux observés, les forts étiages constatés les 3 mois précédant l'échantillonnage ont contribué à une moyenne des débits inférieure à ce qui est habituellement mesuré durant les mois de juin et juillet.

Parmi les années antérieures où le suivi fut réalisé, aucune ne fait état d'un profil hydrologique très proche. On peut toutefois rapprocher la chronique des débits de 2017 à celle de :

- 2001 : décroissance progressive des débits mensuels moyens de mai à juillet, mais avec des niveaux plus élevés en juin et juillet.
- 2009 : débits globalement faibles, mais tendance inverse par rapport à 2017 (faibles débits en mai et forts débits en juillet).
- 2015 : décroissance des débits mensuels moyens de mai à juillet, avec des niveaux inférieurs à la moyenne mais nettement plus faibles qu'en 2017.

Les données issues du suivi 2017 seront potentiellement comparées à celles disponibles pour ces 3 années antérieures.

## 4 CONTAMINATION DU BASSIN DE LA BIEMME ET DES AFFLUENTS DE L'AIN EN 2017

| Code station                  | Point | Nom  | Arsenic | Cadmium | Chrome | Cuivre | Mercure | Nickel | Plomb | Zinc   |
|-------------------------------|-------|--|---------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|--------|
| <b>Bienne sensu stricto</b>   |       |  |         |         |        |        |         |        |       |        |
| 6084480                       | 3     | BIEMME PASSERELLE AMONT LA DOYE            | 0,74    | 0,14    | 2,14   | 10,24  | <0,050  | 3,12   | 0,84  | 42,83  |
| 6084500                       | 4     | BIEMME PONT DES DOUANES                    | 0,46    | 0,23    | 1,5    | 15,77  | <0,050  | 12,85  | 1,6   | 47,86  |
| 6400005                       | 7     | BIEMME PLACE LISSAC                        | 0,38    | 0,14    | 1,59   | 21,06  | 0,056   | 7,36   | 6,99  | 80,21  |
| 6400006                       | G     | BIEMME SOM AMONT SQUARE                    | 0,37    | 0,14    | 1,59   | 24,14  | 0,061   | 8,26   | 11,58 | 97,57  |
| 6400007                       | 9     | BIEMME SQUARE RUE DE LA REPUBLIQUE         | 0,62    | 0,19    | 2,35   | 41,16  | 0,077   | 10,71  | 21,66 | 112,87 |
| 6399110                       | I     | AMONT EVALUDE BIEMME                       | 0,28    | 0,14    | 1,36   | 31,67  | 0,047   | 8,27   | 13,35 | 106,67 |
| 6400009                       | 12    | BIEMME AVAL EVALUDE                        | 0,39    | 0,15    | 1,46   | 41,67  | 0,054   | 12,8   | 12,66 | 110,03 |
| 6084600                       | J     | AVAL STEP BIEMME                           | 0,72    | 0,19    | 2,29   | 42,7   | 0,048   | 9,4    | 22,66 | 151,24 |
| 6400025                       | 14    | BIEMME Amont Conf Doye Gabet               | 0,49    | 0,2     | 1,78   | 49,75  | 0,054   | 9,3    | 16,91 | 109,79 |
| 6400040                       | 34    | AMONT BARRAGE TANCUA                       | 0,57    | 0,33    | 1,86   | 29,91  | <0,048  | 6,73   | 6,68  | 93,51  |
| 6084650                       | 16    | USINE ELECTRIQUE                           | 0,61    | 0,33    | 2,35   | 45,96  | 0,056   | 6,81   | 7,38  | 97,27  |
| 6400035                       | 36    | BIEMME AMONT PISSEVIELLE                   | 0,6     | 0,23    | 1,76   | 24,12  | <0,046  | 6,63   | 2,5   | 61,69  |
| 6084700                       | 17    | BIEMME ROCHE BLANCHE                       | 0,86    | 0,24    | 2,63   | 28,46  | <0,048  | 7,69   | 4,11  | 66,38  |
| 6400012                       | 18    | BIEMME AMONT PONT D AVIGNON                | 0,51    | 0,14    | 1,59   | 17,57  | <0,047  | 4,91   | 2,29  | 46,26  |
| 6400013                       | 22    | BIEMME AVAL ETABLES                        | 0,78    | 0,1     | 13,08  | 20,67  | <0,049  | 29,72  | 2,53  | 42,8   |
| 6084900                       | 25    | BIEMME Aval Pont Chassal                   | 0,83    | 0,09    | 13,68  | 16,25  | <0,046  | 32,46  | 2,34  | 38,57  |
| 6085500                       | 28    | BIEMME Pont de Jeurre                      | 1,21    | 0,14    | 8,05   | 15,78  | 0,061   | 17,09  | 3,12  | 40,97  |
| 6400015                       | 29    | BIEMME Pont d'Epercy                       | 0,84    | 0,1     | 5,86   | 10,18  | <0,050  | 14,35  | 1,54  | 32,77  |
| <b>Affluents de la Biemme</b> |       |  |         |         |        |        |         |        |       |        |
| 06053X0028/SCE                | 15    | DOYE GABET source                          | 1,16    | 0,93    | 3,8    | 6,49   | <0,046  | 3,48   | 1,3   | 32     |
| 6084800                       | 19    | CHAPY MONTEPILE                            | 0,47    | 0,42    | 1,27   | 23,54  | 0,066   | 2,45   | 4,62  | 59,43  |
| 6084920                       | 20    | TACON AVAL GRAND PONT                      | 0,64    | 0,14    | 2,05   | 9,04   | <0,046  | 2,24   | 0,87  | 26,03  |
| 6400105                       | 39    | TACON LYCEE PRE ST SAUVEUR                 | 0,88    | 0,14    | 2,5    | 6,61   | 0,056   | 2,73   | 1,34  | 27,29  |
| 6084890                       | 24    | LIZON Usine LAHU                           | 0,89    | <0,05   | 1,54   | 12,7   | 0,051   | 2,43   | 2,85  | 51,82  |
| 6320210                       | 26    | ENRAGE                                     | 1,1     | 0,27    | 4,62   | 10,37  | 0,05    | 9,19   | 0,96  | 29,71  |
| 6400017                       | 33    | LONGVIRY                                   | 0,61    | <0,05   | 1,03   | 4,78   | <0,047  | 1,59   | 0,61  | 27,2   |
| 6400014                       | 27    | HERIA                                      | 0,5     | 0,1     | 0,84   | 5,91   | <0,050  | 1,34   | 0,45  | 22,86  |
| 6400045                       | 31    | MERDANÇON                                  | 0,58    | 0,1     | 1,2    | 8,95   | <0,048  | 1,88   | 1,54  | 55,82  |
| <b>Affluents de l'Ain</b>     |       |  |         |         |        |        |         |        |       |        |
| 6083672                       | L1    | LEMME PONT DE LEMME                        | 2,01    | 0,09    | 0,56   | 4,34   | <0,047  | 1,96   | 0,42  | 32,68  |
| 6083680                       | L2    | LEMME CHAUX DES CROTENAY                   | 1,31    | 0,1     | 1,21   | 8,65   | <0,049  | 4,03   | 1,02  | 33,53  |
| 6400065                       | S1    | SAINE A FONCINE LE HAUT                    | 0,42    | 0,14    | 1,65   | 7,13   | <0,047  | 1,09   | 0,66  | 44,38  |
| 6083640                       | S2    | SAINE LES PLANCHES EN MONTAGNE             | 0,62    | 0,09    | 2,18   | 6,69   | <0,047  | 2,28   | 1,04  | 37,48  |
| 6400075                       | S3    | Saine Aval Conf Lemme                      | 0,66    | 0,09    | 1,18   | 4,95   | <0,047  | 2,08   | 0,47  | 19,34  |
| 6084450                       | M1    | MURGIN aval MOIRANS                        | 0,93    | 0,2     | 14,61  | 35,78  | <0,049  | 8,65   | 11,83 | 1593,4 |
| 6083675                       | D0    | Dombief amont STEP (analyse sur sédiments) | 13,85   | 0,5     | 26,2   | 12,4   | 0,035   | 20,3   | 8,4   | 89,5   |
| 6400055                       | D1    | Dombief aval STEP (analyse sur sédiments)  | 7,89    | <0,5    | 51,3   | 10,8   | 0,039   | 26,1   | 10,8  | 72,5   |

Tableau 1. Classes de qualité selon le référentiel SEQ-Eau dans les échantillons de 2017.

Comme mentionné en préambule, les classes de qualité du SEQ Eau sont très proches des classes telles que définies par l'étude inter-agence n°55 :

- Bleu : gamme de référence
- Vert : gamme de sécurité
- Jaune : pollution certaine
- Orange : pollution forte
- Rouge : pollution très forte

#### 4.1 EVOLUTION LONGITUDINALE EN 2017

Sont présentés dans les sous-chapitre suivants, par ETM, pour les stations de la Bienne *sensu stricto* (de l'amont vers l'aval) d'abord, puis les affluents de la Bienne, et finalement les affluents de le l'Ain :

- dans un premier temps un histogramme des niveaux de contamination des bryophytes en 2017 ;
- puis dans un second temps, pour les stations localisées sur le Bienne *sensu stricto*, une courbe faisant état de l'évolution longitudinale de la contamination en fonction de la distance kilométrique à la source. Les barres d'erreurs verticales sur ces graphiques indiquent l'incertitude liée à l'analyse de l'ETM (15% de la valeur mesurée).

Dans les deux types de graphiques ont été indiqués les seuils des 5 classes de qualité.

Ces informations sont complétées par des cartes où la taille des cercles représente les concentrations mesurées à chaque station, lorsque ce type de représentation s'avère pertinent (hors cadmium et mercure où plusieurs LQ non atteintes). La taille du cercle le plus grand est calibré de façon à être atteinte lorsque le seuil de la « qualité moyenne » (= « pollution certaine ») fut mesuré. *De facto*, la taille du cercle de taille moyenne fut atteinte à une valeur proche du seuil de « bonne qualité » (= « gamme de sécurité »).

#### 4.1.1 Arsenic

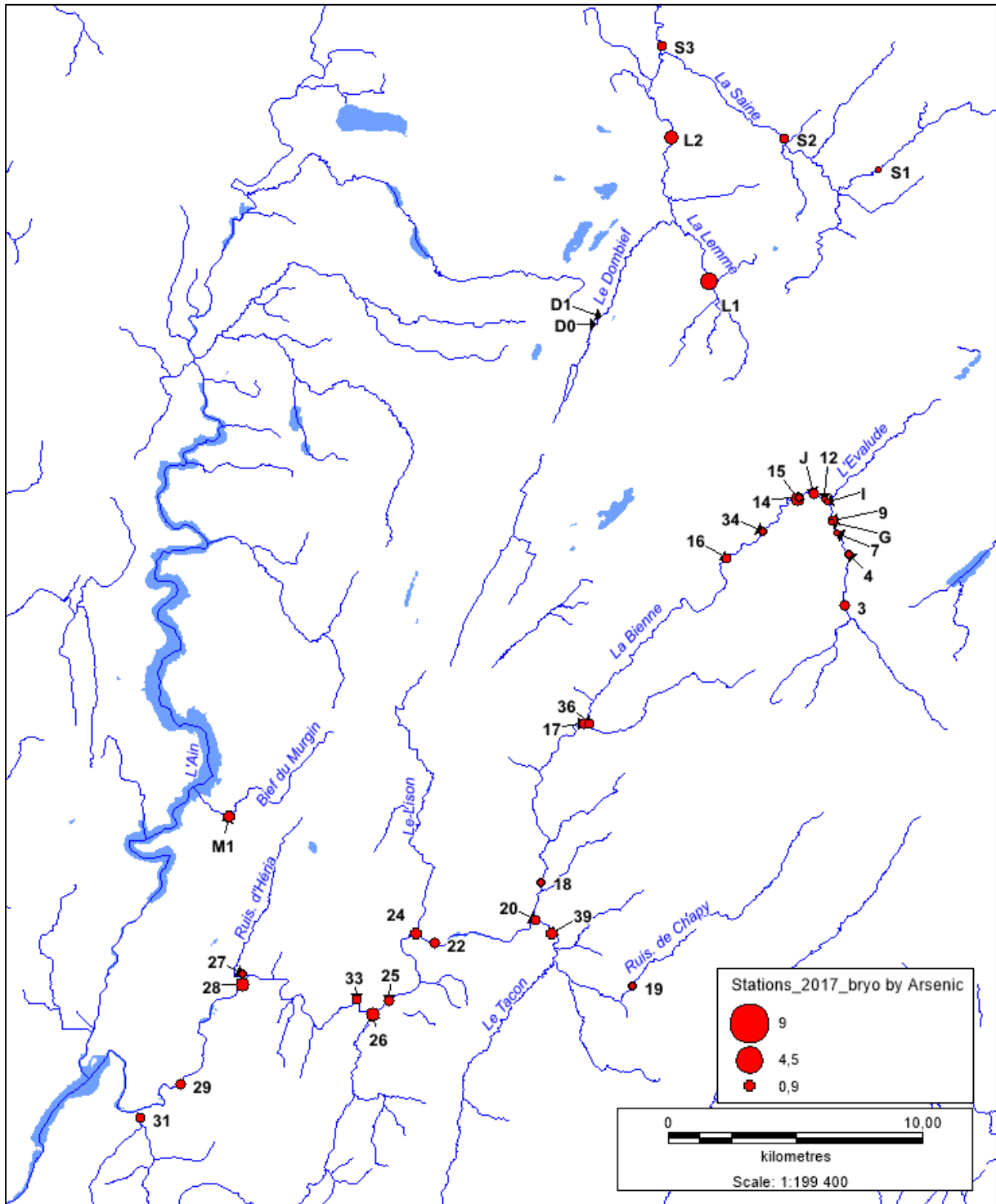


Figure 4. Présentation géographique des concentrations en arsenic bioaccumulé dans les bryophytes en 2017.

De façon générale, on constate des teneurs en arsenic plutôt faibles et uniformément réparties sur le territoire investigué (un peu plus élevées au niveau de la Lemme amont).

4.1.1.1 *Bienne sensu stricto*

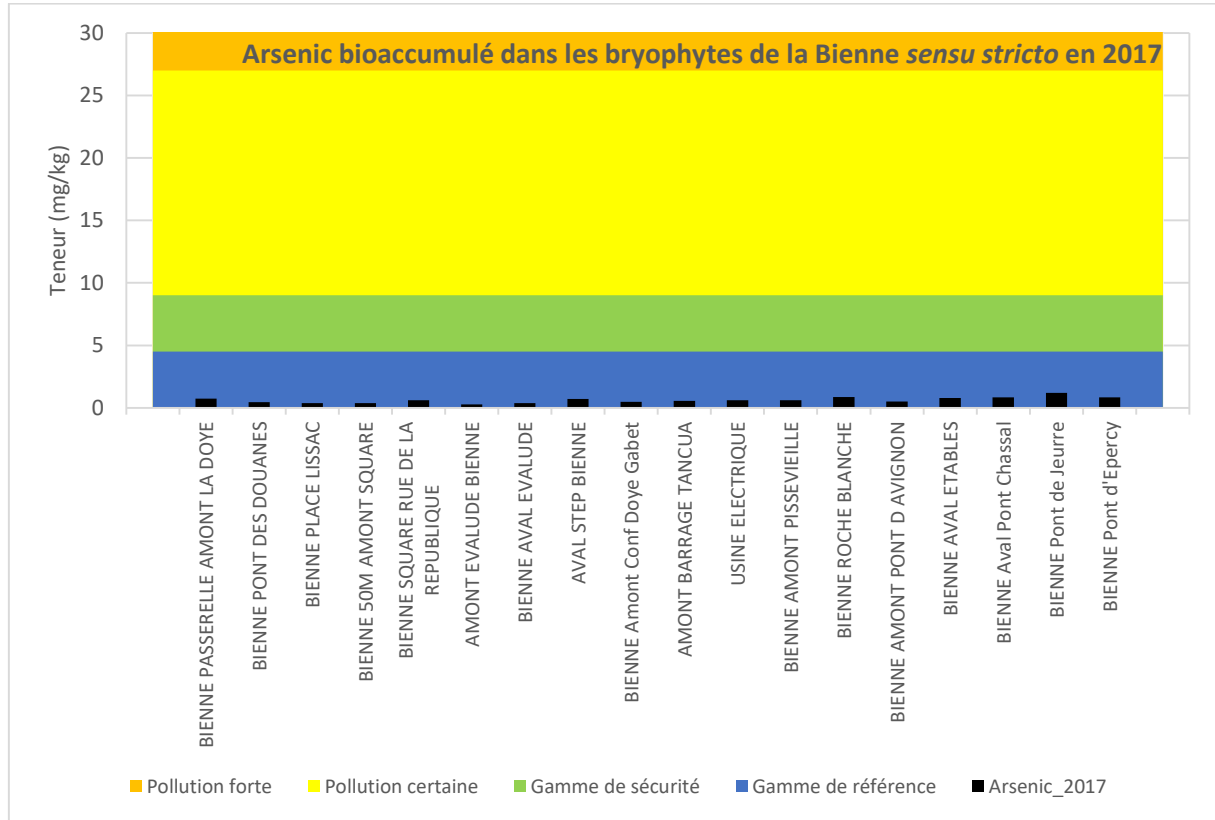


Figure 5. Concentration en arsenic au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017.

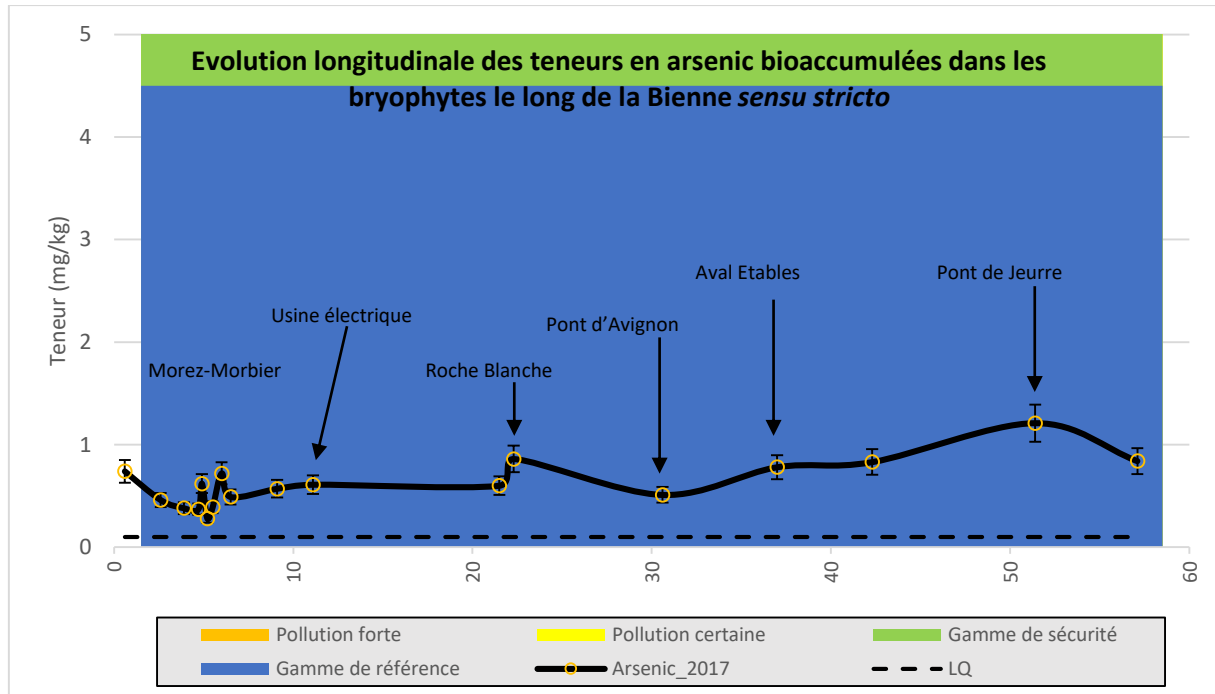


Figure 6. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en arsenic au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Le constat d'une teneur en arsenic relativement faible et uniforme le long du linéaire de la Bienne plaide en faveur d'une **absence de contamination significative actuelle du milieu par cet ETM.**

4.1.1.2 Affluents de la Bienne

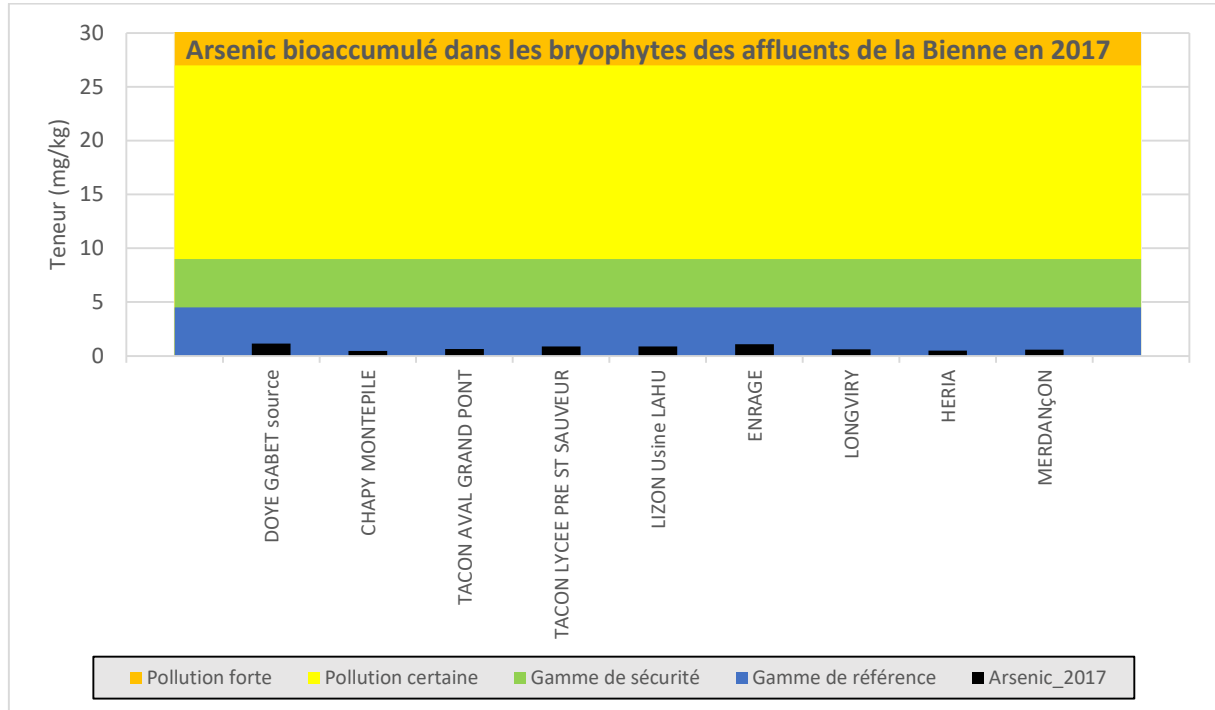


Figure 7. Concentrations en arsenic en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Comme pour la Bienne *sensu stricto*, les affluents de la Bienne ne témoignent pas d’une contamination significative actuelle par l’arsenic.

4.1.1.3 Affluents de l'Ain

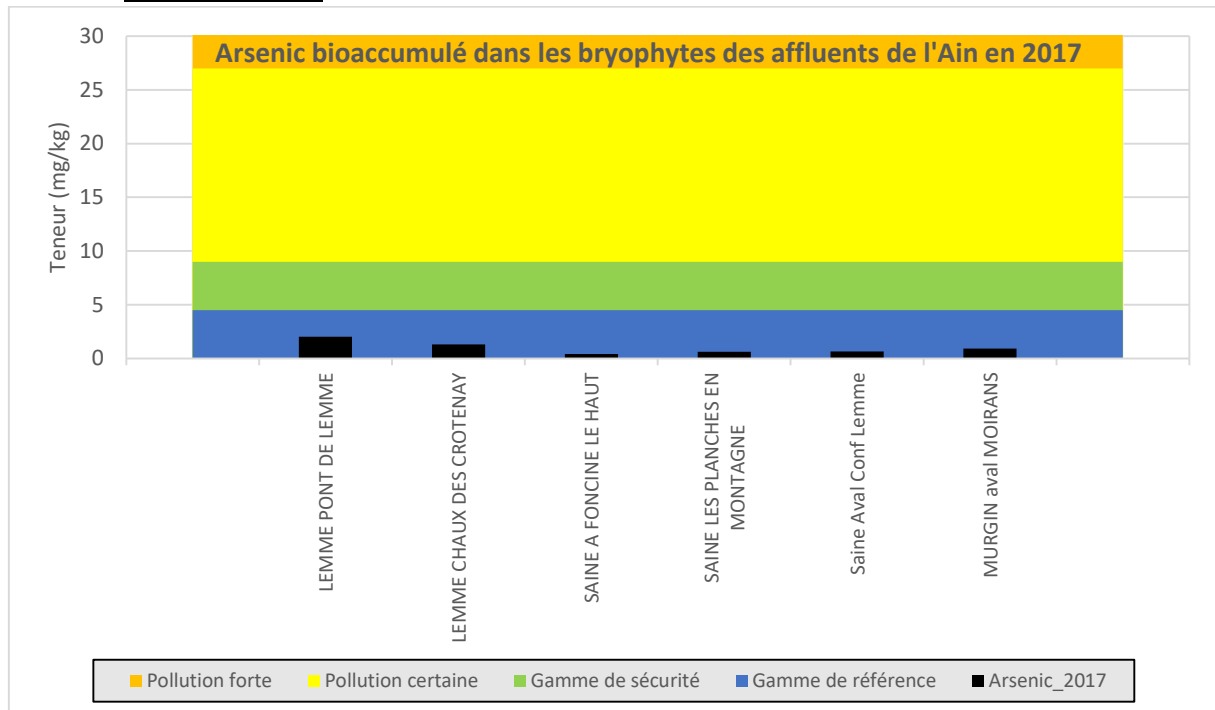


Figure 8. Concentrations en arsenic en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

Les teneurs en arsenic au niveau de la Lemme en 2017 furent plus élevées que la moyenne mais elles demeurent faibles et figurent dans la « gamme de référence ».

#### 4.1.2 Cadmium

##### 4.1.2.1 Bienne sensu stricto

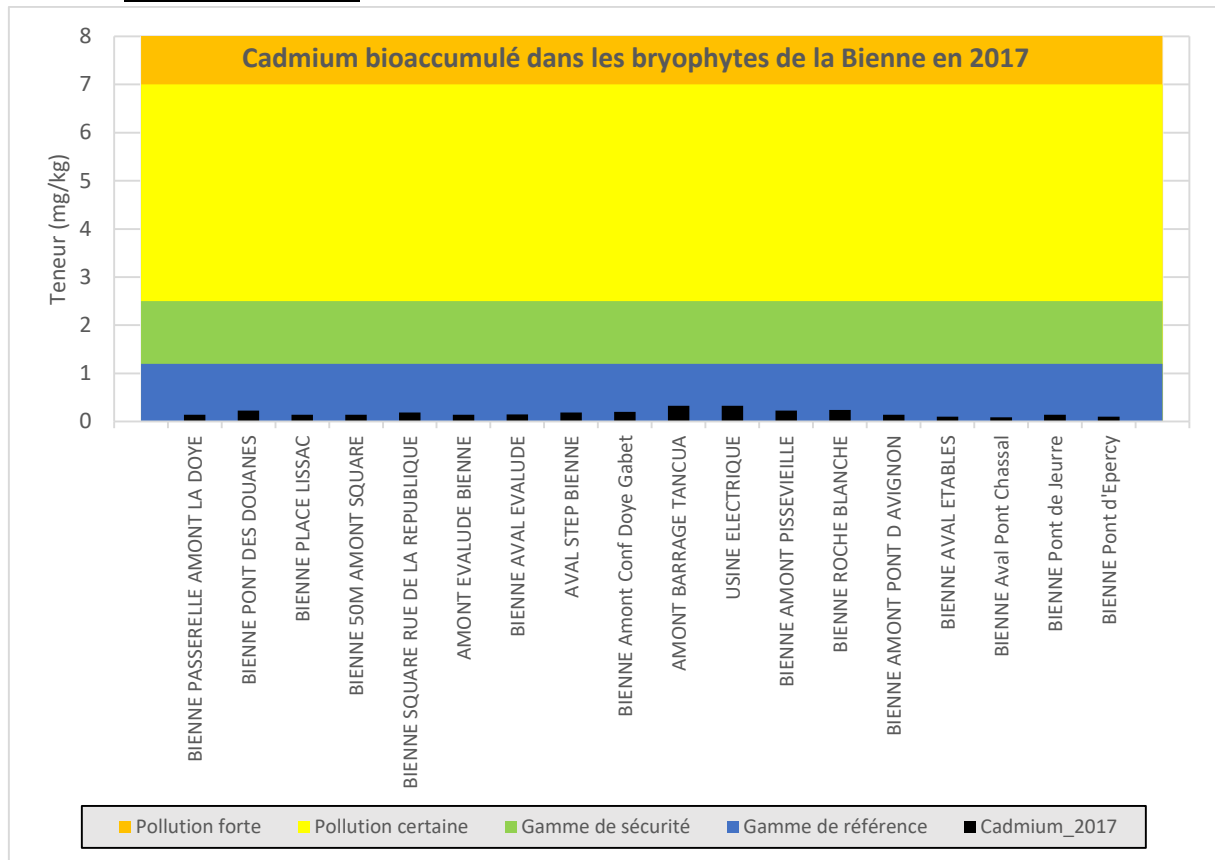


Figure 9. Concentration en cadmium au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017.

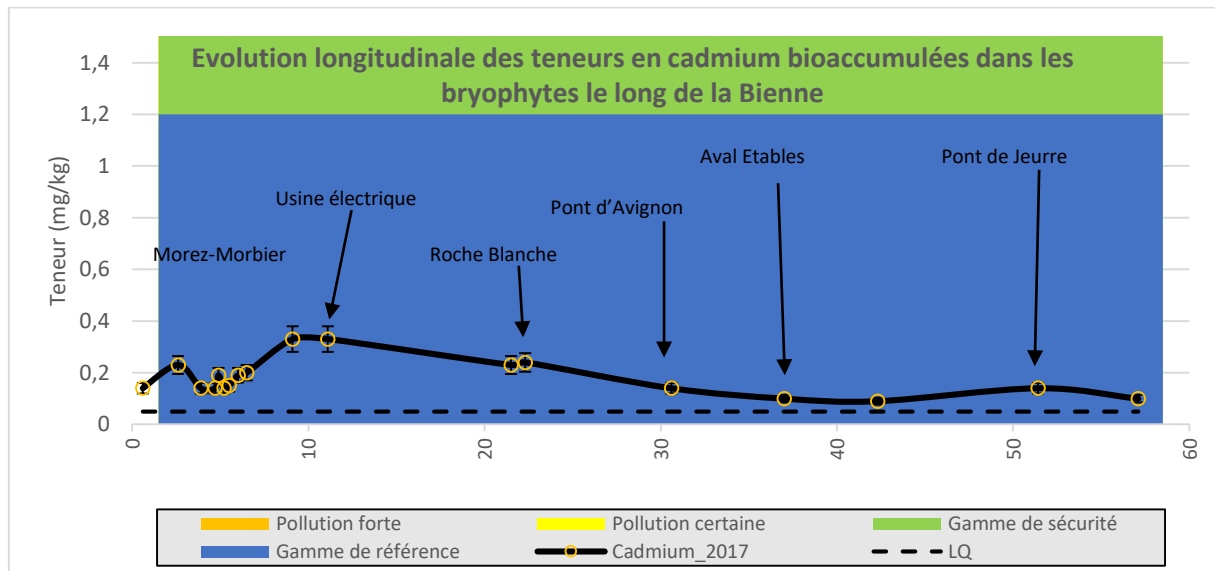


Figure 10. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en cadmium au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Les concentrations en cadmium sont globalement faibles au niveau de la Bienne *sensu stricto*. On note toutefois une **augmentation très modérée des teneurs en cadmium dès la station en amont du barrage de Tancua**, mais non observée à l'amont de la confluence avec la Doye Gabet. Cette pollution (relative) se résorbe progressivement sur une vingtaine de kilomètres plus en aval.

4.1.2.2 *Affluents de la Bienne*

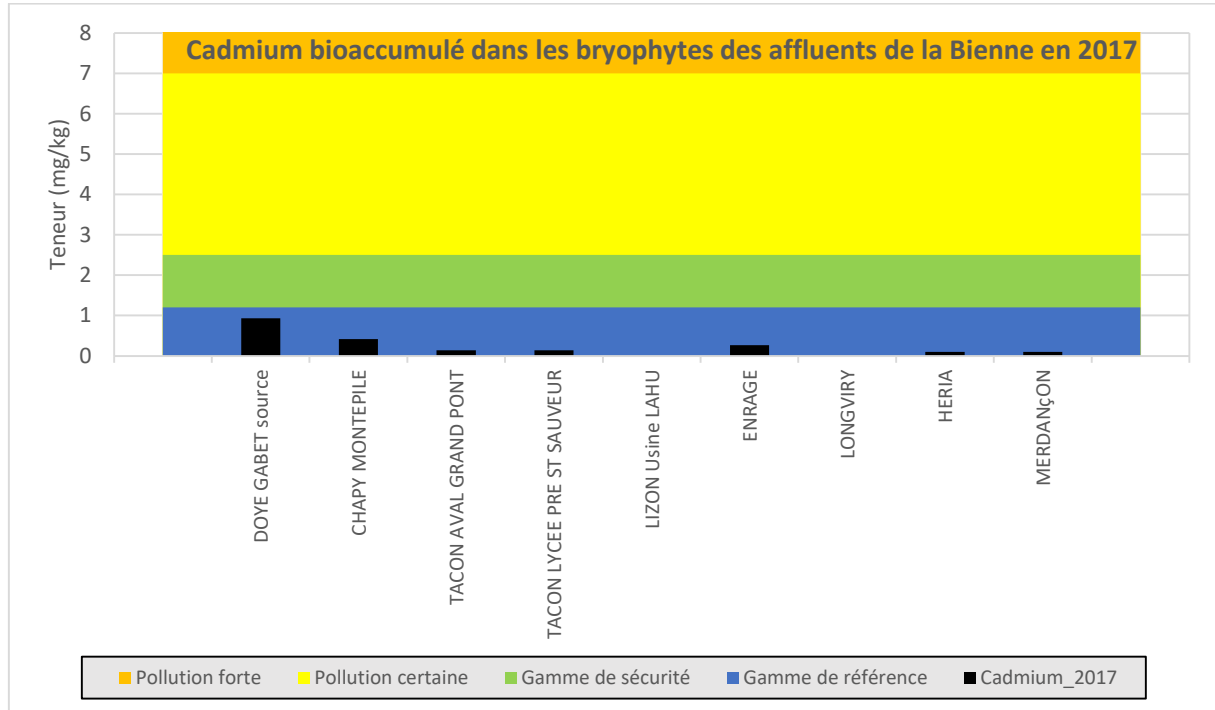


Figure 11. Concentrations en cadmium en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

L'origine de la relative pollution de la Bienne par le cadmium semble bien avoir pour principale origine la contamination (modérée mais significative) de son affluent Doye Gabet.

4.1.2.3 *Affluents de l'Ain*

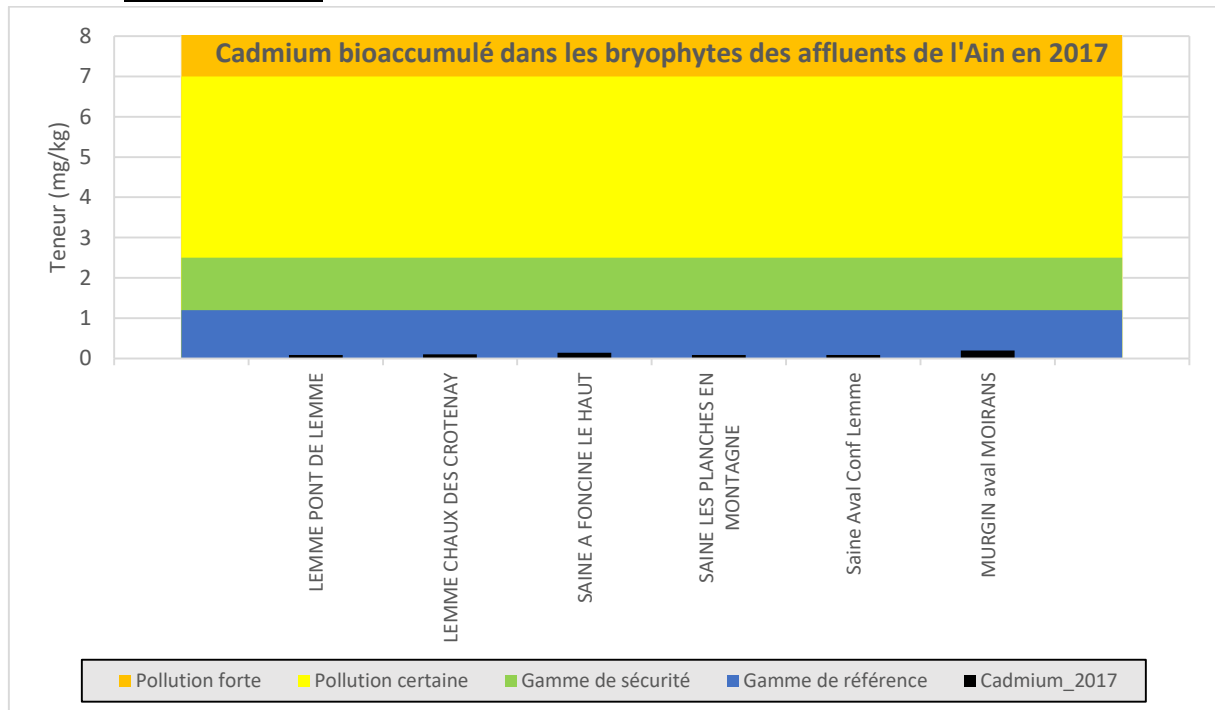


Figure 12. Concentrations en cadmium en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

Les affluents de l'Ain ne font état d'aucune contamination ostensible par le cadmium en 2017.

### 4.1.3 Chrome

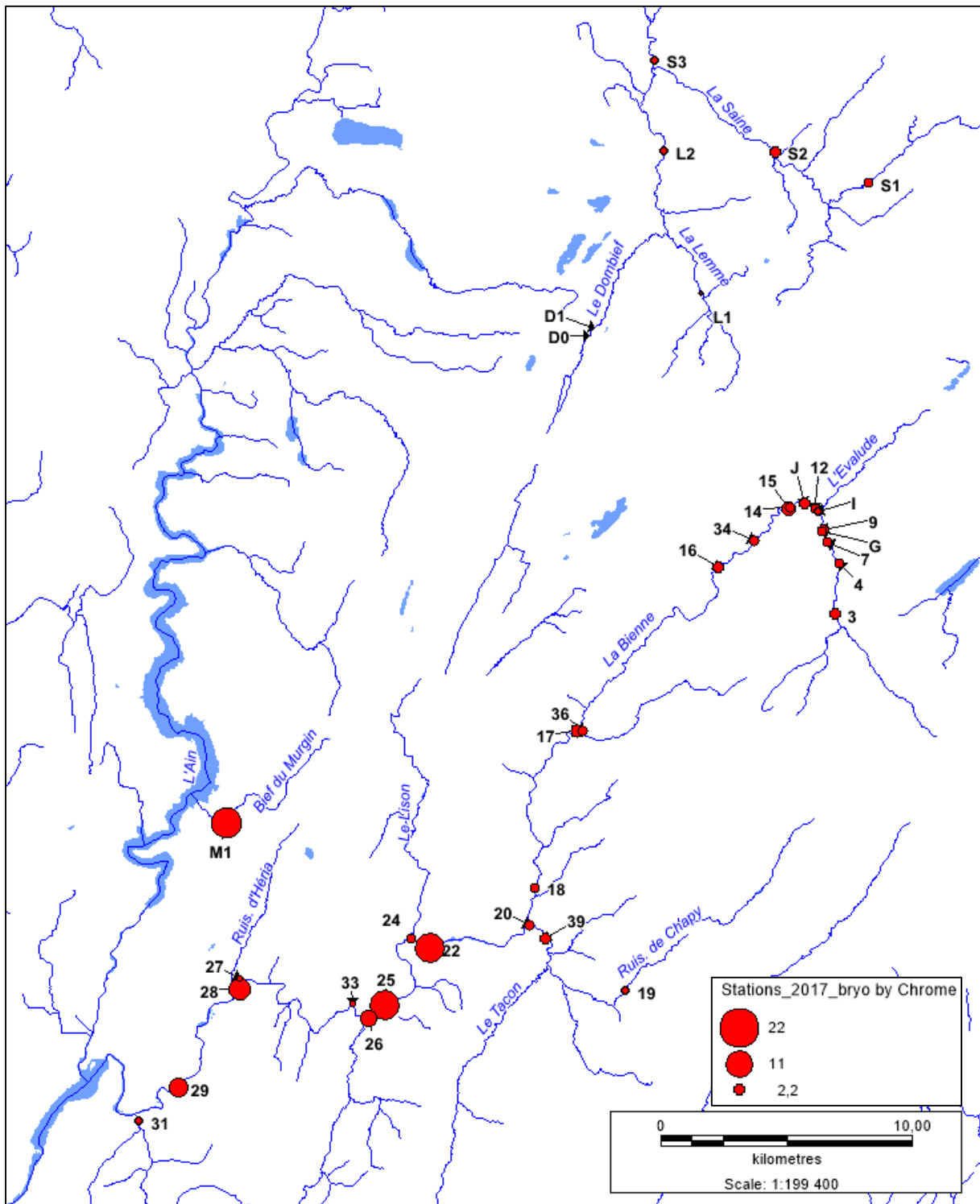


Figure 13. Présentation géographique des concentrations en chrome bioaccumulé dans les bryophytes en 2017.

Les plus fortes concentrations en chrome furent mesurées dans la partie aval du bassin de la Bienne, ainsi que dans la Murgin (affluent de l'Ain). La carte suivante zoome sur ce secteur géographique.

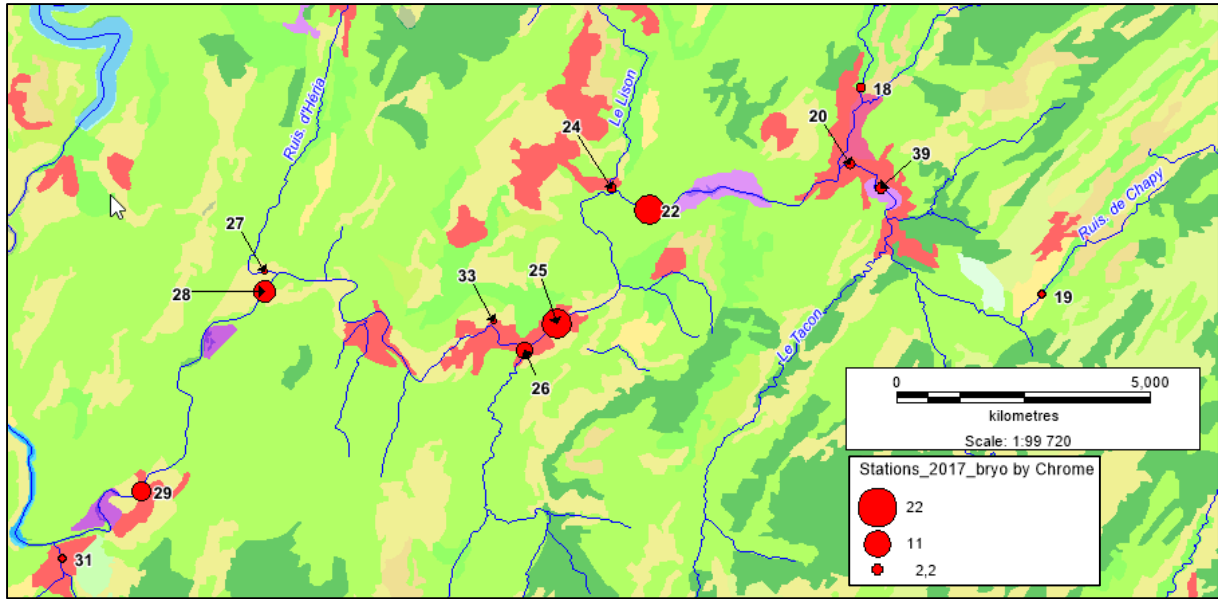


Figure 14. Présentation géographique des concentrations en chrome bioaccumulé dans les bryophytes en 2017 dans la partie aval du bassin de la Bienne. Le fond de carte suit le référentiel CorineLandCover de 2012.

Bien que certains affluents de la Bienne semblent non épargnés par une pollution par le chrome, il semblerait que l'essentielle de la contamination se produise directement au sein de celle-ci.

4.1.3.1 Bièvre sensu stricto

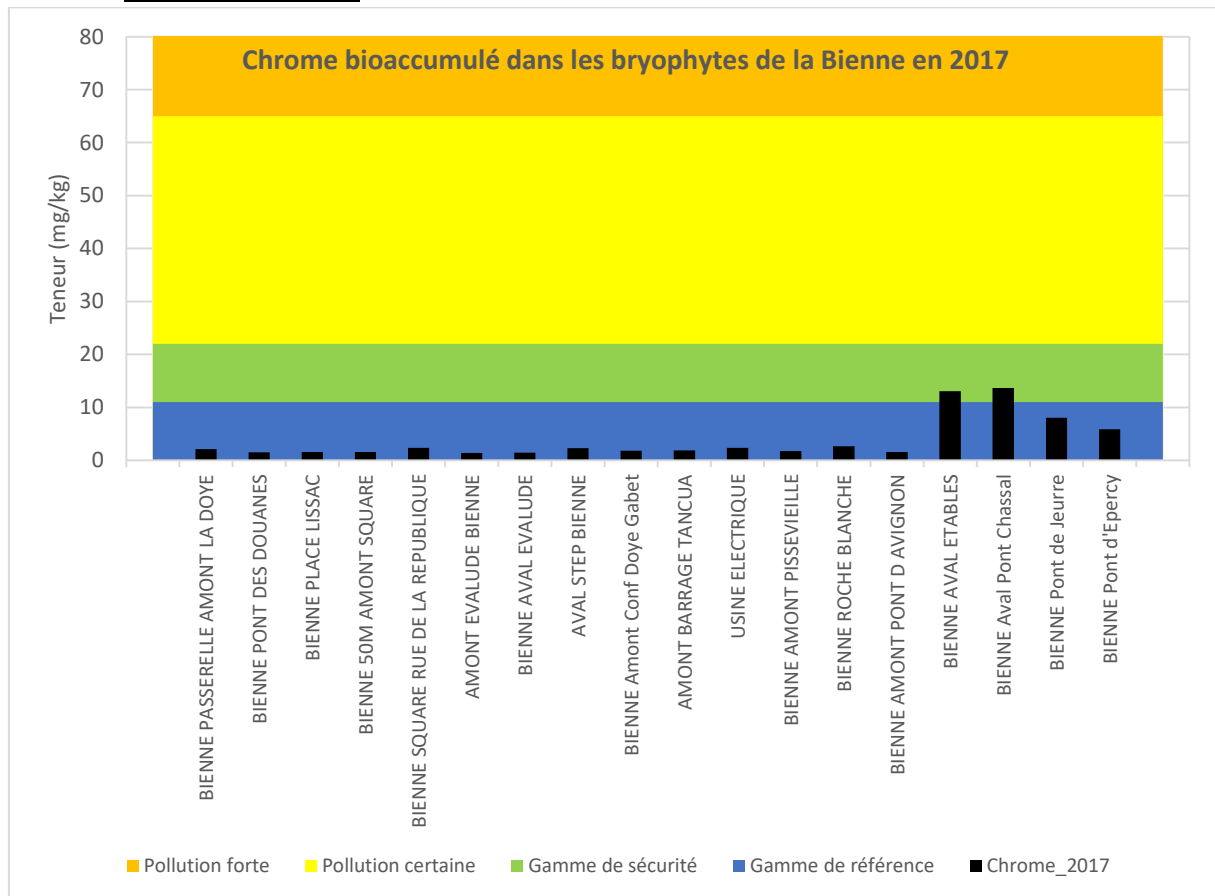


Figure 15. Concentration en chrome au sein des bryophytes par station localisée sur la Bièvre sensu stricto en 2017.

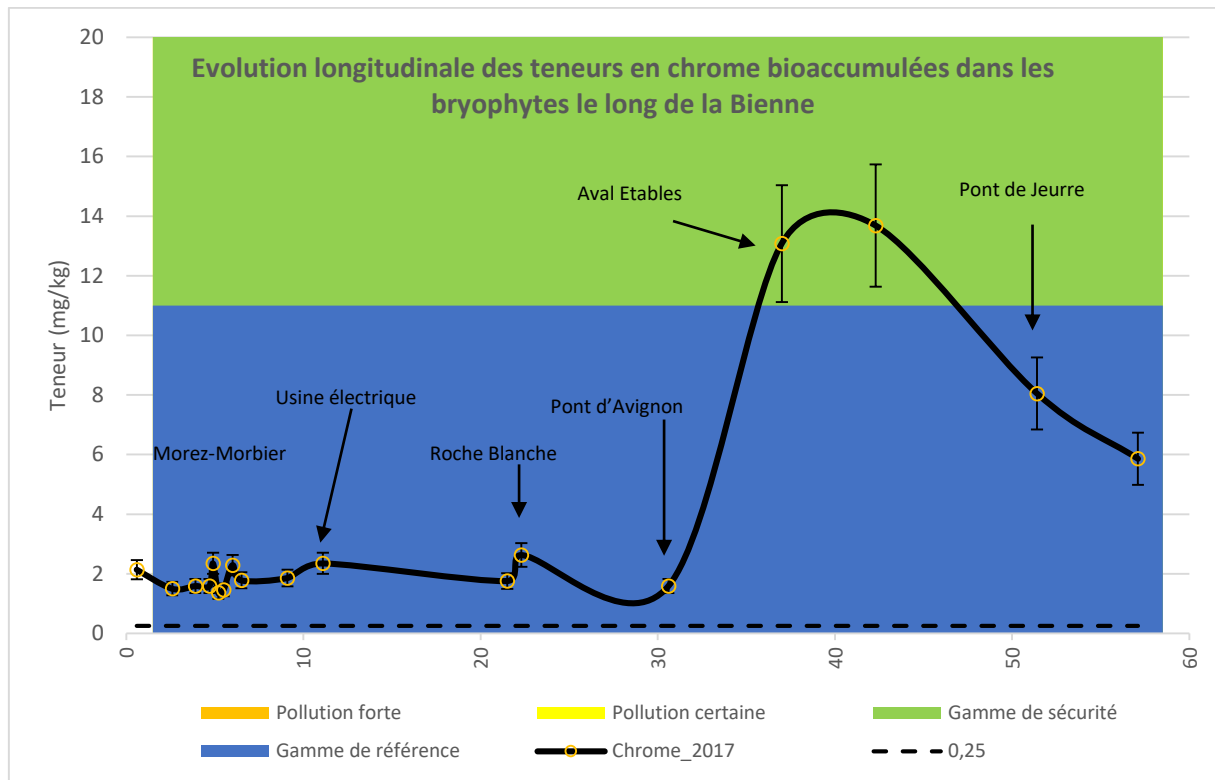


Figure 16. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en cadmium au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Si la Bienne est relativement préservée d'une contamination par le chrome de sa source à l'amont du Pont d'Avignon (linéaire > 30km), en revanche, **une pollution modérée mais significative (gamme de sécurité) est observée quelques kilomètres plus loin, entre l'amont du Pont d'Avignon et l'aval d'Etalles.**

Des teneurs similaires sont constatées encore kilomètres plus en aval, i.e. au niveau de l'aval du Pont Chassal, puis une décroissance progressive du niveau de pollution est observée en s'éloignant. Toutefois, les niveaux de pollution mesurés plus de 20km à l'aval demeurent encore significativement plus élevés qu'à l'amont du Pont d'Avignon.

#### 4.1.3.2 Affluents de la Bienne

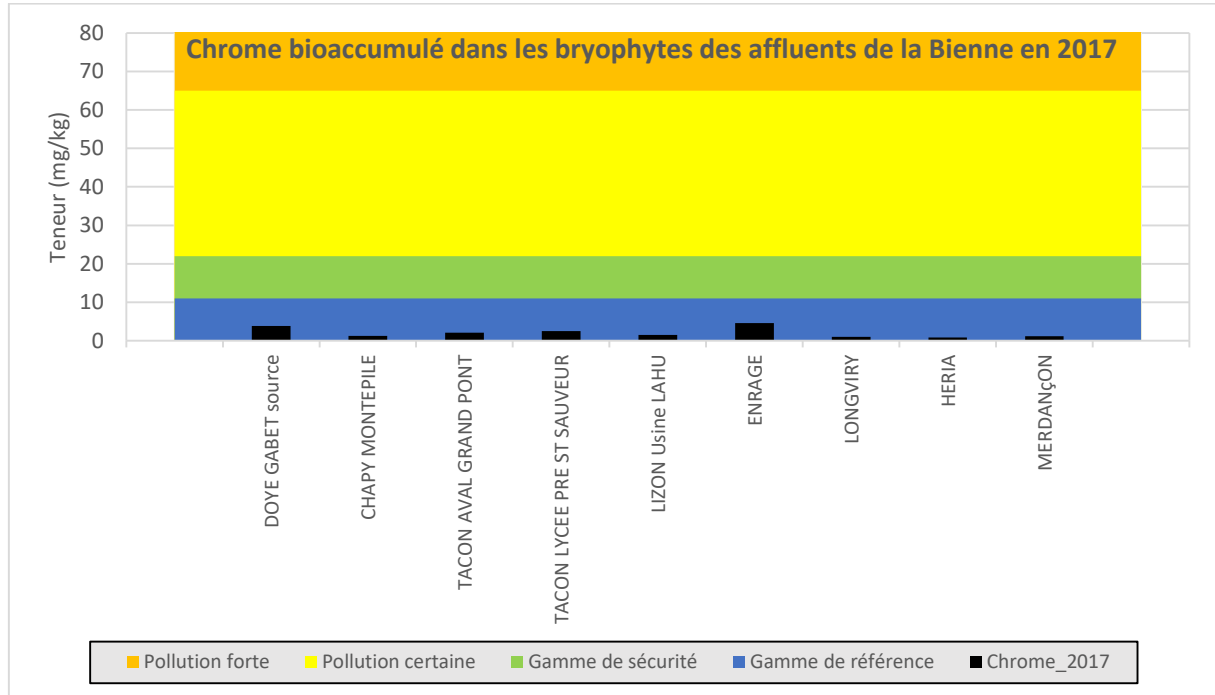


Figure 17. Concentrations en chrome en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Les teneurs en chrome des affluents de la Bienne sont globalement faibles en 2017. Ceci corrobore l'hypothèse d'une **origine essentiellement « localisée » (tronçon d'une dizaine de kilomètres) de la pollution de la Bienne par le chrome, qui se ferait directement au sein de cette-dernière** : la très faible contamination de l'Enragé – dont la confluence intervient à l'aval des stations les plus polluées de la Bienne – ne permet pas d'expliquer l'évolution longitudinale des teneurs en chrome.

#### 4.1.3.3 Affluents de l'Ain

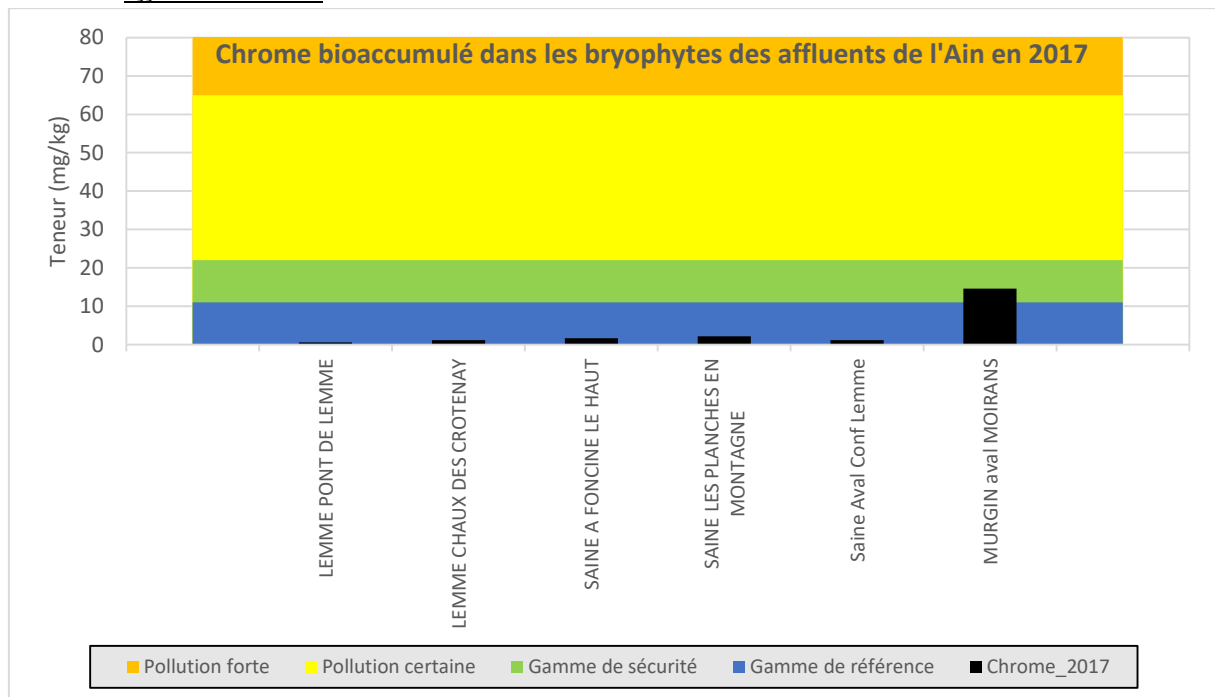


Figure 18. Concentrations en chrome en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

**Le Murgin à l'aval de Moirans présente une contamination modérée mais significative par le chrome, i.e. à une teneur comparable à ce qui est mesuré au sein des deux stations le plus contaminées de la Bienne.**

#### 4.1.4 Cuivre

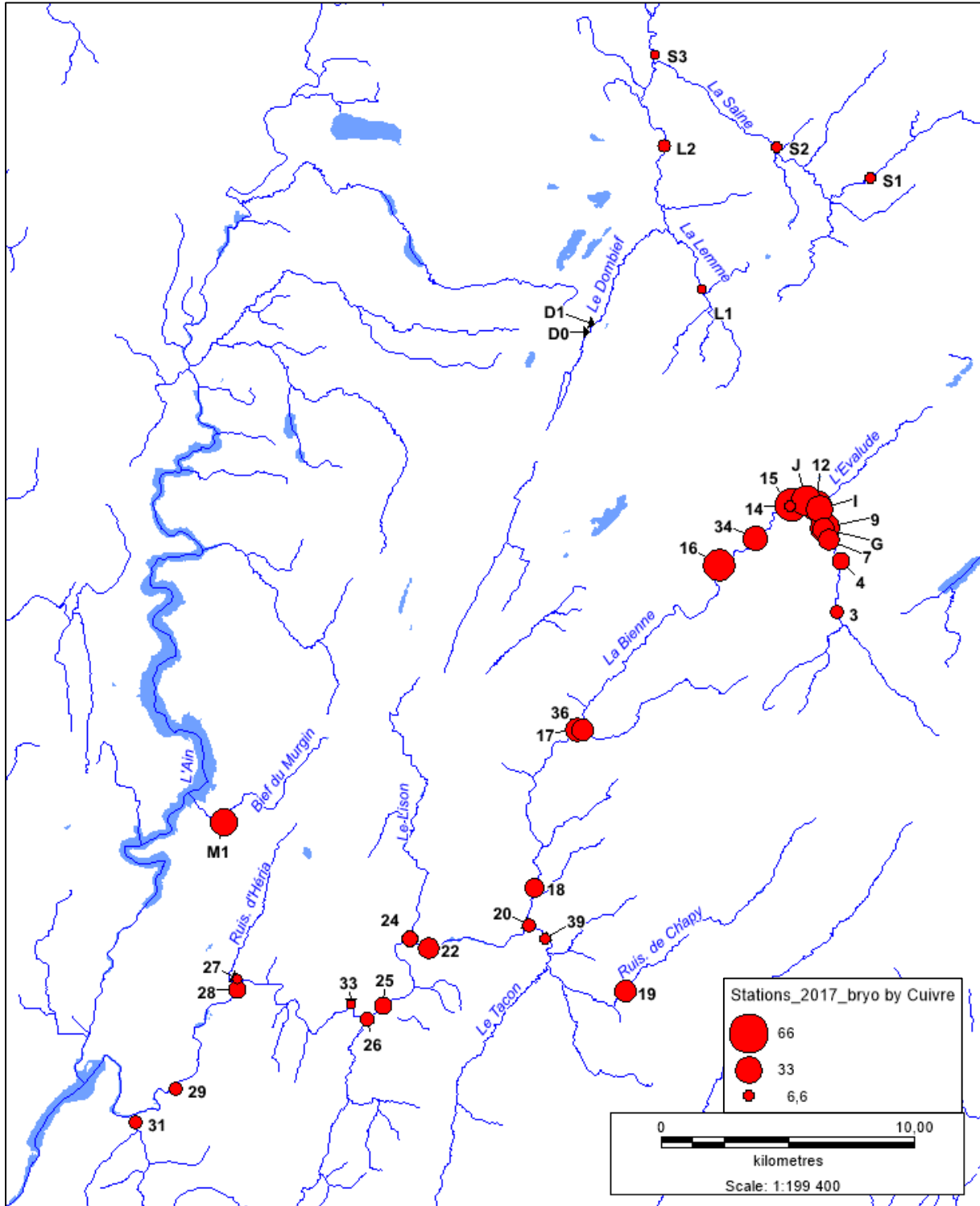
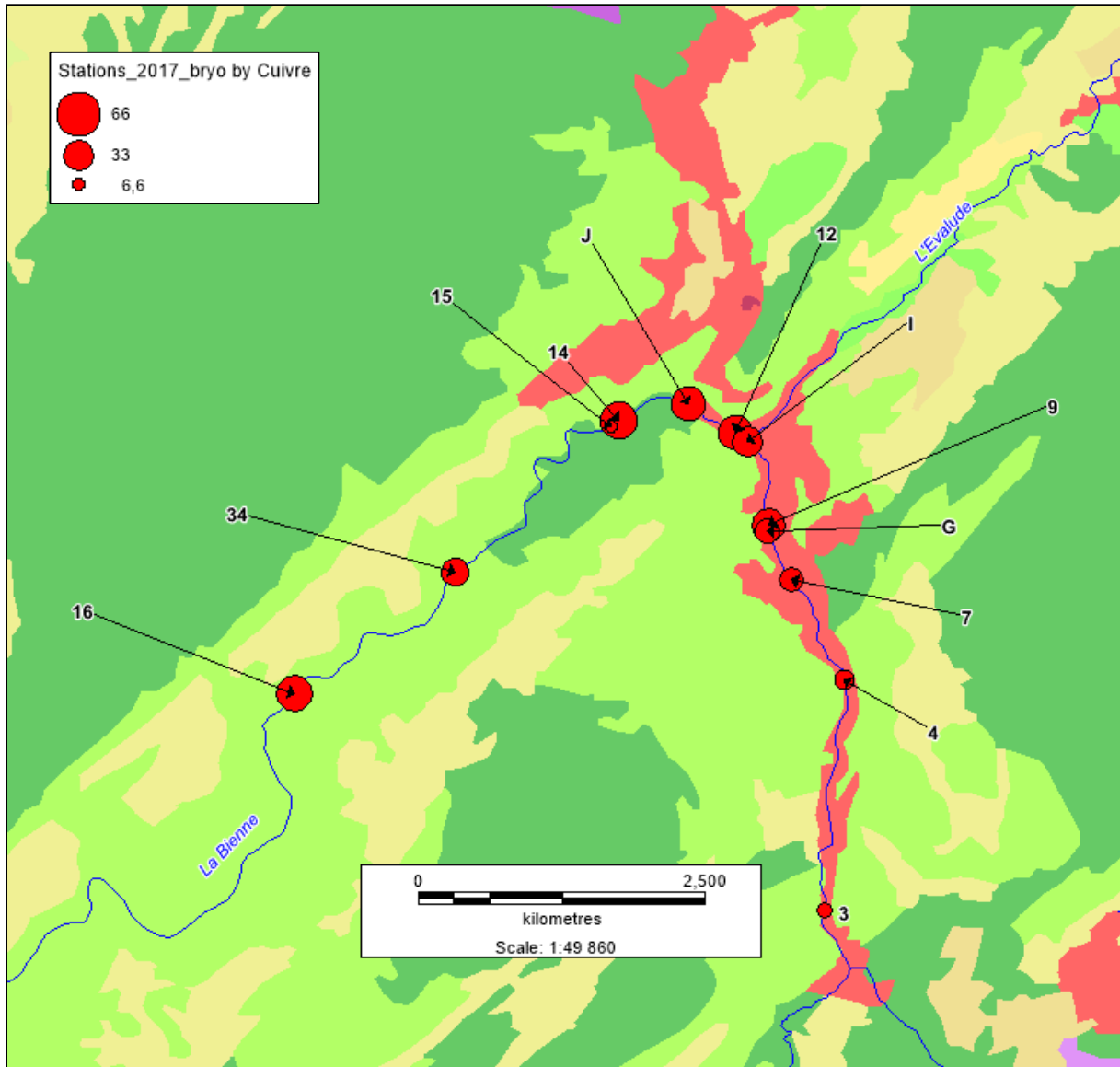


Figure 19. Présentation géographique des concentrations en cuivre bioaccumulé dans les bryophytes en 2017.

Si la plupart des stations suivies semblent concernées par une contamination plus ou moins modérée par le cuivre, la tête de bassin de la Bienne concentre les points disposant des plus fortes concentrations. La carte suivante zoome sur ce secteur géographique.



| Code station   | Point | Nom                                | Cuivre (mg/kg) |
|----------------|-------|------------------------------------|----------------|
| 6084480        | 3     | BIENNE PASSERELLE AMONT LA DOYE    | 10,24          |
| 6084500        | 4     | BIENNE PONT DES DOUANES            | 15,77          |
| 6400005        | 7     | BIENNE PLACE LISSAC                | 21,06          |
| 6400006        | G     | BIENNE 50M AMONT SQUARE            | 24,14          |
| 6400007        | 9     | BIENNE SQUARE RUE DE LA REPUBLIQUE | 41,16          |
| 6399110        | I     | AMONT EVALUDE BIENNE               | 31,67          |
| 6400009        | 12    | BIENNE AVAL EVALUDE                | 41,67          |
| 6084600        | J     | AVAL STEP BIENNE                   | 42,7           |
| 6400025        | 14    | BIENNE Amont Conf Doye Gabet       | 49,75          |
| 6400040        | 34    | AMONT BARRAGE TANCUA               | 29,91          |
| 6084650        | 16    | USINE ELECTRIQUE                   | 45,96          |
| 06053X0028/SCE | 15    | DOYE GABET source                  | 6,49           |

Figure 20. Présentation géographique et tableau des concentrations en cuivre bioaccumulé dans les bryophytes en 2017 dans la partie amont du bassin de la Bienne. Le fond de carte suit le référentiel CorineLandCover de 2012.

4.1.4.1 *Bienne sensu stricto*

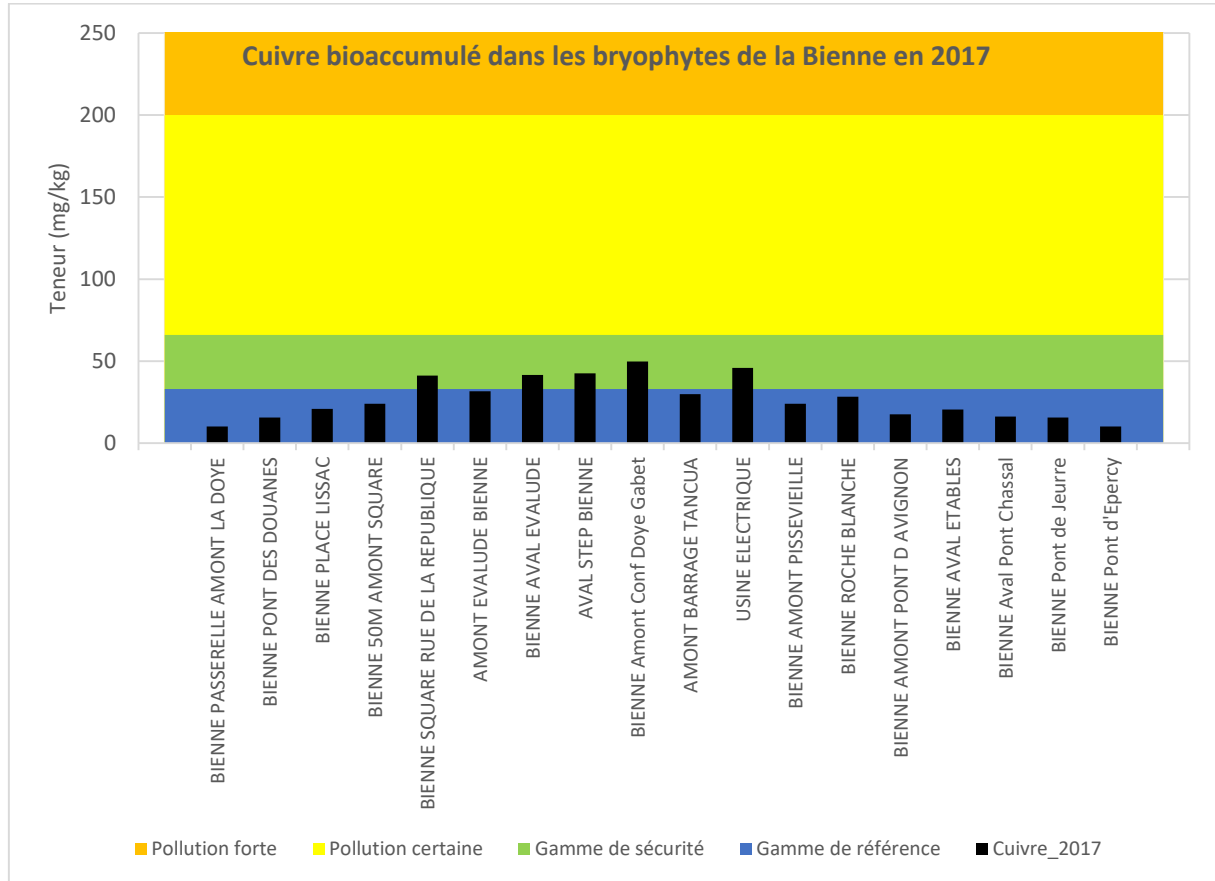


Figure 21. Concentration en cuivre au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017.

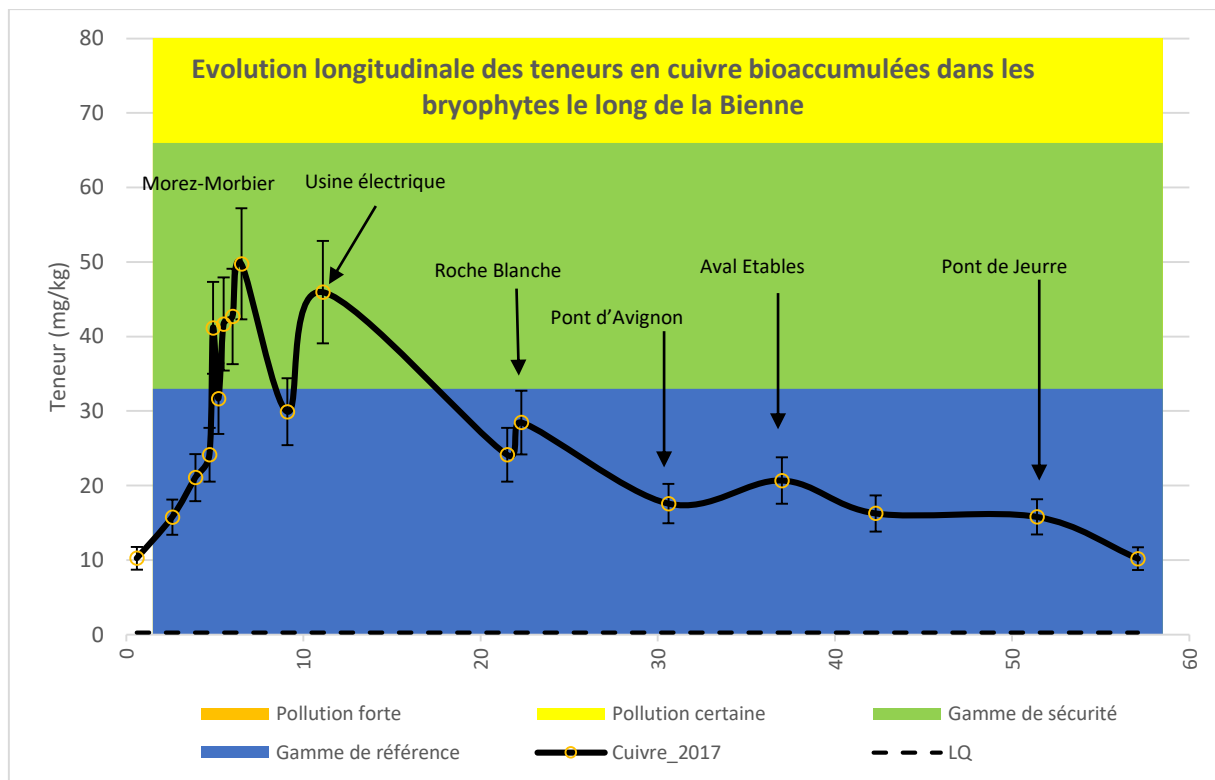


Figure 22. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en cuivre au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Si la source de la Bienne semble préservée de la contamination par le cuivre, en revanche, la pression croît progressivement dès les premiers kilomètres du linéaire pour atteindre un maximum lors de la traversée de Morez et Morbier (pollution modérée mais significative dans la gamme de sécurité). Trois secteurs présentent les plus fortes croissances de teneurs :

- Entre l'amont du Square (st. G) et la rue de la République (st. 9) ;
- Entre l'aval de la station d'épuration (st. J) et l'amont de la confluence avec la Doye Gabet (st. 14) ;
- Entre l'amont du barrage de Tancua (st. 34) et l'usine électrique (st. 16).

On observe plus en aval une décroissance progressive des teneurs en une vingtaine de kilomètres, une légère augmentation en amont de la Roche Blanche (entre les stations n°36 et 17) altérant partiellement cette évolution longitudinale. *In fine*, seule la station la plus aval (au Pont d'Epercy) présente une teneur similaire à la station la plus apicale (amont la Doye).

#### 4.1.4.2 Affluents de la Bienne

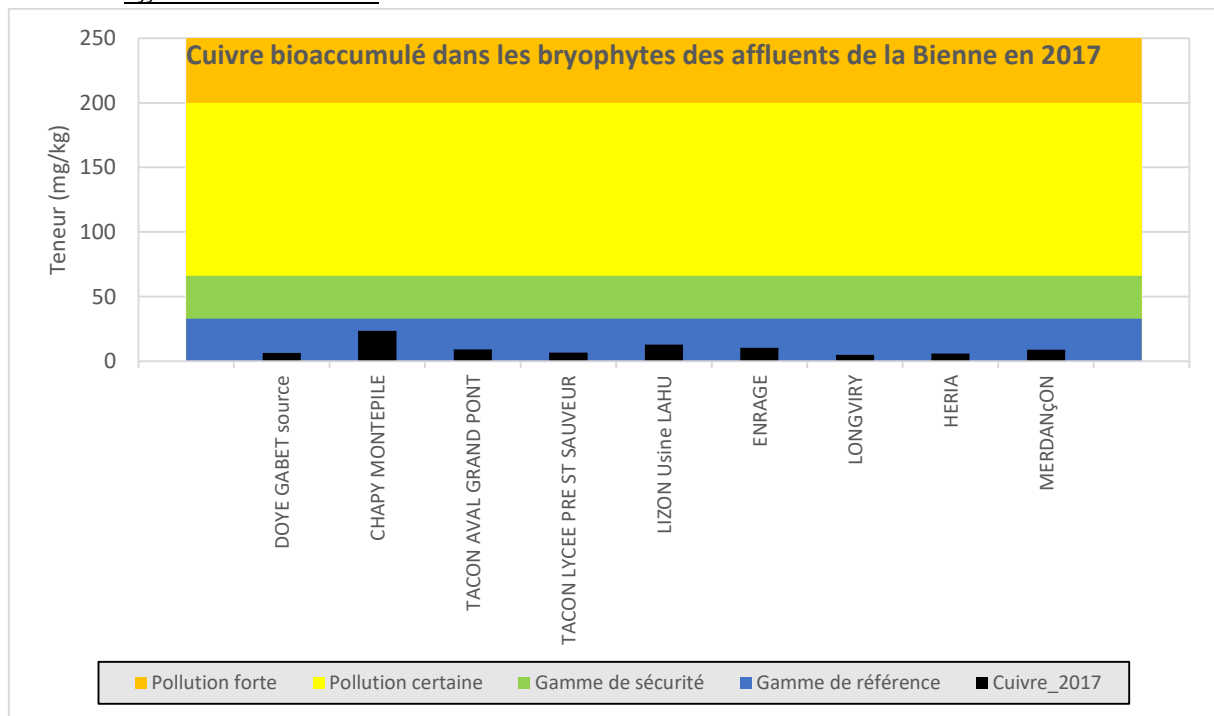


Figure 23. Concentrations en cuivre en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Hormis le Chapy (faible contamination suspectée), les affluents de la Bienne investigués ne présentent pas de pollution ostensible par le cuivre.

Ceci corrobore ainsi une vraisemblable **origine multi-localisée du cuivre qui se ferait directement dans la Bienne (rejets) lors de la traversée de Morez et Morbier.**

#### 4.1.4.3 Affluents de l'Ain

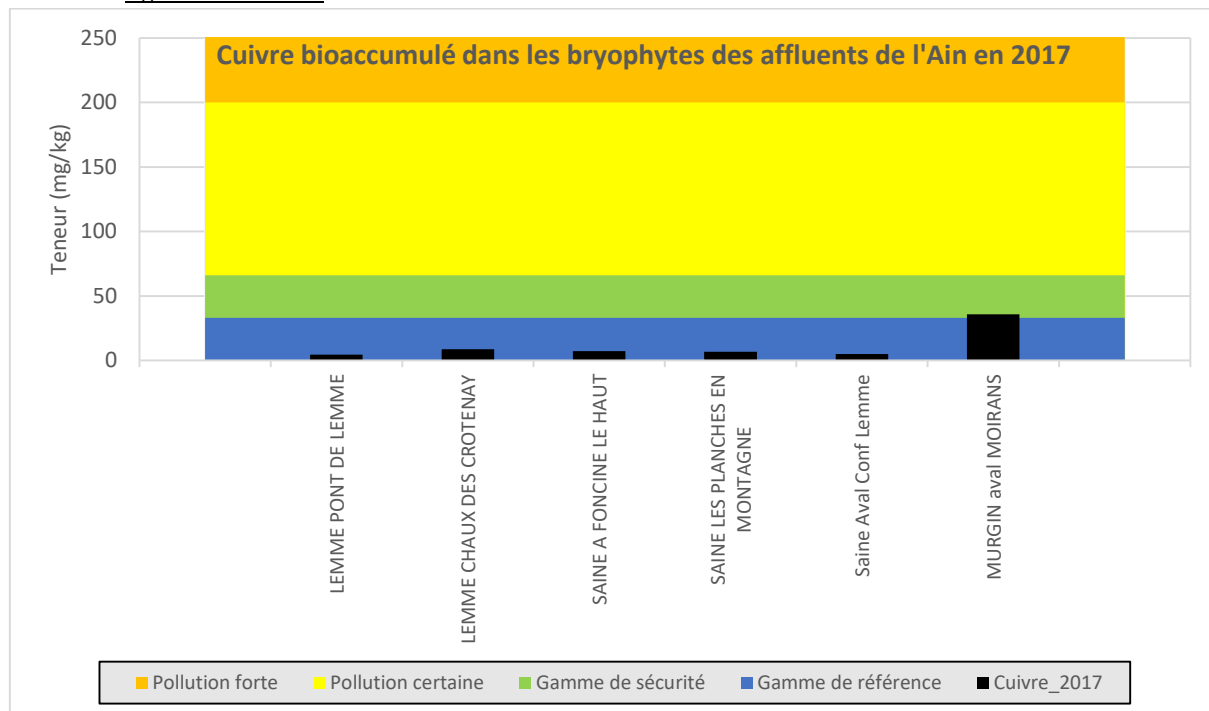


Figure 24. Concentrations en cuivre en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

Comme pour le chrome, le Murgin à l'aval de Moirans présente une contamination modérée mais significative par le cuivre, tandis que les autres affluents de l'Ain ne sont pas ostensiblement pollués par cet ETM en 2017.

#### 4.1.5 Mercure

##### 4.1.5.1 Bienne sensu stricto

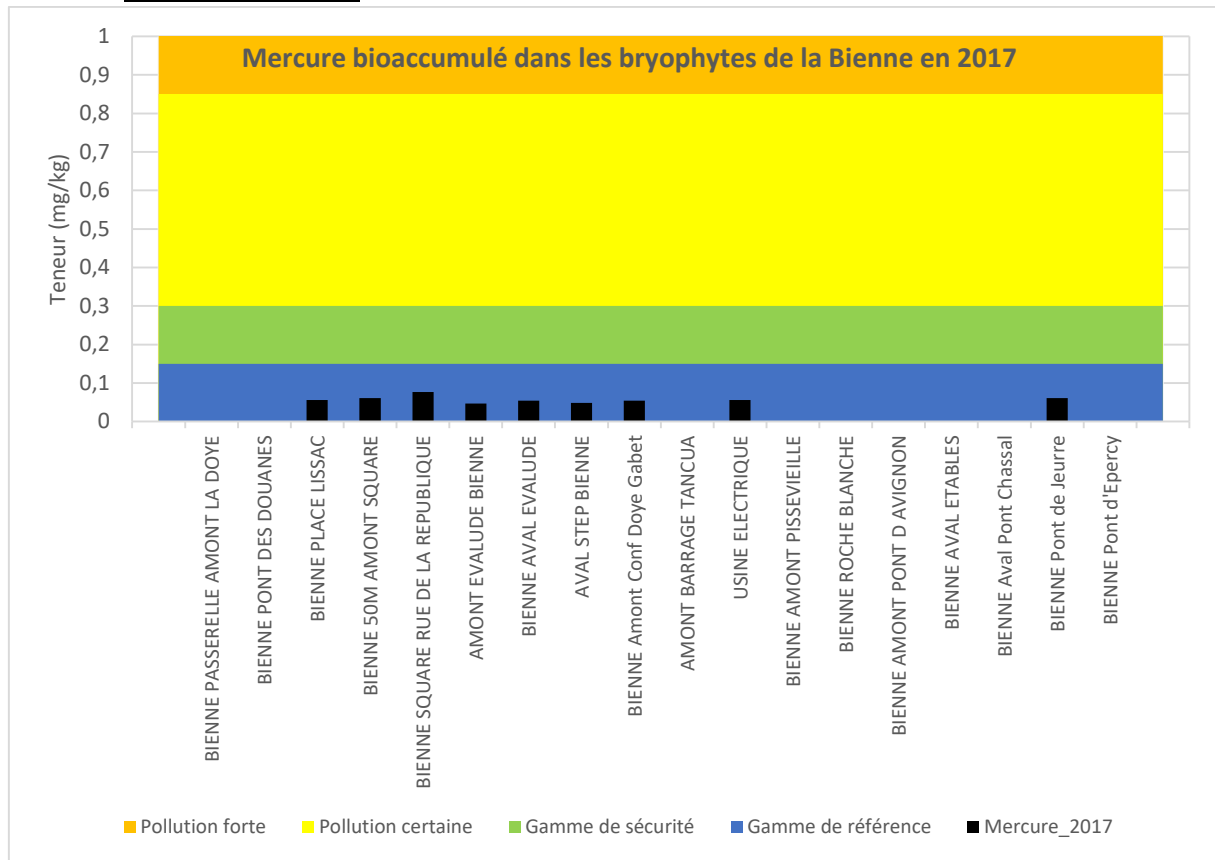


Figure 25. Concentration en mercure au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017. Les valeurs <LQ ne sont pas présentées.

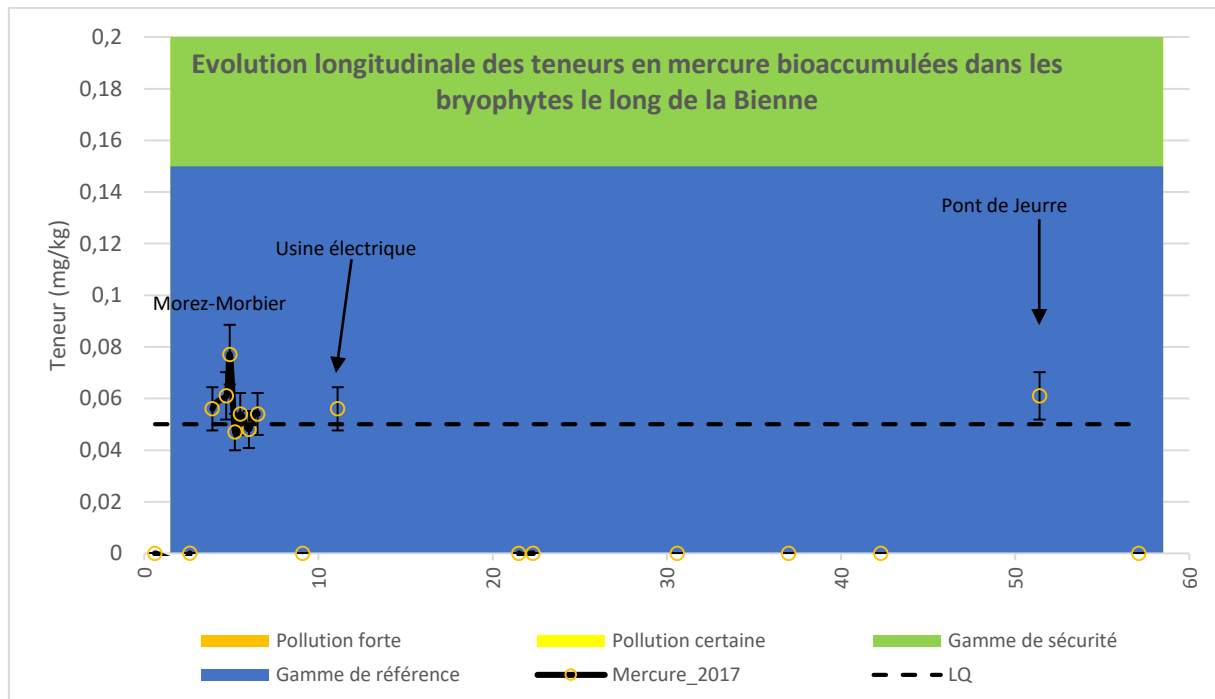


Figure 26. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en mercure au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto. Les valeurs <LQ ne sont pas présentées.

Une faible contamination de la Bienne par le mercure au niveau de Morez-Morbier, de l'amont de Roche Blanche, puis de Jeurre peut être suspectée. Néanmoins, cette pollution, si elle existe, demeure très faible en 2017.

#### 4.1.5.2 Affluents de la Bienne

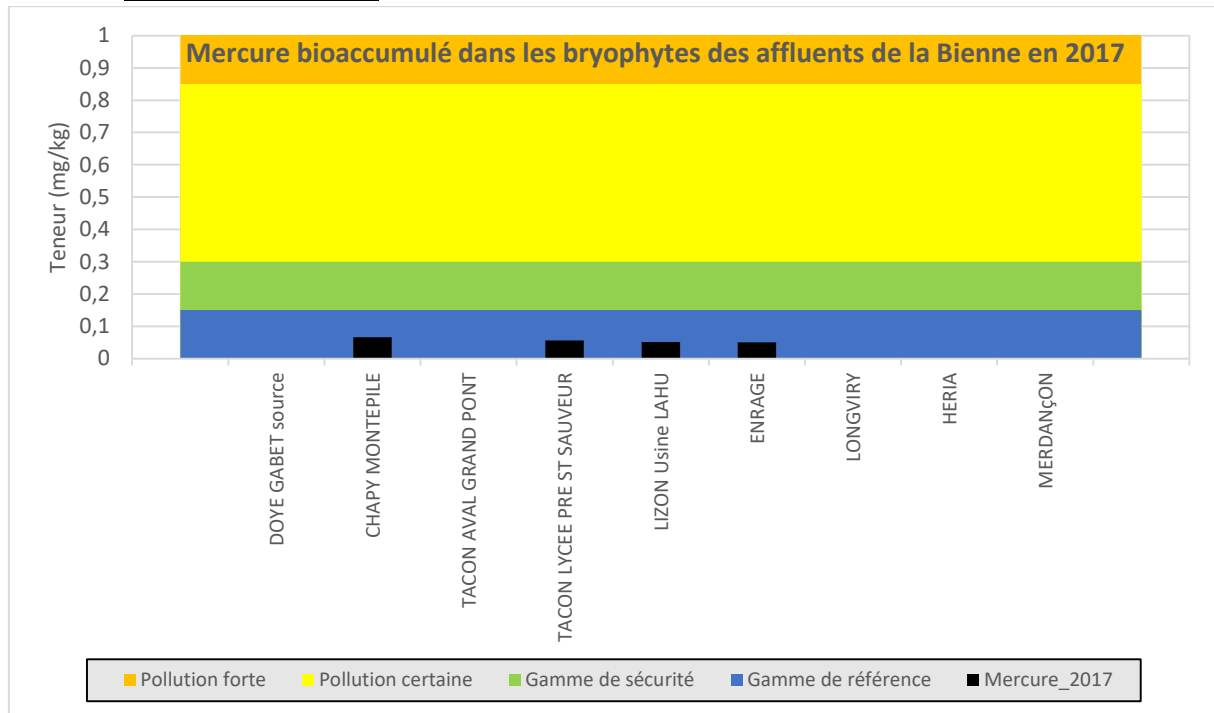


Figure 27. Concentrations en mercure en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Le mercure ne fut pas quantifié dans plus de la moitié des affluents de la Bienne investigués en 2017, les autres cours d'eau présentant de faibles teneurs. Par conséquent, si pollution par le mercure effectivement il y a, alors celle-ci demeurerait faible et multi-localisée en 2017.

#### 4.1.5.3 Affluents de l'Ain

La limite de quantification du mercure dans les bryophytes (0,05 mg/kg) ne fut franchit dans aucun des 6 affluents de l'Ain en 2017 (y compris le Murgin). Par conséquent, aucune pollution par le mercure n'ait mis en évidence dans ces cours d'eau.

#### 4.1.6 Nickel

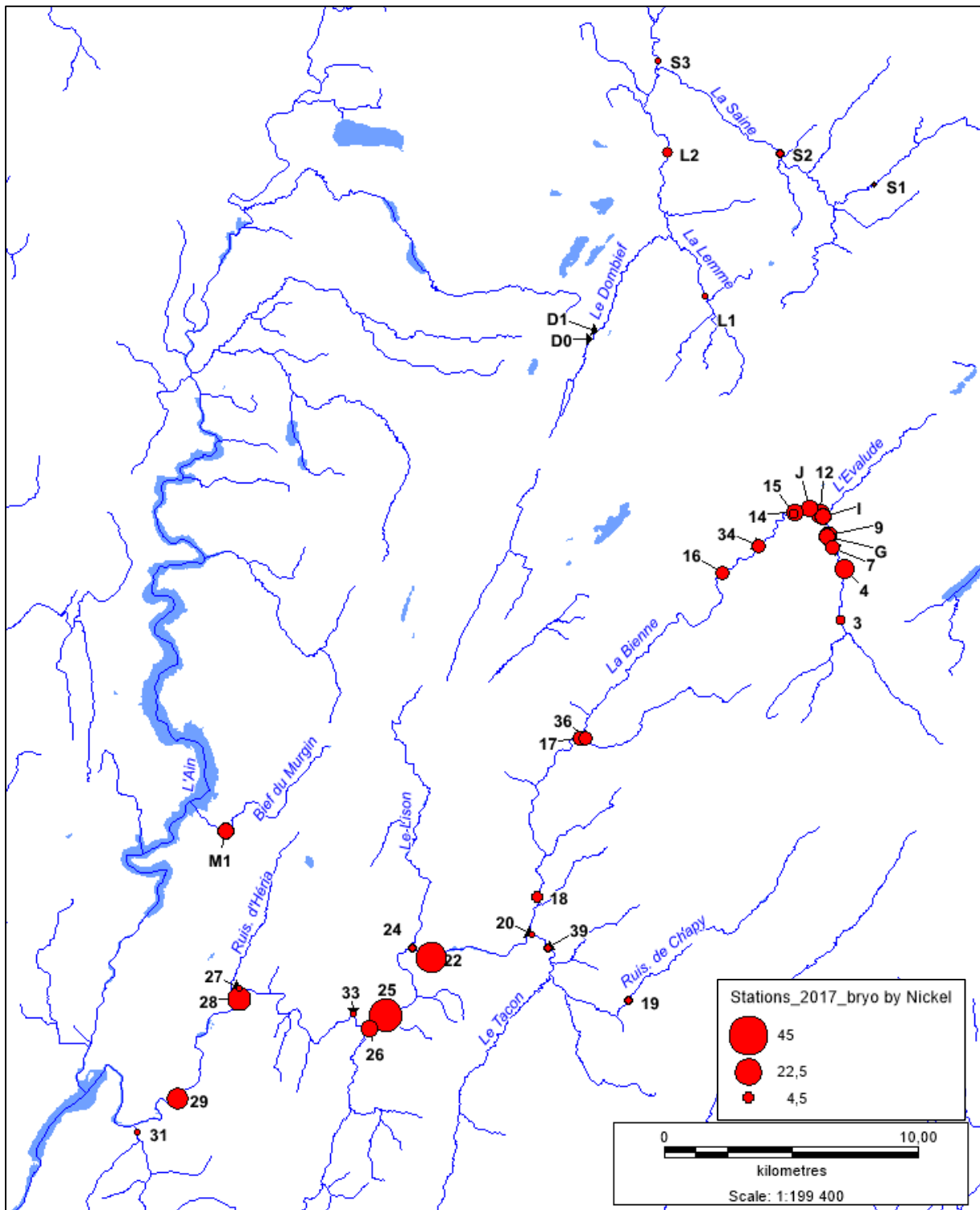


Figure 28. Présentation géographique des concentrations en nickel bioaccumulé dans les bryophytes en 2017.

Si une pollution modérée par le nickel semble observée lors de la traversée de Morez-Morbier, en revanche, la structuration spatiale de la pollution semble plus complexe dans la partie aval du bassin de la Bienne. La carte suivante zoome sur ce secteur géographique.

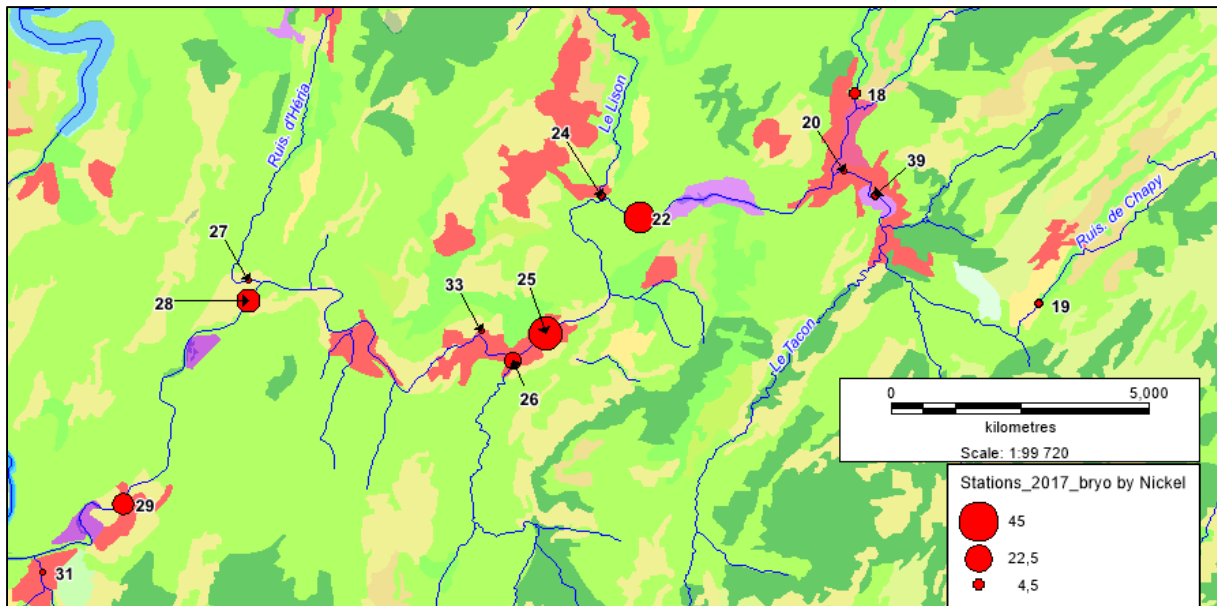


Figure 29. Présentation géographique des concentrations en cuivre bioaccumulé dans les bryophytes en 2017 dans la partie amont du bassin de la Bienne. Le fond de carte suit le référentiel CorineLandCover de 2012.

Dans la partie aval du bassin de la Bienne, l'essentiel de la pollution par le nickel concerne la Bienne sensu stricto, seul l'Enragé (st. n°26) présentant une possible légère contamination.

#### 4.1.6.1 Bienne sensu stricto

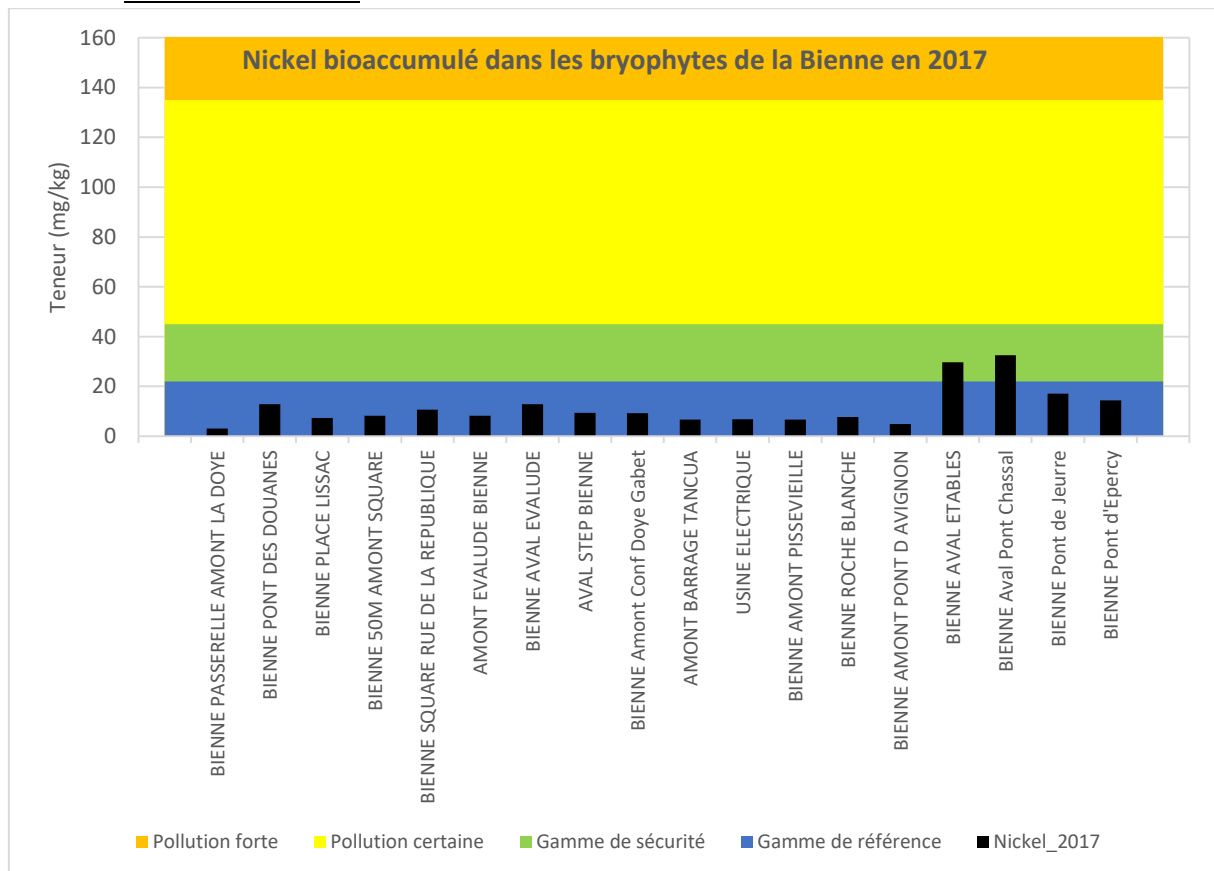


Figure 30. Concentration en nickel au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017.

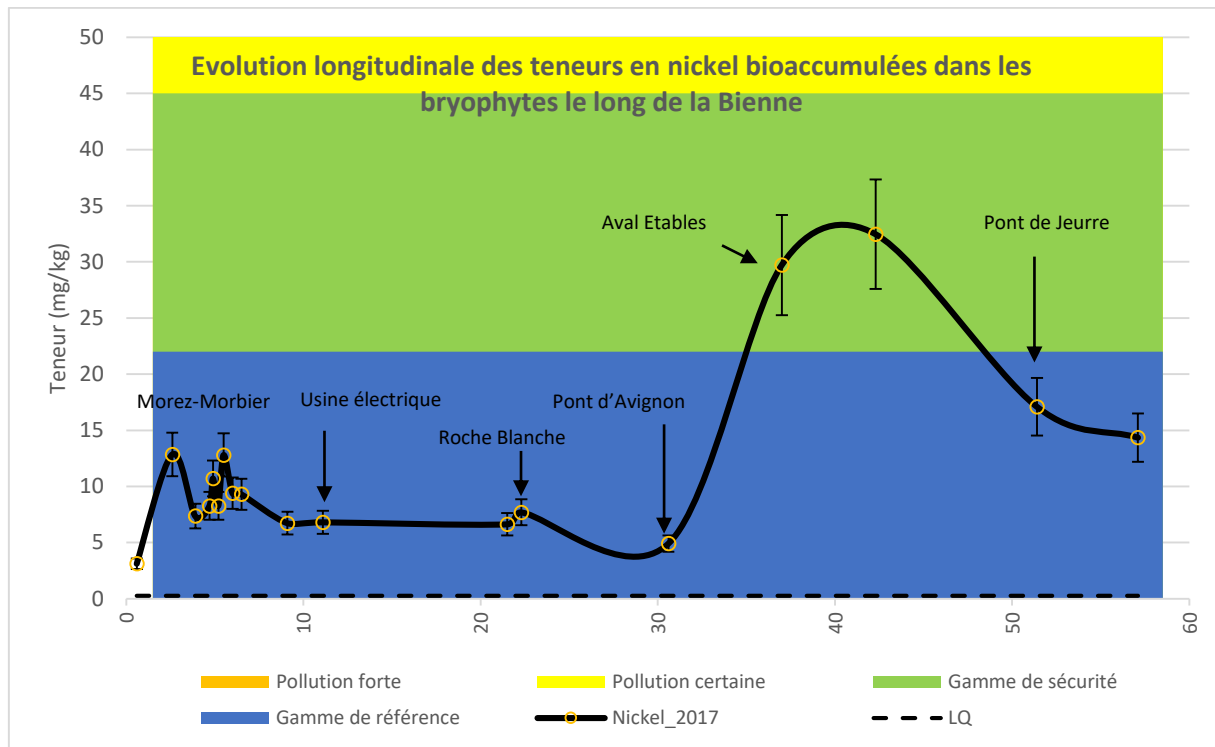


Figure 31. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en nickel au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Si des traces de contamination de la Bienne peuvent être suspectées lors de la traversée de Morez-Morbier, l'essentiel de la pollution par le Nickel intervient, comme pour le chrome, **de façon modérée mais significative (gamme de sécurité) entre le Pont d'Avignon et l'aval d'Etables.**

Des teneurs similaires – voire plus élevées – sont encore constatées plusieurs kilomètres plus en aval, i.e. au niveau de l'aval du Pont Chassal, puis en décroissance progressive en s'éloignant de plusieurs dizaines de kilomètres. Toutefois, les niveaux de pollution mesurés plus de 20km à l'aval de ce tronçon demeurent encore environ deux fois plus élevés qu'à l'amont du Pont d'Avignon.

4.1.6.2 *Affluents de la Bienne*

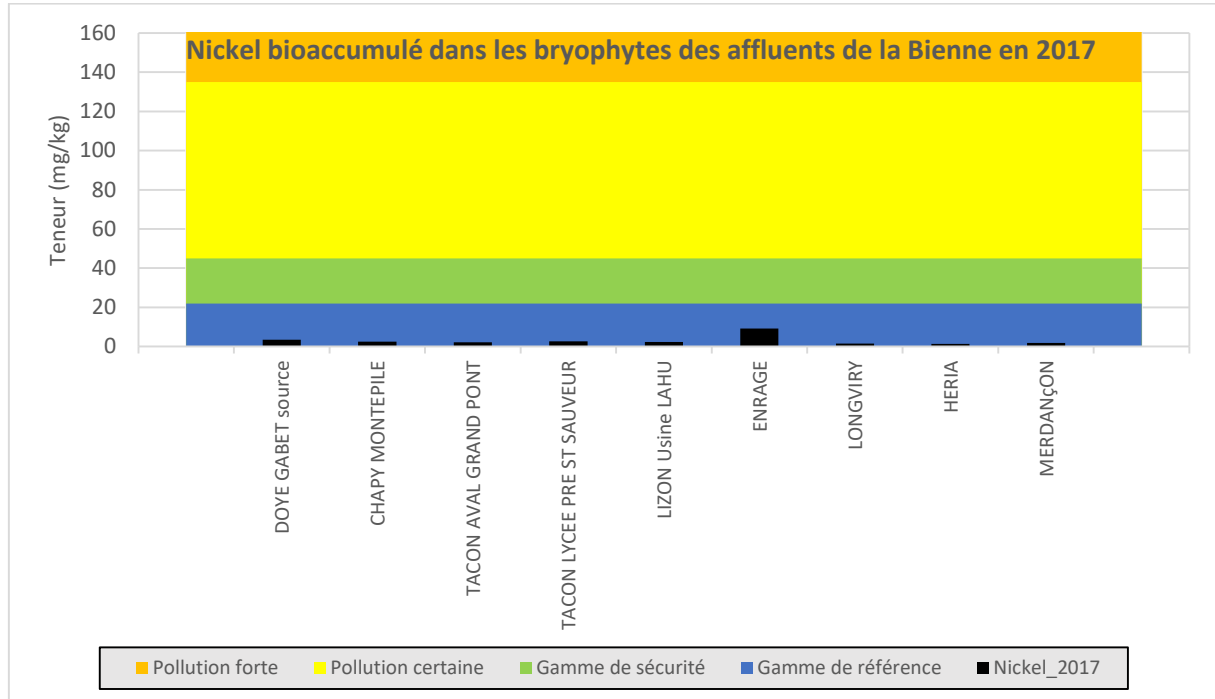


Figure 32. Concentrations en nickel en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Hormis, l'Enragé qui présente une possible légère contamination par le nickel, les autres affluents de la Bienne investigués ne sont pas ostensiblement pollués par cet ETM. Par conséquent, comme pour le chrome, il semblerait que la **pollution du bassin de la Bienne par le nickel soit globalement modérée et multi-localisée dans un secteur géographique restreint, et qu'elle transiterait directement dans le cours d'eau principal.**

4.1.6.3 *Affluents de l'Ain*

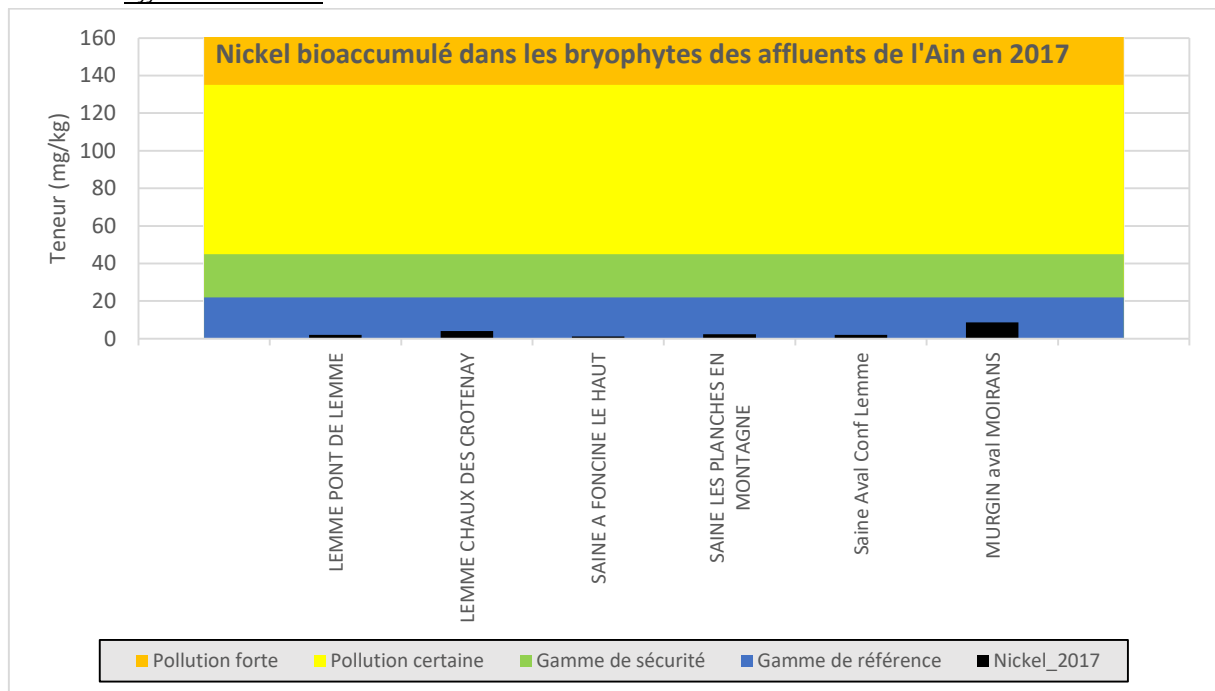


Figure 33. Concentrations en nickel en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

Hormis éventuellement le Murgin de façon très modérée, les affluents de l'Ain investigués ne présentent pas de contamination ostensible par le nickel en 2017.

#### 4.1.7 Plomb

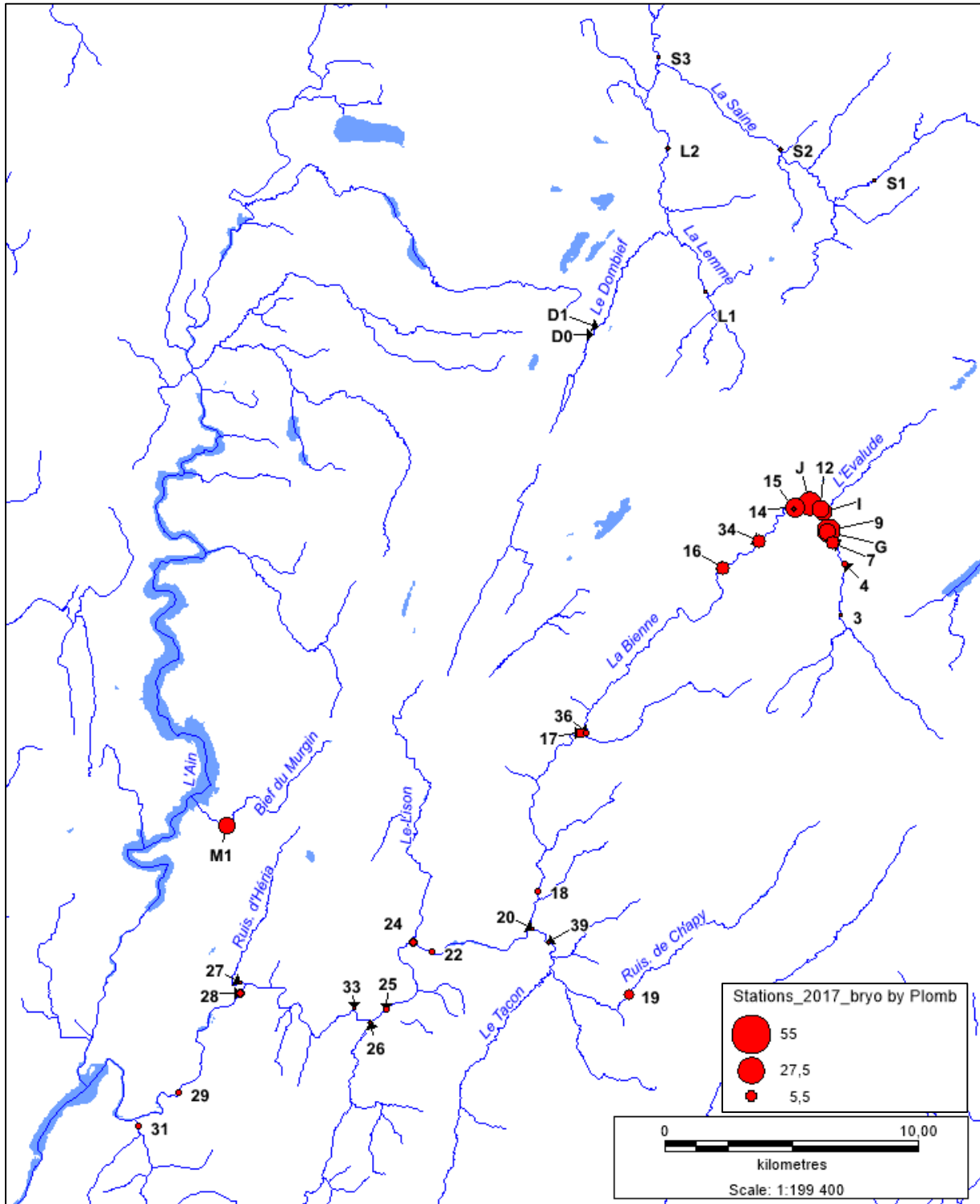


Figure 34. Présentation géographique des concentrations en plomb bioaccumulé dans les bryophytes en 2017.

Le Murgin et le secteur apical du bassin de la Bienne sont les plus contaminés par le plomb en 2017.

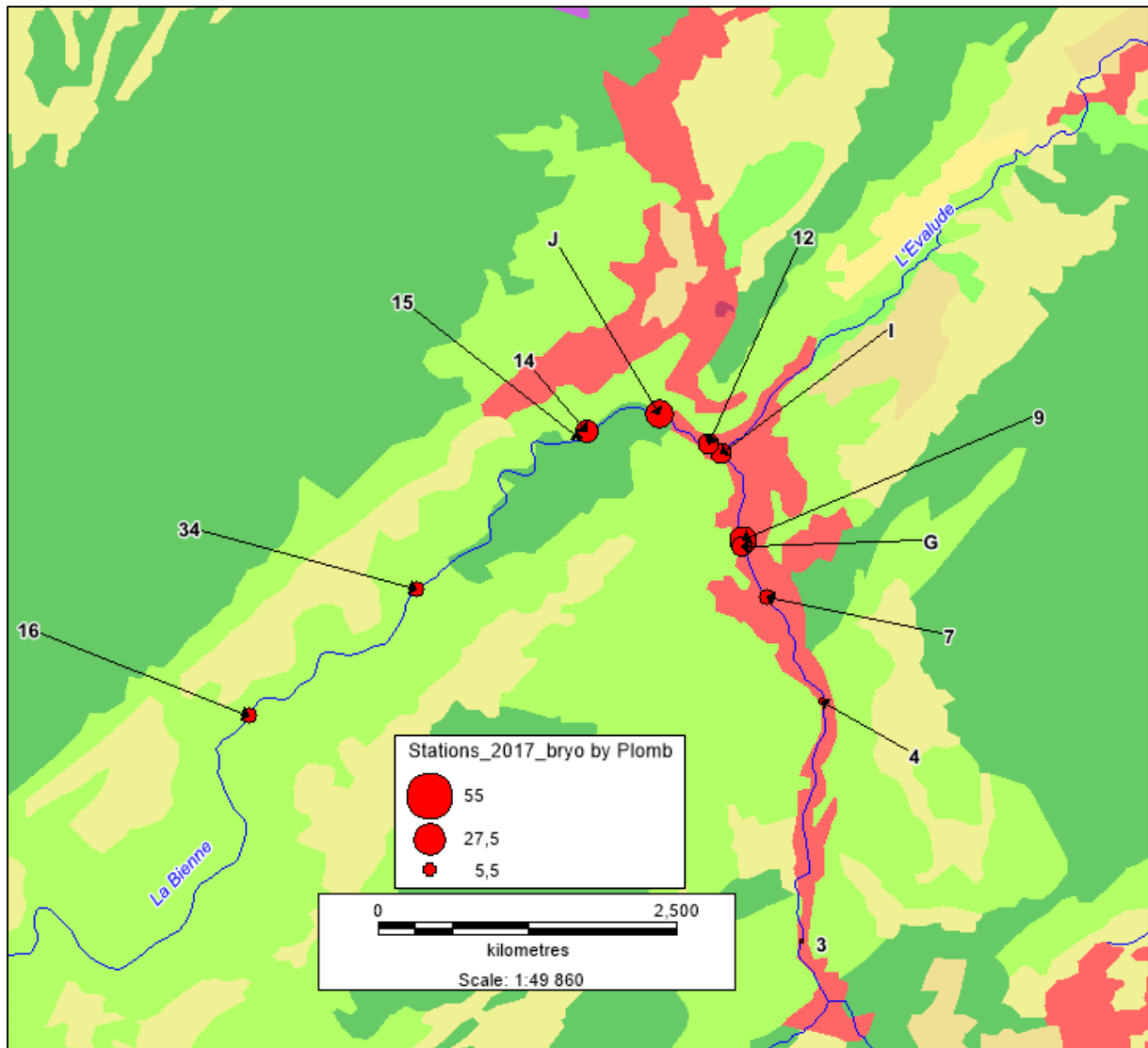


Figure 35. Présentation géographique des concentrations en plomb bioaccumulé dans les bryophytes en 2017 dans la partie amont du bassin de la Bienne. Le fond de carte suit le référentiel CorineLandCover de 2012.

4.1.7.1 *Bienne sensu stricto*

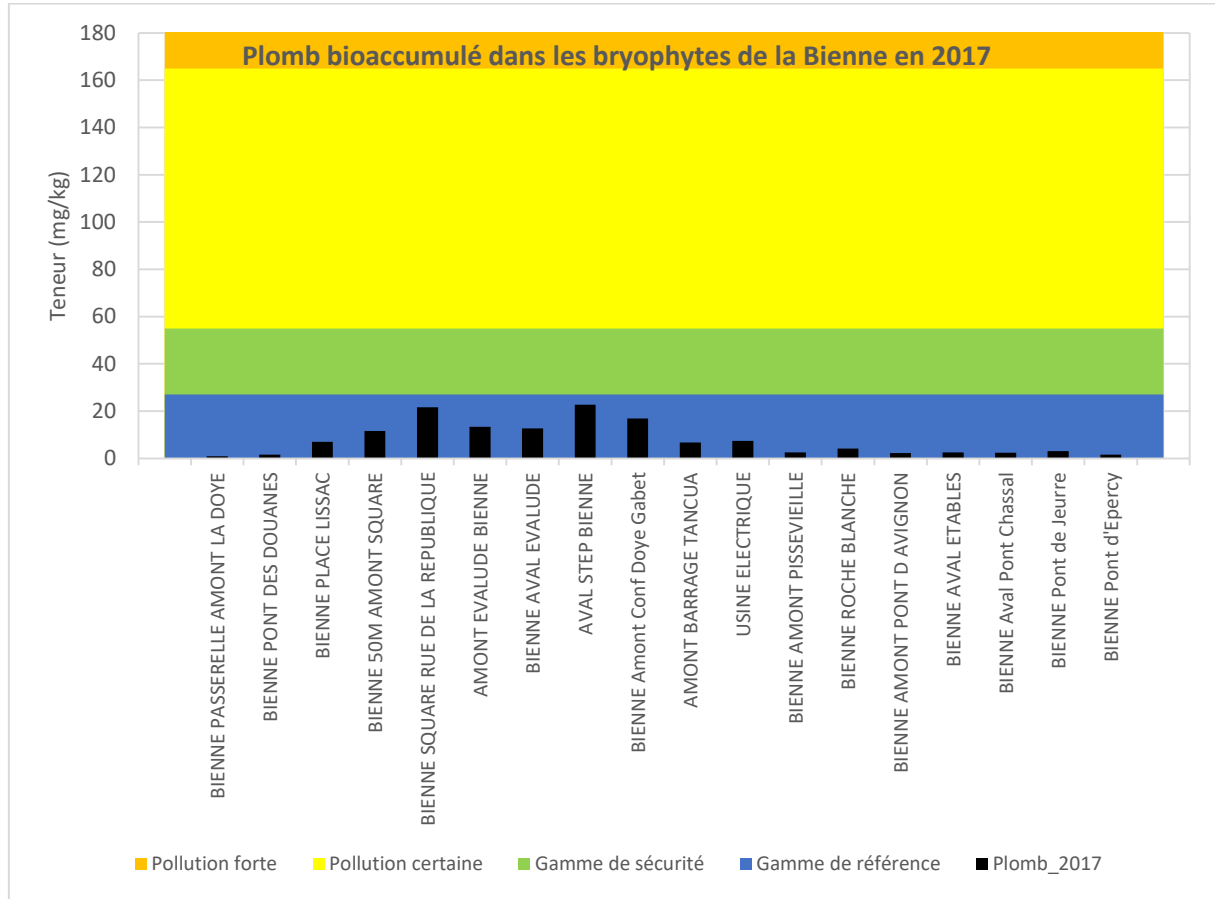


Figure 36. Concentration en plomb au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017.

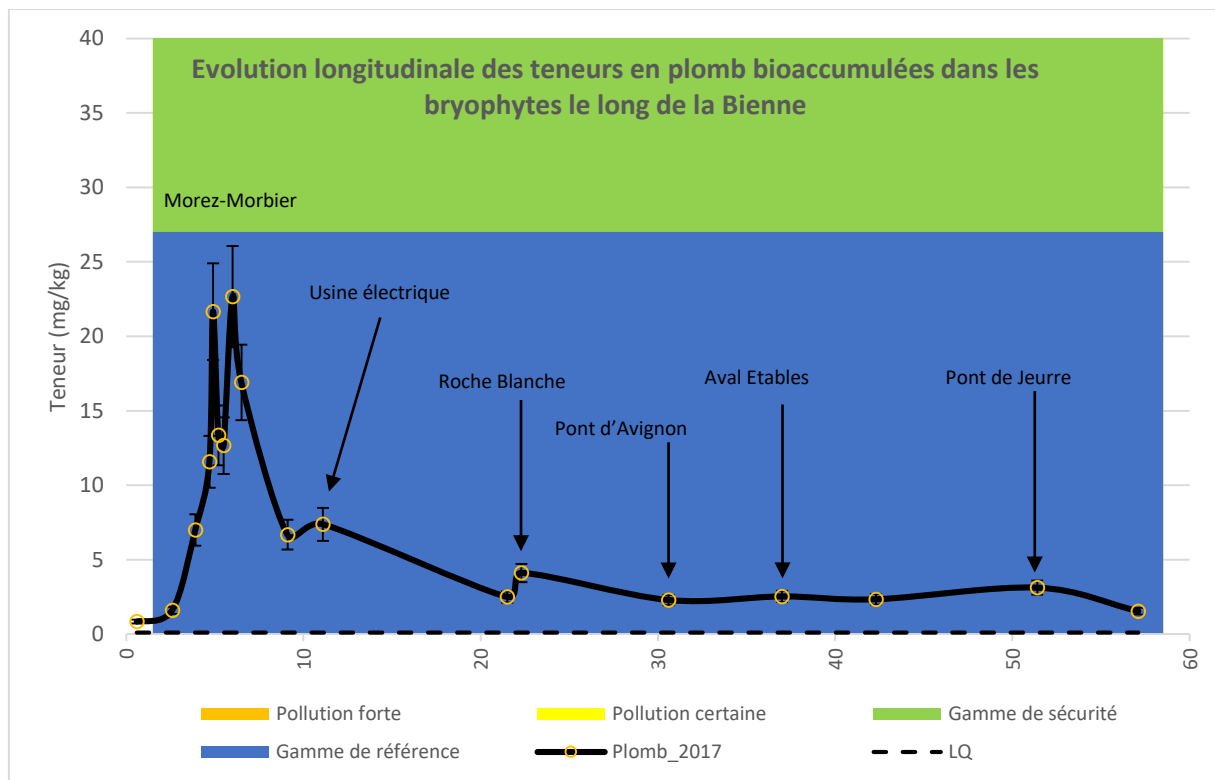


Figure 37. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en plomb au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

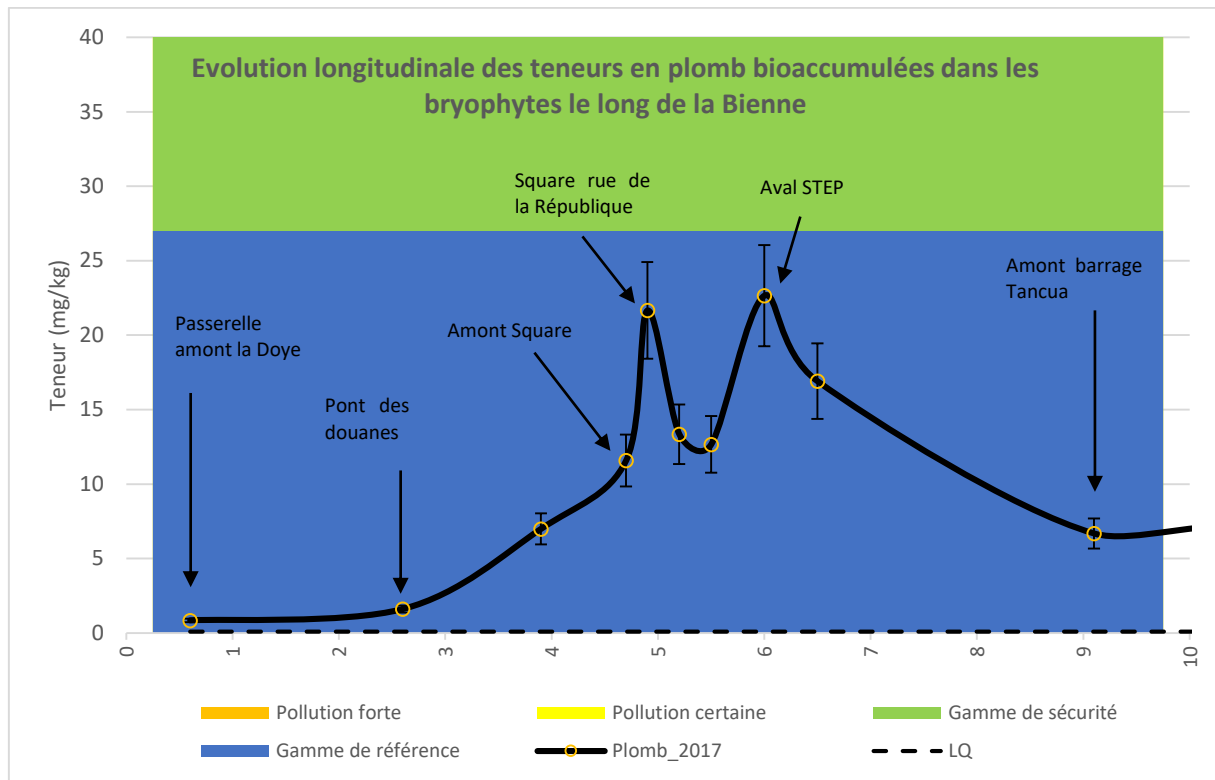


Figure 38. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en plomb au sein des bryophytes le long des dix premiers kilomètres de linéaire de la Bienne sensu stricto.

**Une faible contamination mais croissante de la Bienne par le plomb est observée du Pont des Douanes au Square rue de la République, puis entre l’aval de la confluence avec l’Evalude et l’aval de la station d’épuration.**

Une décroissance du niveau de contamination est par la suite observée en s’éloignant vers l’aval, avec toutefois des modestes « pics » constatés à l’amont de l’usine électrique et l’amont de Roche Blanche.

La partie médiane et aval de la Bienne ne présente donc pas de pollution ostensible par le plomb en 2017.

4.1.7.2 Affluents de la Bienne

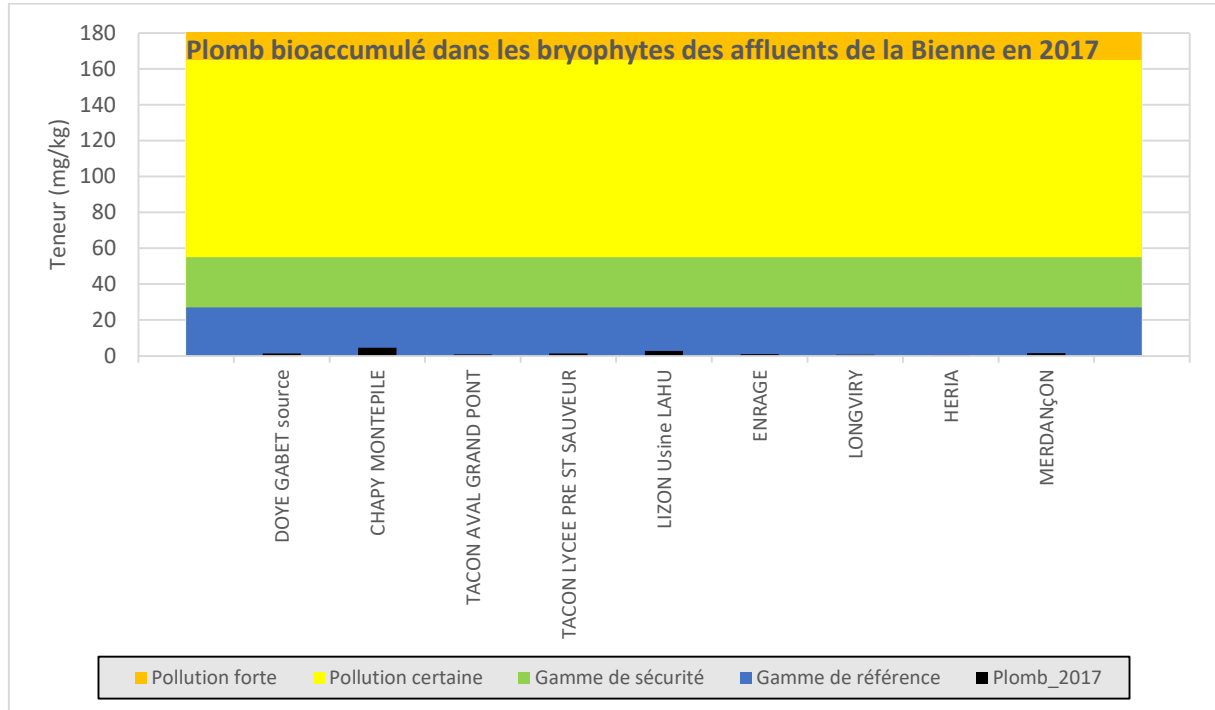


Figure 39. Concentrations en plomb en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Aucune pollution ostensible par le plomb ne fut observée en 2017 au sein des affluents de la Bienne investigués.

4.1.7.3 Affluents de l'Ain

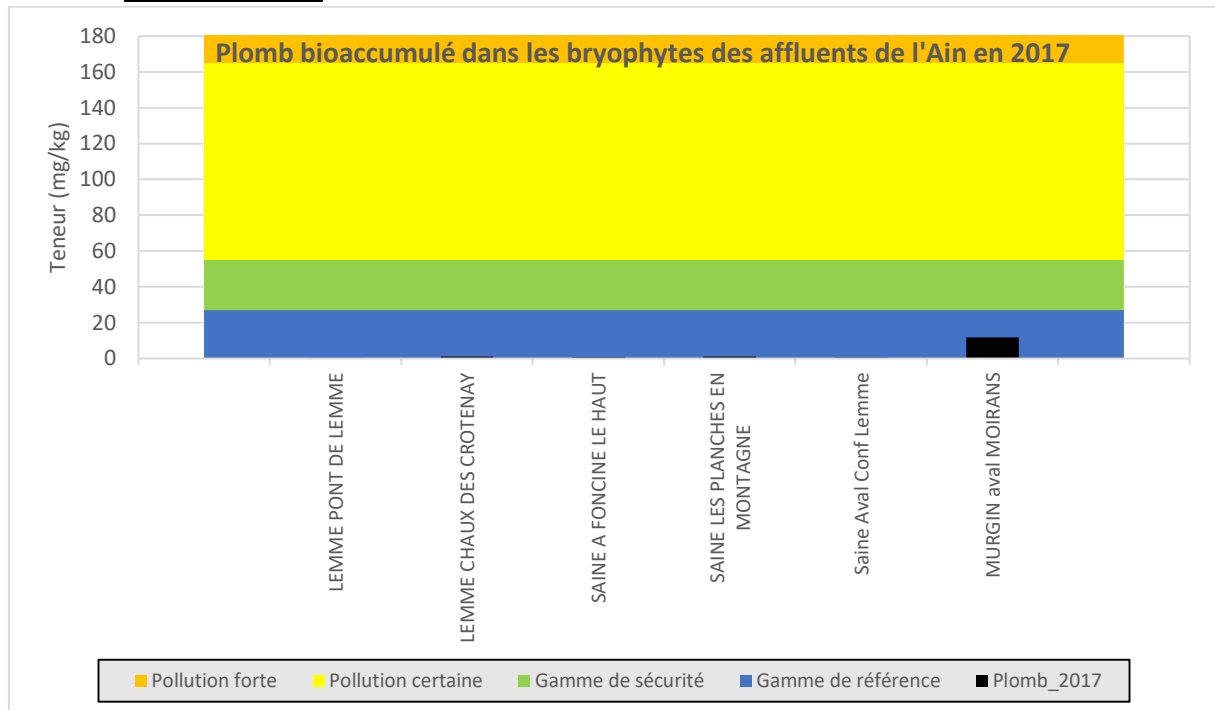


Figure 40. Concentrations en plomb en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

Comme précédemment pour les affluents de la Bienne, aucune pollution ostensible par le plomb ne fut observée en 2017 au sein des affluents de l'Ain investigués, hormis le Murgin (légère contamination).

#### 4.1.8 Zinc

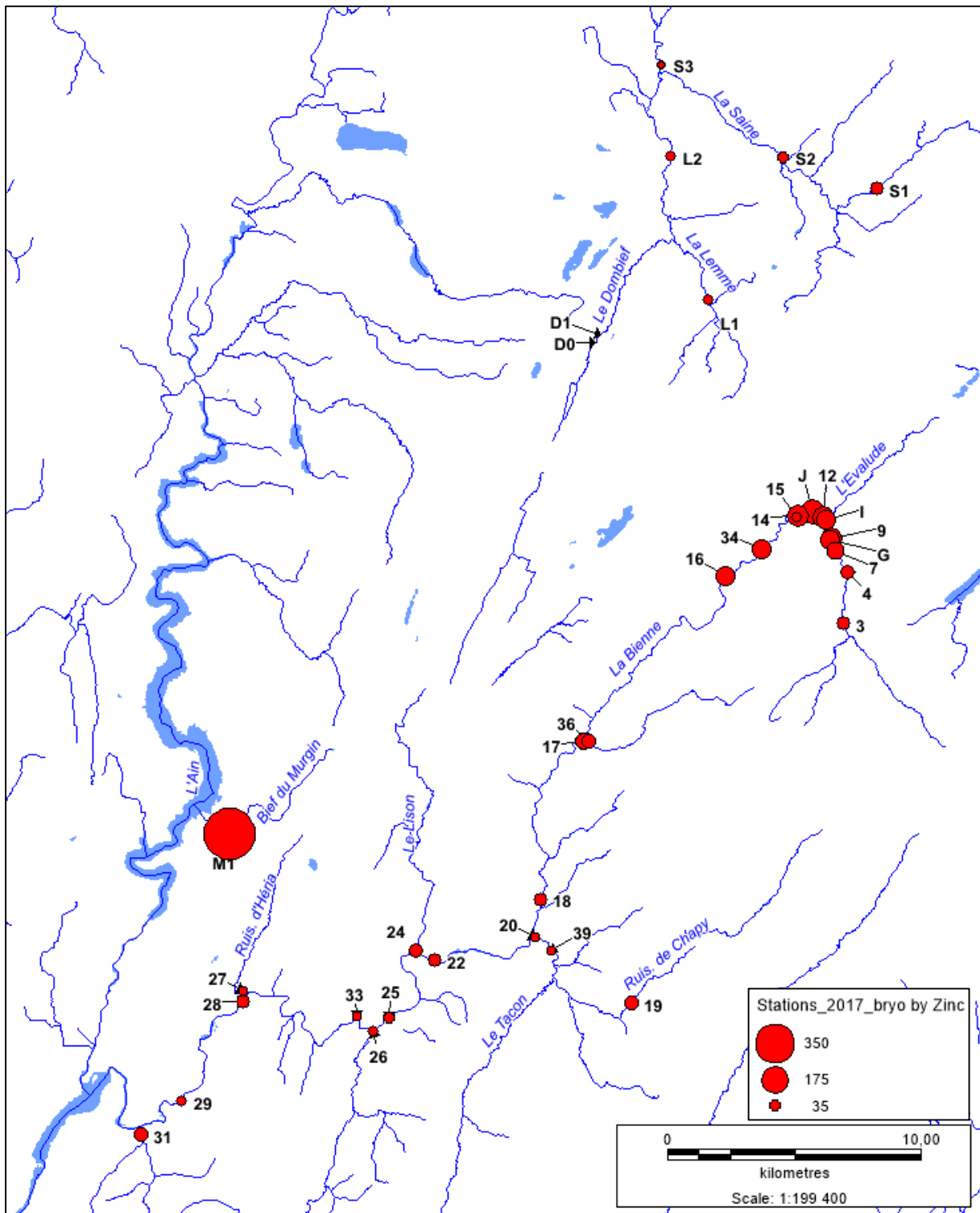


Figure 41. Présentation géographique des concentrations en zinc bioaccumulé dans les bryophytes en 2017.

Hormis le cas spécifique du Murgin (très forte pollution par le zinc), l'essentielle de la contamination demeure modérée et cantonnée dans la partie apicale du bassin de la Bienne.

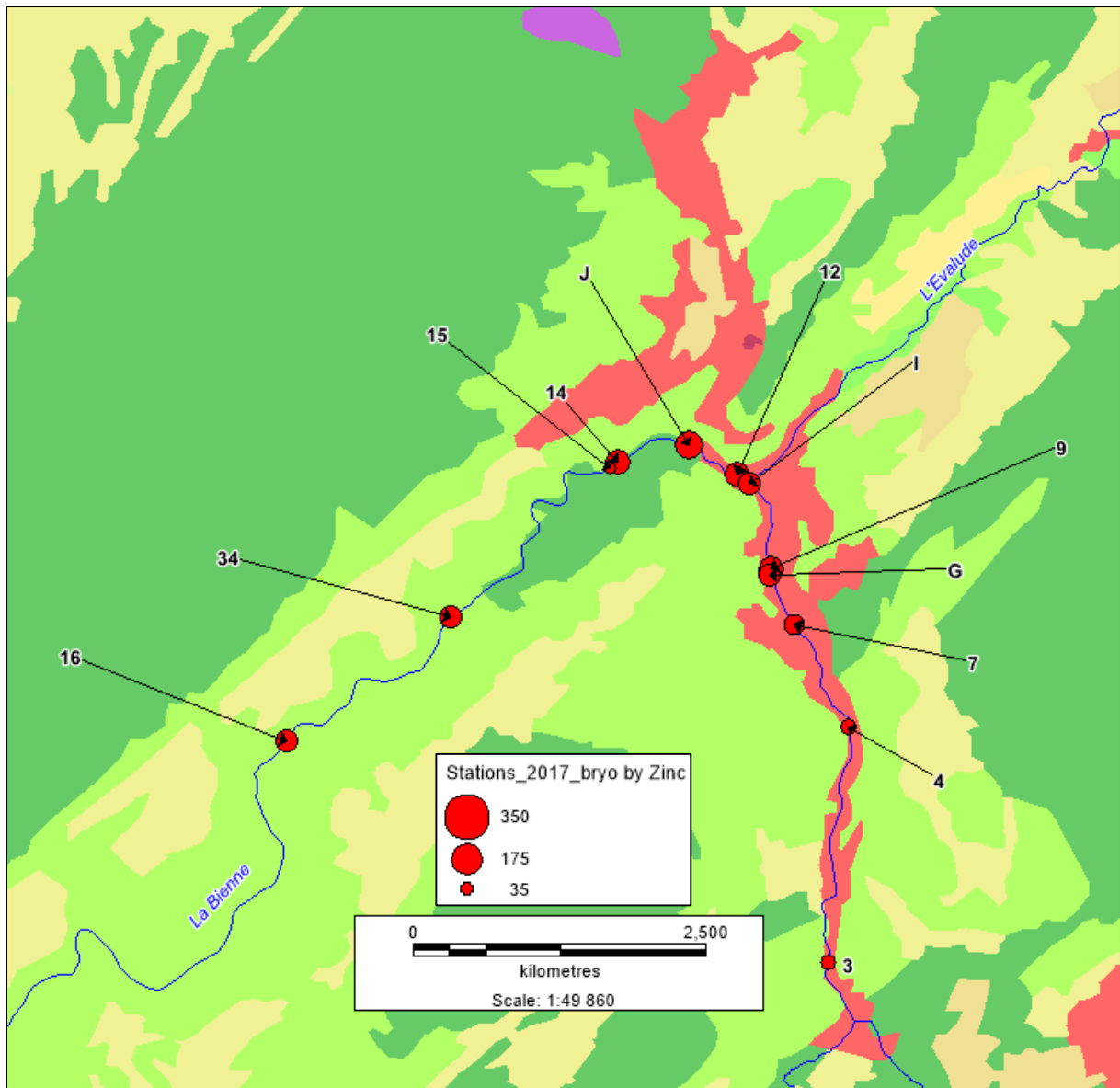


Figure 42. Présentation géographique des concentrations en zinc bioaccumulé dans les bryophytes en 2017 dans la partie amont du bassin de la Bienne. Le fond de carte suit le référentiel CorineLandCover de 2012.

L'évolution longitudinale des teneurs bioaccumulées en zinc dans ce secteur apicale semble être progressive (Cf chapitre suivant).

4.1.8.1 *Bienne sensu stricto*

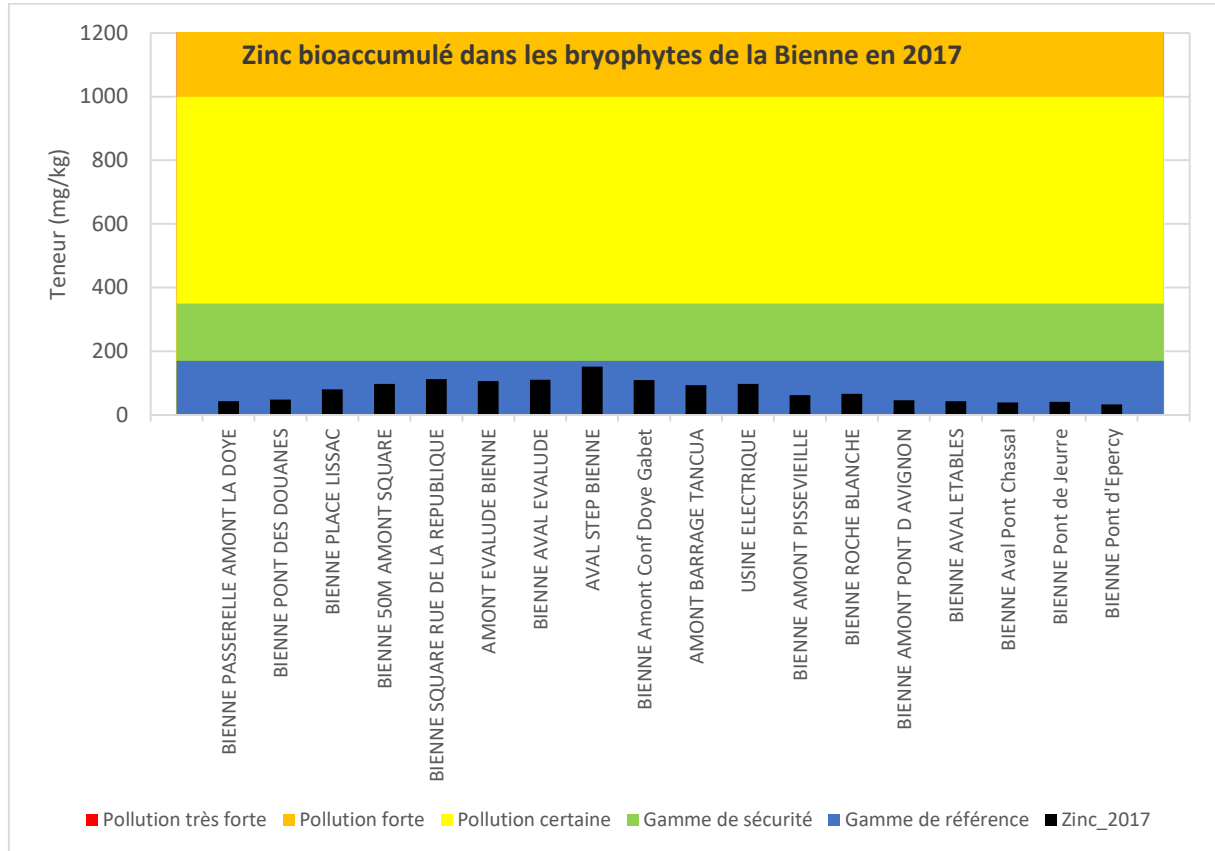


Figure 43. Concentration en zinc au sein des bryophytes par station localisée sur la Bienne sensu stricto en 2017.

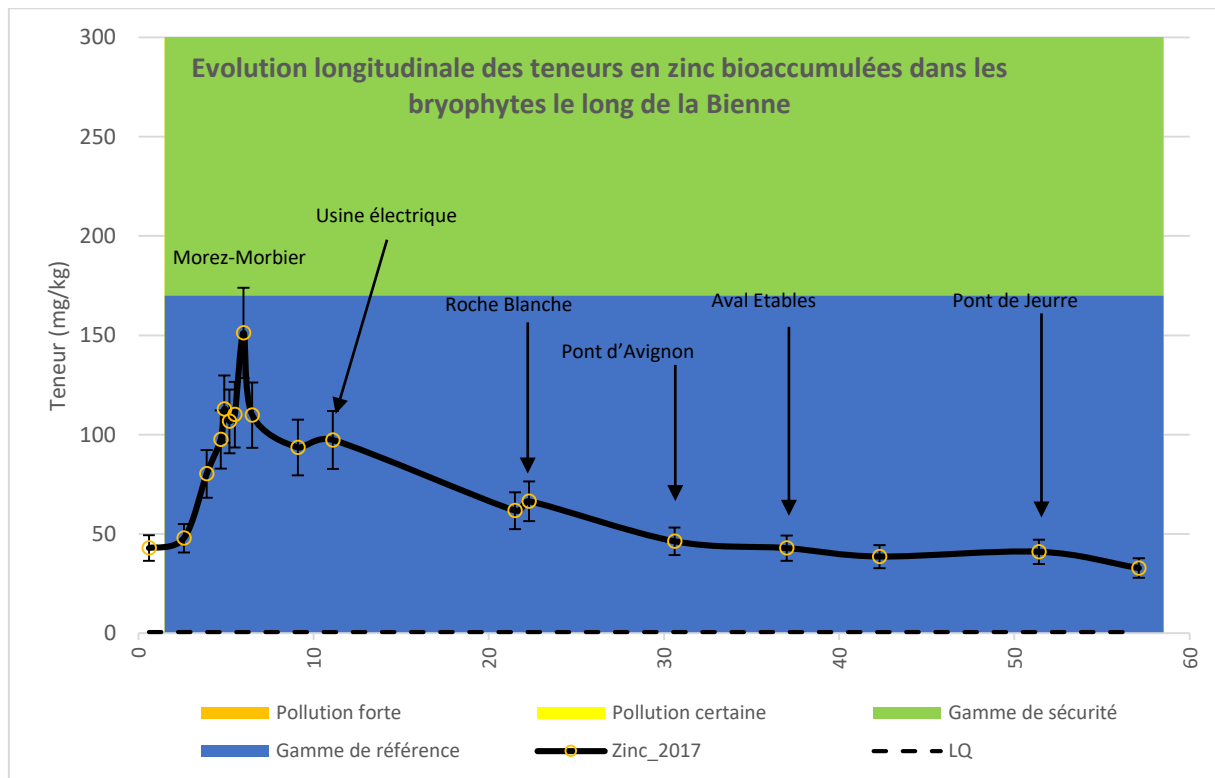


Figure 44. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en zinc au sein des bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

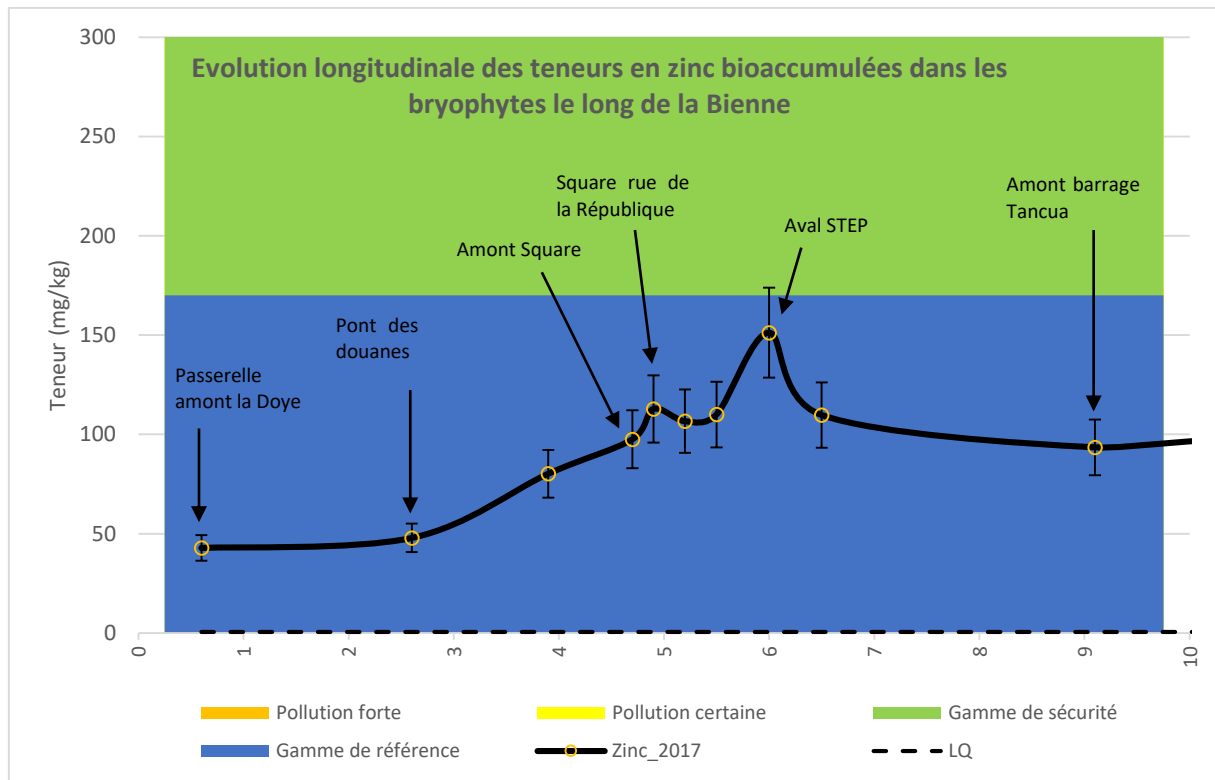


Figure 45. Evolution longitudinale en 2017 des teneurs en zinc au sein des bryophytes le long des dix premiers kilomètres de linéaire de la Bienne sensu stricto.

**La pollution de la Bienne par le zinc est modérée et essentiellement inhérente à la traversée de Morez-Morbier** : croissance progressive de la bioaccumulation du Pont des Douanes au Square ru de la République, puis « pic » observé entre l’aval de la confluence avec l’Evalude et l’aval de la station d’épuration.

La pression décroît par la suite longitudinalement, les niveaux les plus apicaux étant de nouveau mesurés plus d’une vingtaine de kilomètres en aval.

4.1.8.2 *Affluents de la Bienne*

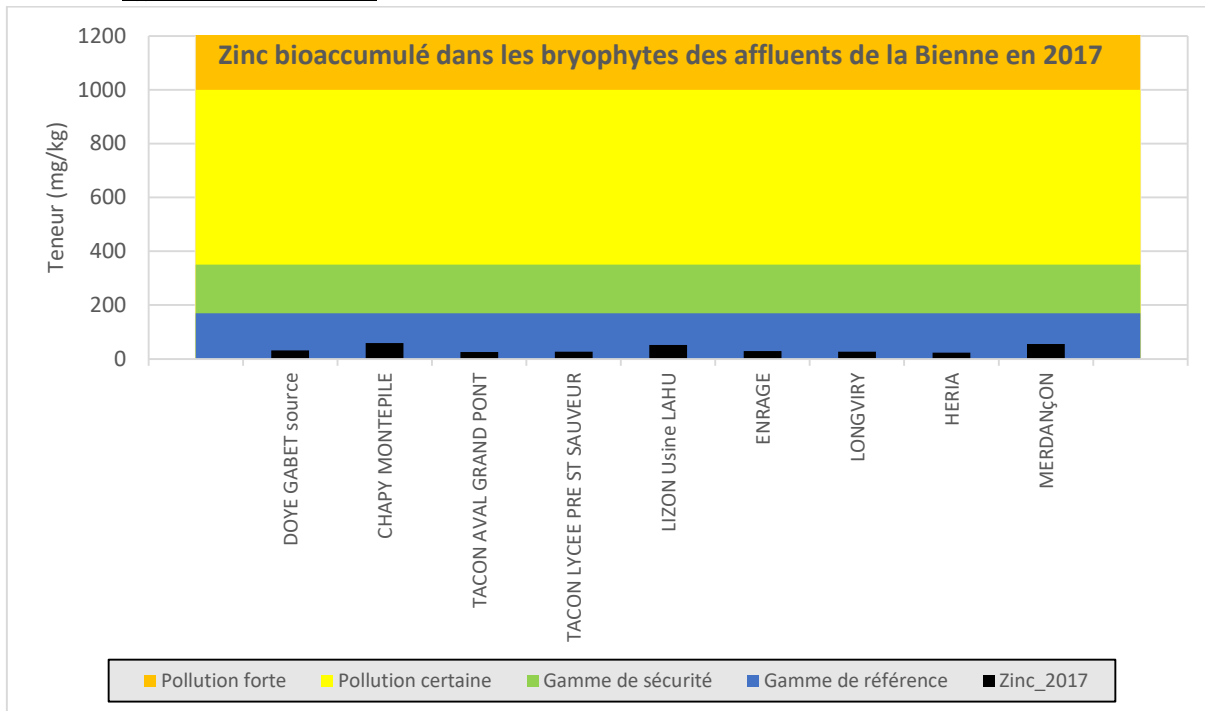


Figure 46. Concentrations en zinc en 2017 au sein des bryophytes des affluents de la Bienne.

Les teneurs en zinc mesurés dans les bryophytes des affluents de la Bienne ne mettent pas en évidence de contamination ostensible par cet ETM en 2017.

4.1.8.3 *Affluents de l'Ain*

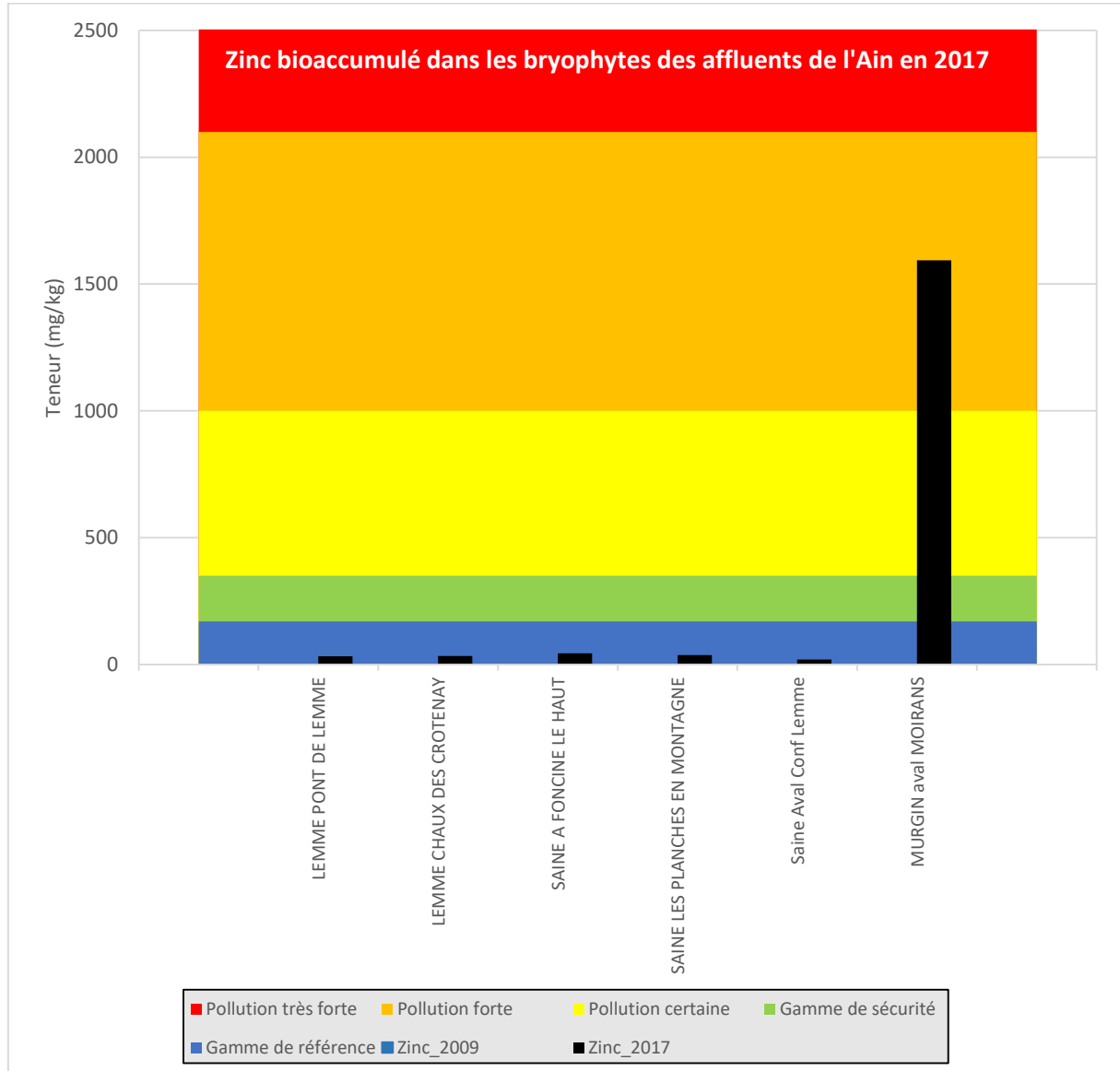


Figure 47. Concentrations en zinc en 2017 au sein des bryophytes des affluents de l'Ain.

Contrairement aux autres affluents de l'Ain où aucune pollution par le zinc ne fut mise en évidence en 2017, le **Murgin présente à l'aval de Moirans une très forte pollution par cet ETM en 2017.**

#### 4.1.9 Synthèse de la contamination par les ETM en 2017

La concentration métallique repère (CMR) telle que définie dans l'étude inter-Agences N°55 constitue une valeur pivot de la gamme de référence : « Il s'agit de la concentration métallique la plus fréquemment rencontrée aux stations du RNB exemptes de contamination métallique. La concentration repère est l'équivalent de l'ancienne concentration de référence standard. ».

| ETM              | As  | Cd  | Cr | Cu | Hg   | Ni | Pb | Zn |
|------------------|-----|-----|----|----|------|----|----|----|
| Conc. (mg/kg MS) | 1,5 | 0,4 | 5  | 18 | 0,06 | 9  | 9  | 75 |

Tableau 20. Valeurs des Concentrations Métalliques Repères telles que définies par l'étude inter-Agences N°55.

Afin de permettre une comparaison directe et pertinente entre des ETM aux gammes de concentrations naturellement très différentes, un rapport à cette CMR est opéré : plus la valeur est élevée, plus le niveau de contamination est probable et fort.

Une valeur négative indique pour sa part une concentration bio-accumulée inférieure à la CMR, donc une absence très vraisemblable de contamination actuelle par l'ETM considéré.

##### 4.1.9.1 Bienne sensu stricto

Des graphiques synthétiques en pages suivantes il ressort de façon assez nette :

- 5 des 8 ETM investigués en 2017 présentent au moins dans certains secteurs géographiques des teneurs bioaccumulées synonymes de pollution actuelle probable : le **chrome**, le **cuivre**, le **nickel**, le **plomb** et le **zinc**.
- **Deux profils de contamination** géographiquement distincts peuvent être discriminés :
  - Contamination par le cuivre, le plomb (et le zinc) du secteur Morez-Morbier ;
  - Contamination par le chrome et le nickel intervenant entre le Pont d'Avignon et l'aval d'Etables.

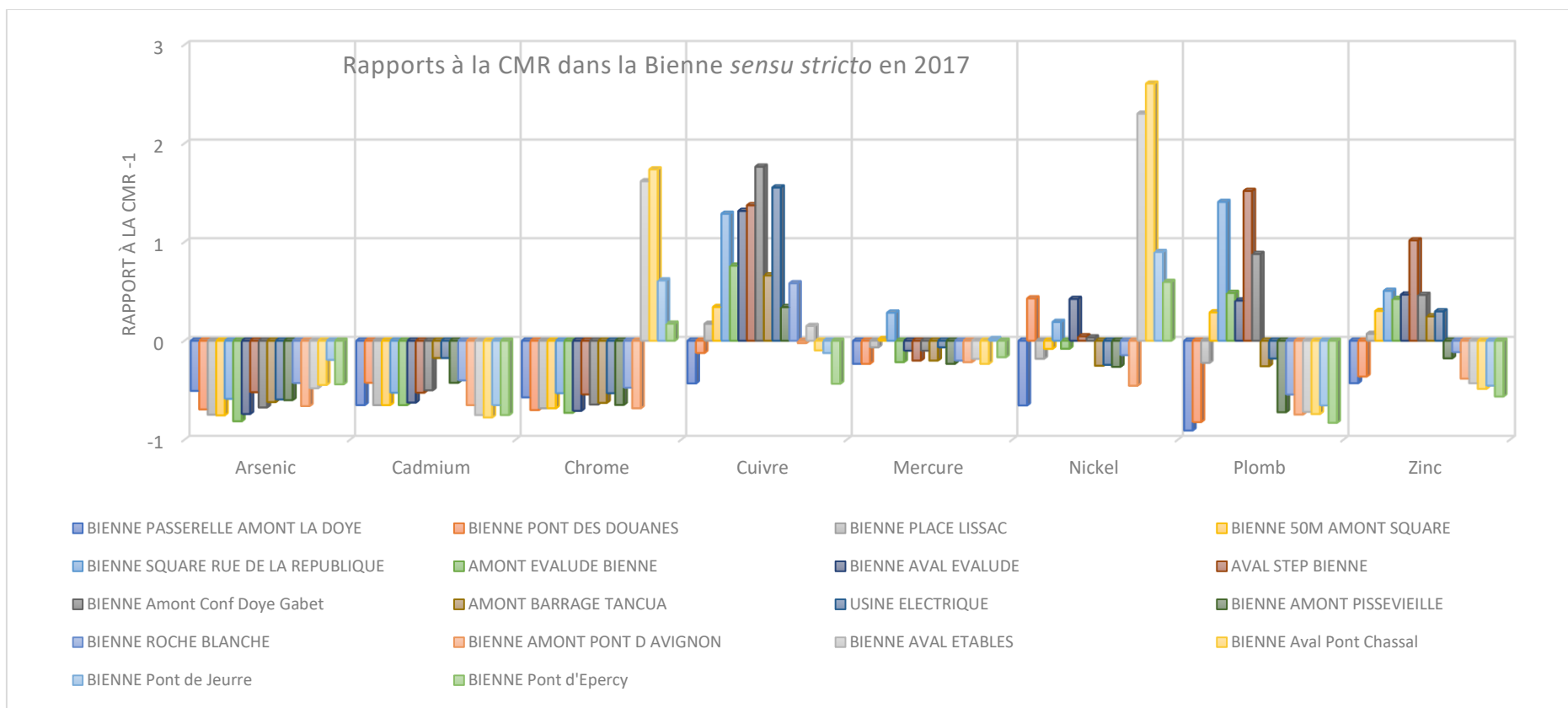


Figure 48. Rapport à la CMR par ETM en 2017. Les valeurs négatives sont inférieures à la CMR. Une valeur égale à 2 signifie que la concentration mesurée correspond au double de la CMR considérée.

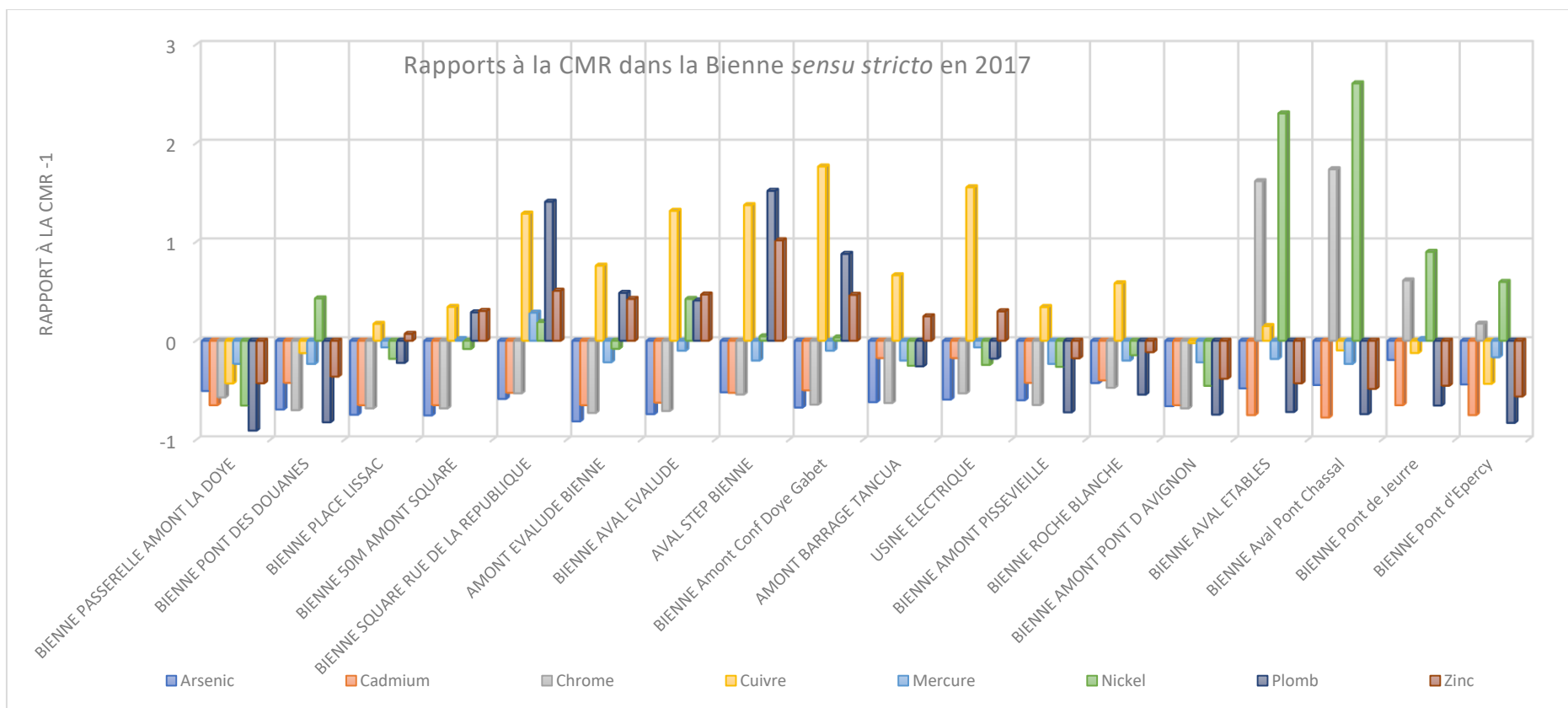


Figure 49. Rapport à la CMR par station en 2017. Les valeurs négatives sont inférieures à la CMR. Une valeur égale à 2 signifie que la concentration mesurée correspond au double de la CMR considérée.

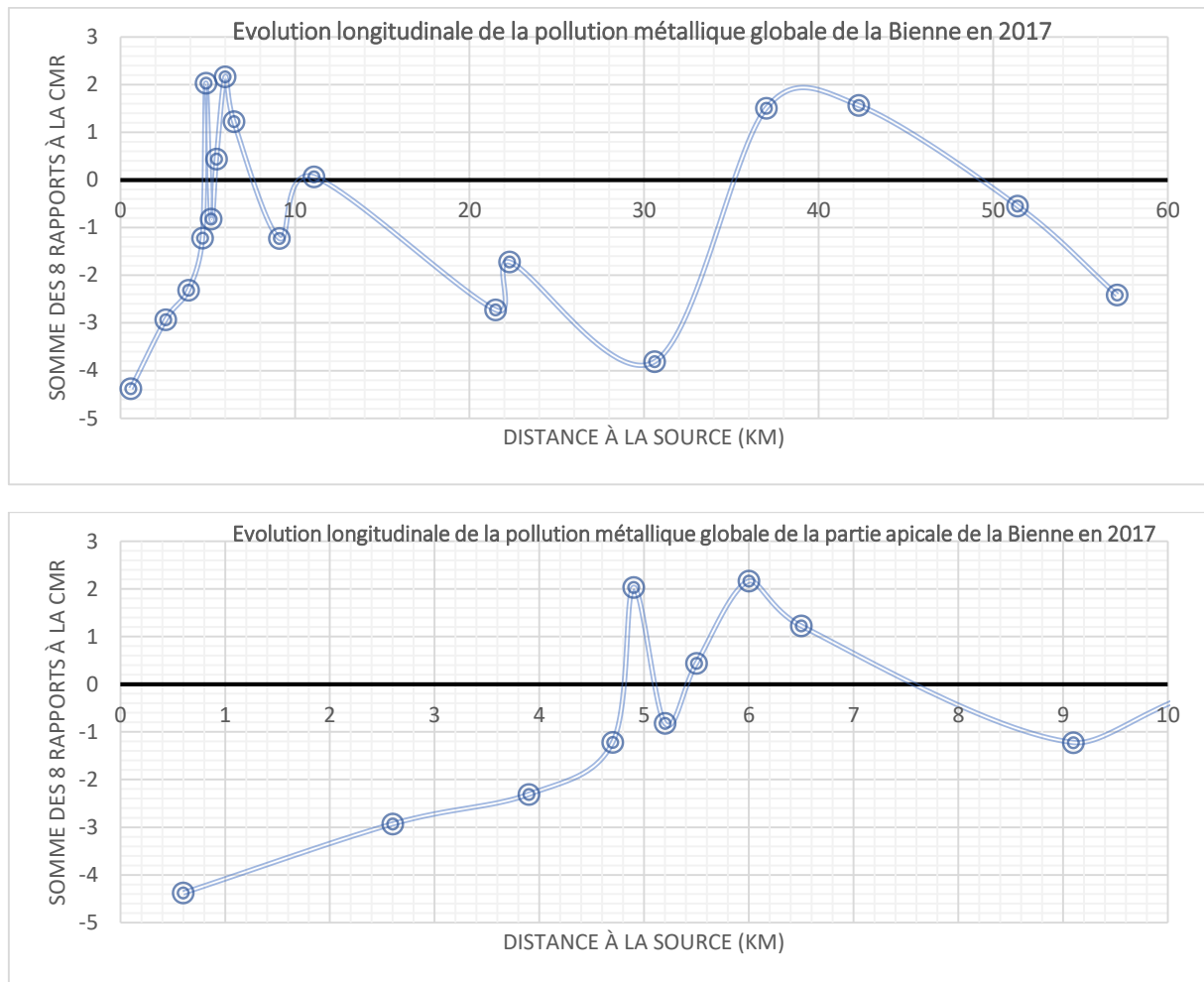


Figure 50. Somme des rapports aux CMR par station en 2017, puis projection en fonction de la distance kilométrique à la source de la Bienne. Le graphique du haut représente l'intégralité du linéaire prospecté, celui du bas zoom sur les dix premiers kilomètres (Morez-Morbier).

Ces graphiques visent à mettre en évidence un niveau de pollution globale des stations par les ETM en 2017 le long du linéaire de la Bienne, et donc à relativiser les multiples teneurs qui y sont mesurées.

Il apparaît ainsi de façon assez nette que, en moyennant et relativisant les différentes pressions par les ETM investigués, **5 secteurs sont soumis à une augmentation globale de la pression métallifère :**

- **Au niveau du square à Morez ;**
- **Entre l'amont de la confluence avec l'Evalude et l'aval de la station d'épuration ;**
- Entre l'amont du barrage de Tancua et l'usine électrique ;
- Entre l'amont de la confluence avec le ruisseau de Pissevieille et Roche Blanche ;
- **Entre l'amont du Pont d'Avignon et l'aval d'Etables.**

A l'inverse, les stations les plus préservées de la contamination métallifère sont la station la plus apicale (passerelle amont La Doye) et la station localisée à l'amont du Pont d'Avignon.

4.1.9.2 Affluents de la Bienne

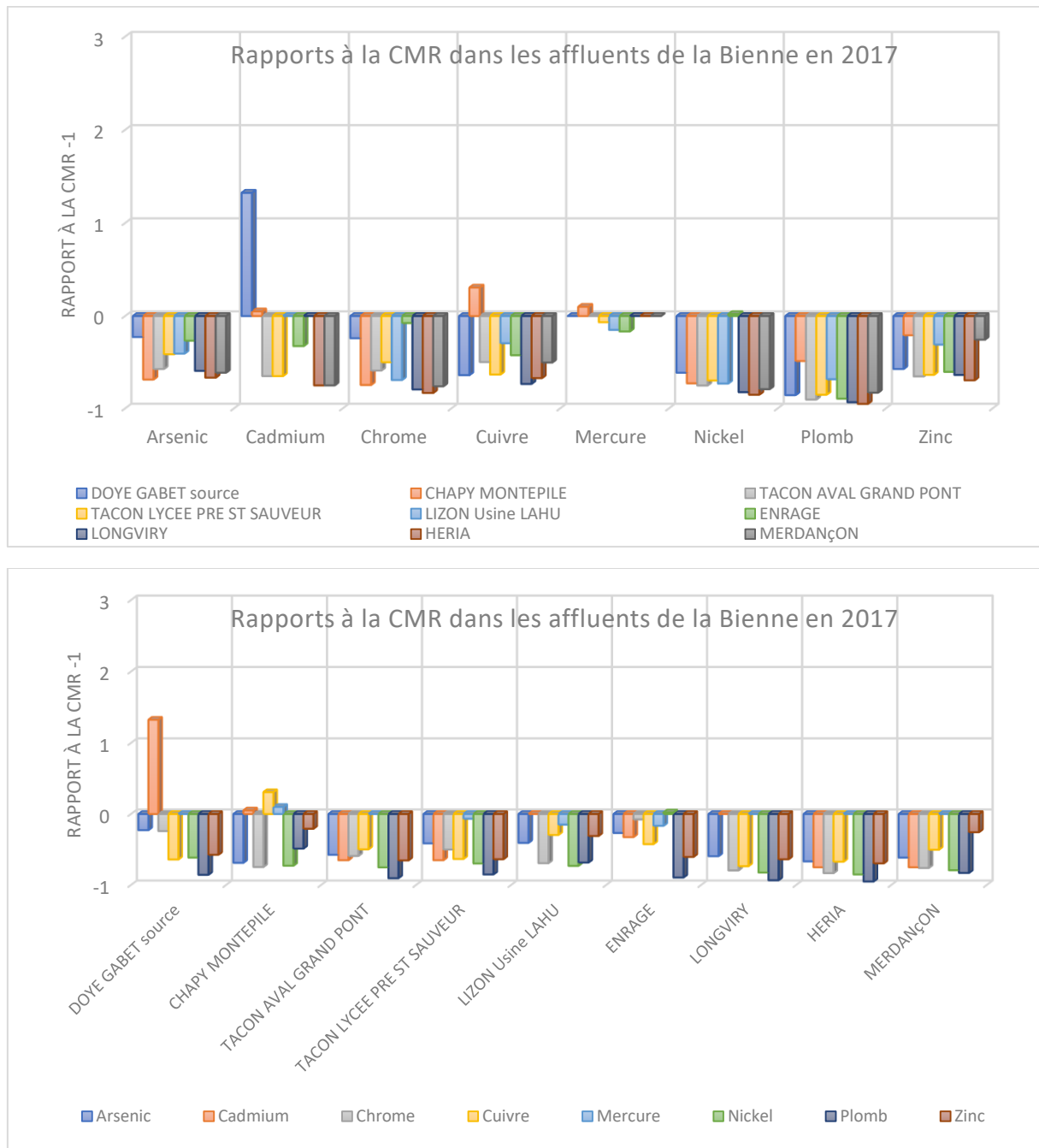


Figure 51. Rapport à la CMR en 2017, par ETM (graphique du haut), et par affluent de la Bienne (graphique du bas).

Parmi les affluents de la Bienne et les ETM investigués, la seule véritable pression métallifère est celle exercée par le **cadmium sur la Doye Gabet**, d'où la pollution très relative de la Bienne à son aval.

4.1.9.3 Affluents de l'Ain

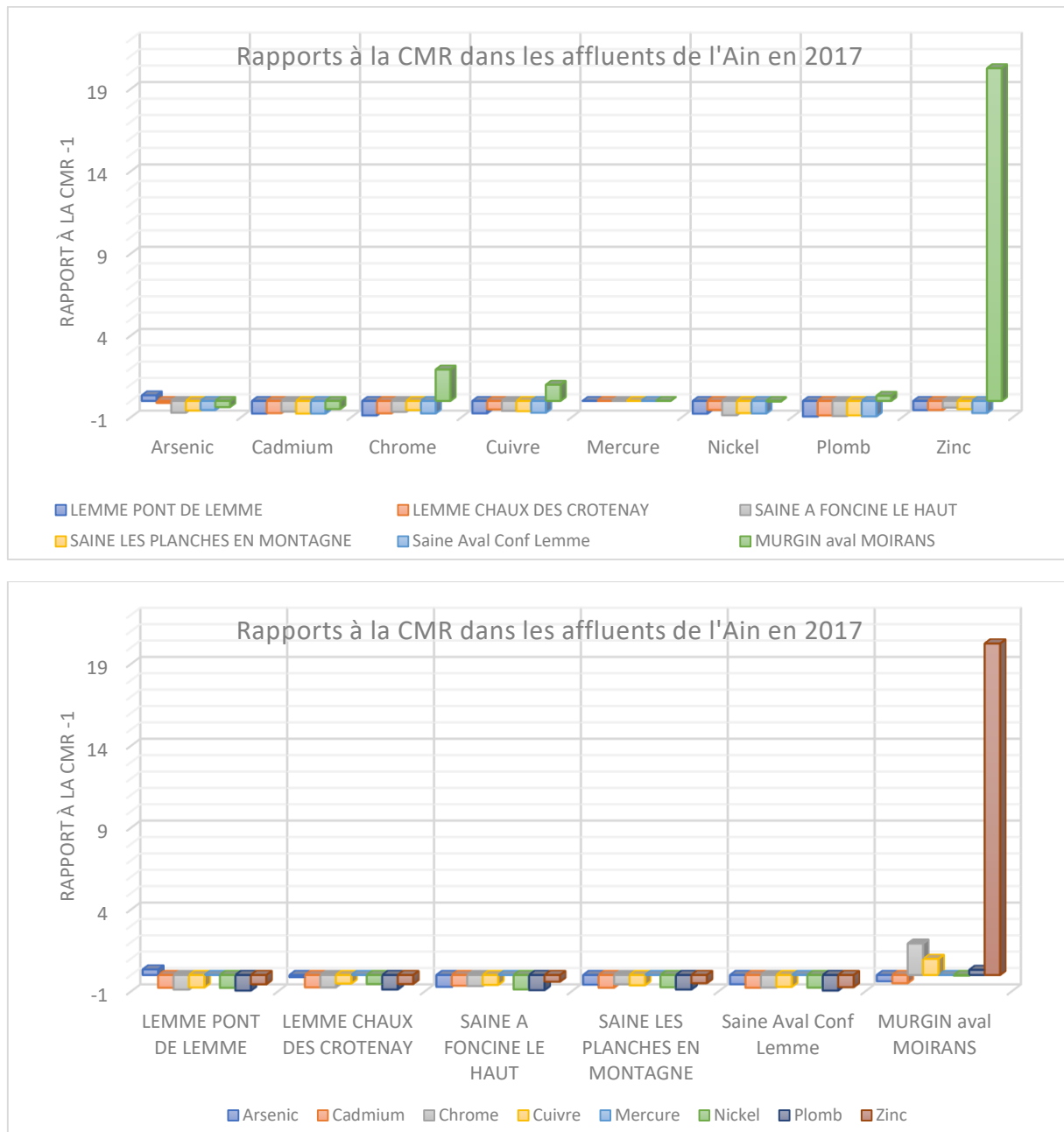


Figure 52. Rapport à la CMR en 2017, par ETM (graphique du haut), et par affluent de l'Ain (graphique du bas).

Parmi les affluents de l'Ain et les ETM investigués, seul le **Murgin s'avère significativement pollué : de façon modérée mais significative par le chrome et le cuivre, et de façon très élevée par le zinc.**

## 4.2 EVOLUTION TEMPORELLE

Comme indiqué dans le chapitre relatif à l'hydrologie, la comparaison des données de 2017 portera sur les années 2001, 2009 ou 2015, selon leurs disponibilités respectives.

### 4.2.1 Arsenic

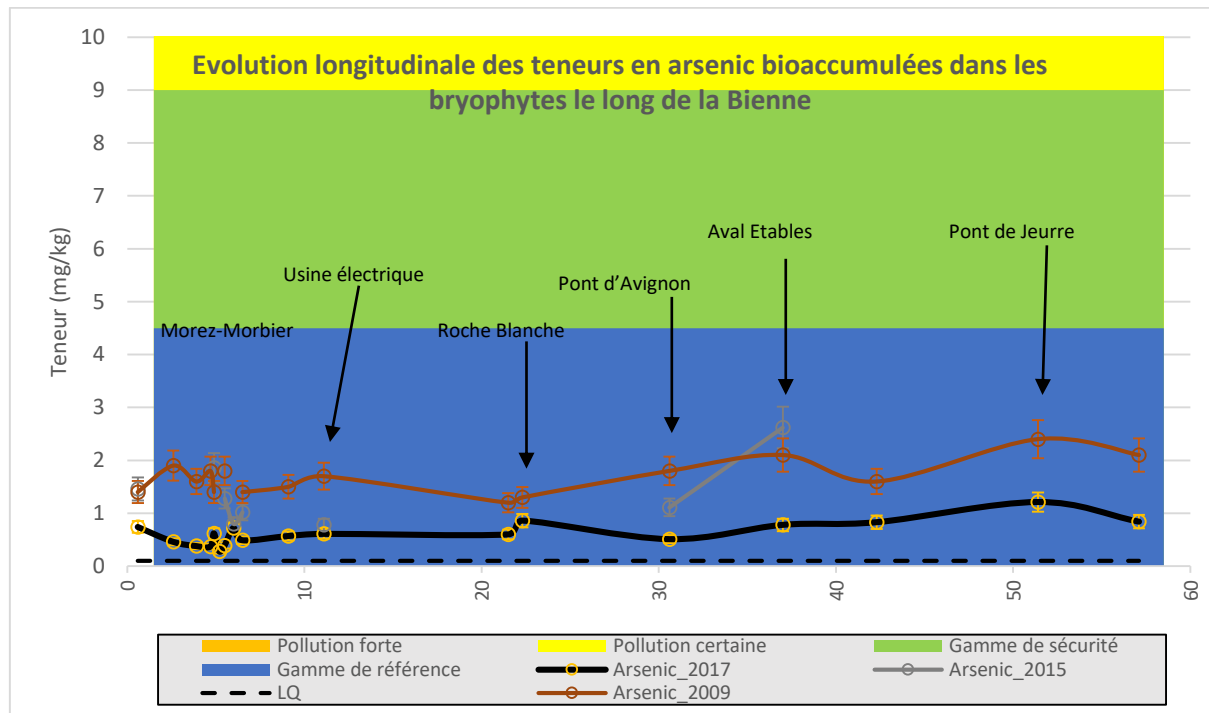


Figure 53. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en arsenic bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Le profil longitudinal est relativement similaire avec une absence de contamination significative intervenant le long du linéaire de la Bienne. Ainsi, il apparaît davantage vraisemblable d'attribuer les différences de concentration du niveau « de base » (facteur 2 entre 2009 et 2017) à des conditions environnementales différentes plutôt qu'à une diminution d'une hypothétique pollution diffuse et homogène.

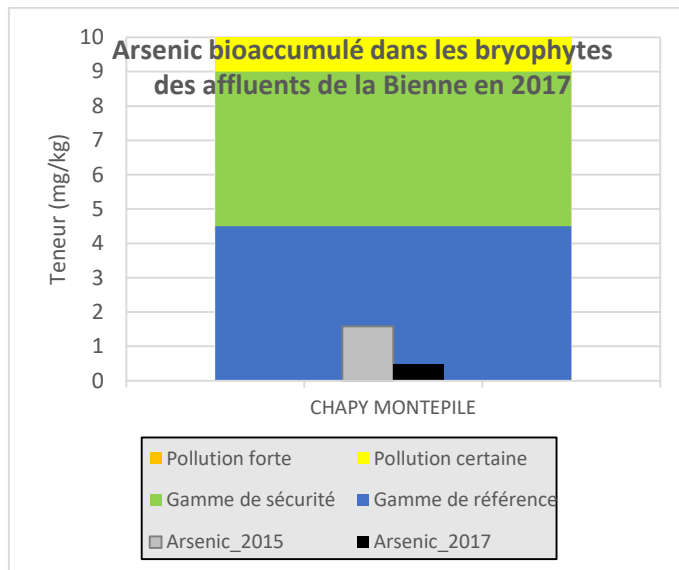


Figure 54. Evolution temporelle de la contamination par l'arsenic au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

Parmi les 3 années antérieures considérées, seule une mesure fut disponible au niveau du Chapy en 2015 : elle y fut 3 fois plus élevée qu'en 2017, laissant ainsi possible d'envisager une diminution d'une éventuelle légère pollution antérieure.

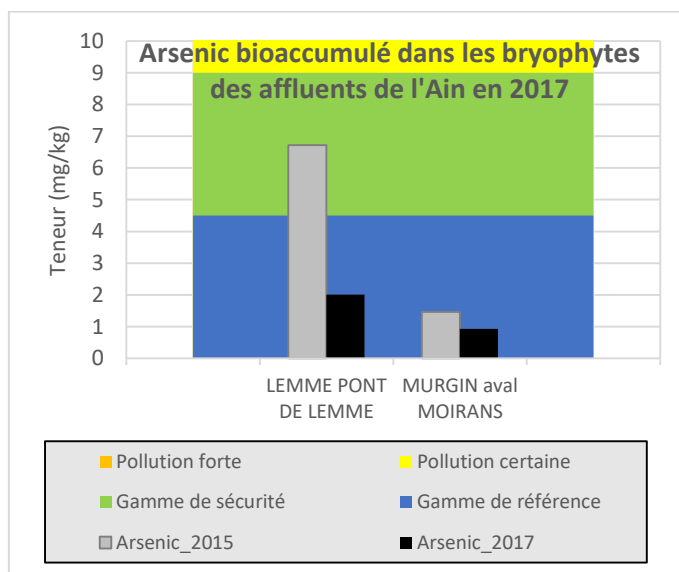


Figure 55. Evolution temporelle de la contamination par l'arsenic au niveau des affluents de l'Ain.

Parmi les 3 années antérieures considérées, seule une mesure fut disponible en 2015 au niveau d'une station de la Lemme et du Murgin. Si la teneur en arsenic fut similaire et non significative au niveau du Murgin, en revanche, une **diminution significative de la pollution de la Lemme par l'arsenic est constatée au niveau de Pont de Lemme entre 2015 et 2017.**

#### 4.2.2 Cadmium

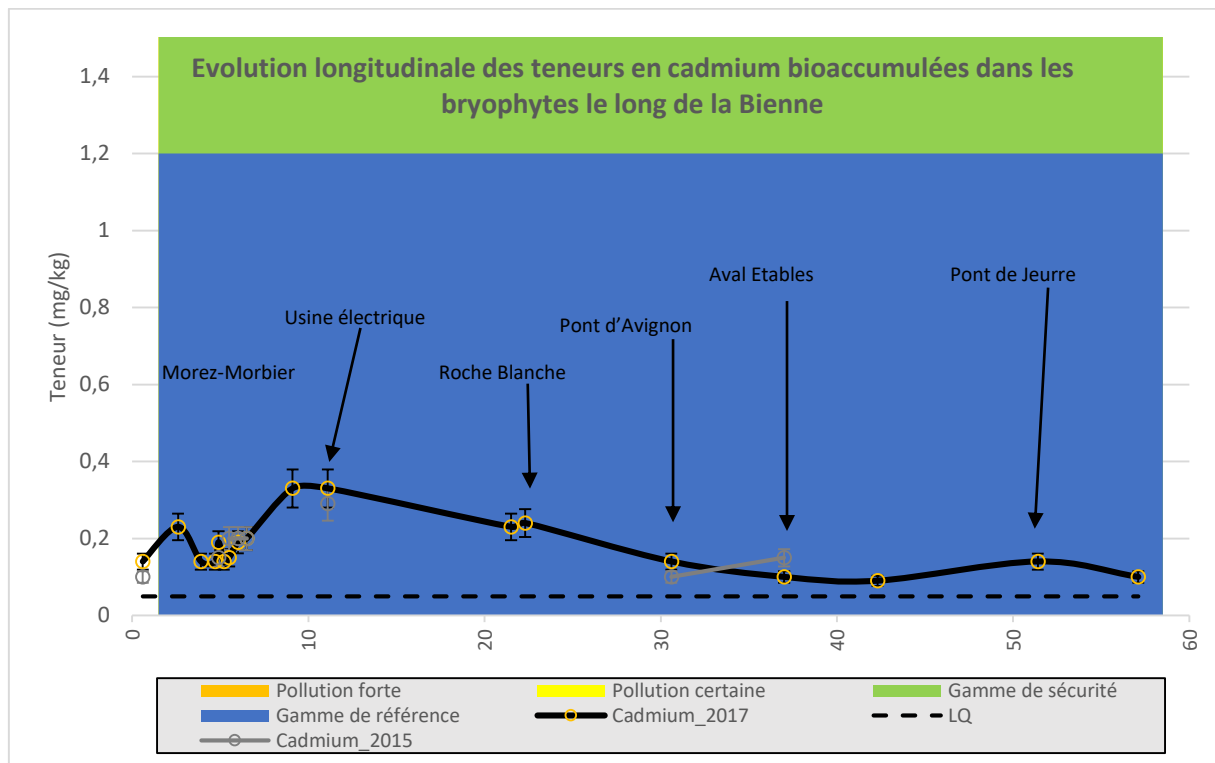


Figure 56. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en cadmium bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

Les teneurs en cadmium mesurées en 2015 et 2017 furent très similaires, ne témoignant ainsi pas d'une évolution ostensible. A noter que la limite de quantification de 1 mg/kg en 2009 ne permet pas de comparaison pertinente.

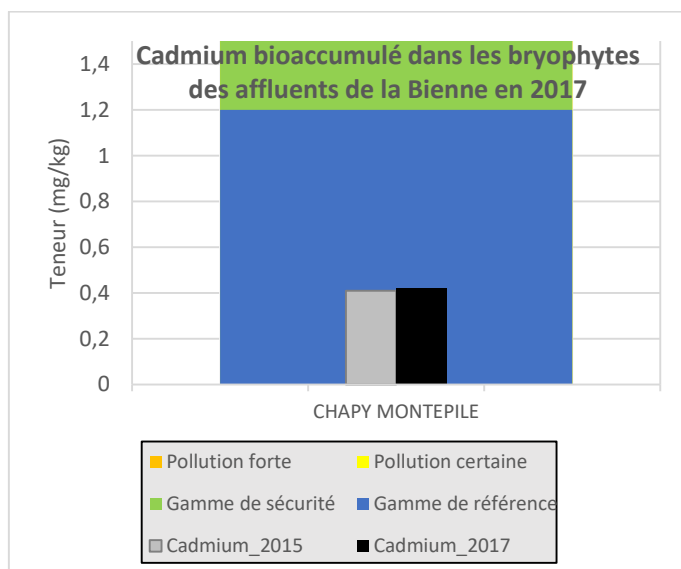


Figure 57. Evolution temporelle de la contamination par le cadmium au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

**Les concentrations bryophytiques en cadmium furent similaires en 2015 et 2017 (légère contamination probable).**

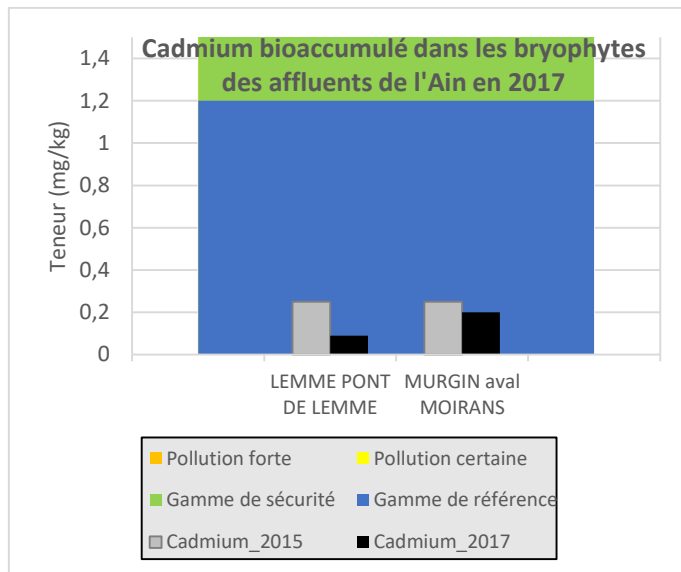


Figure 58. Evolution temporelle de la contamination par le cadmium au niveau des affluents de l'Ain.

Les concentrations en cadmium mesurées en 2015 et 2017 dans les 2 affluents de l'Ain ne témoignent pas d'une contamination significative par le cadmium.

#### 4.2.3 Chrome

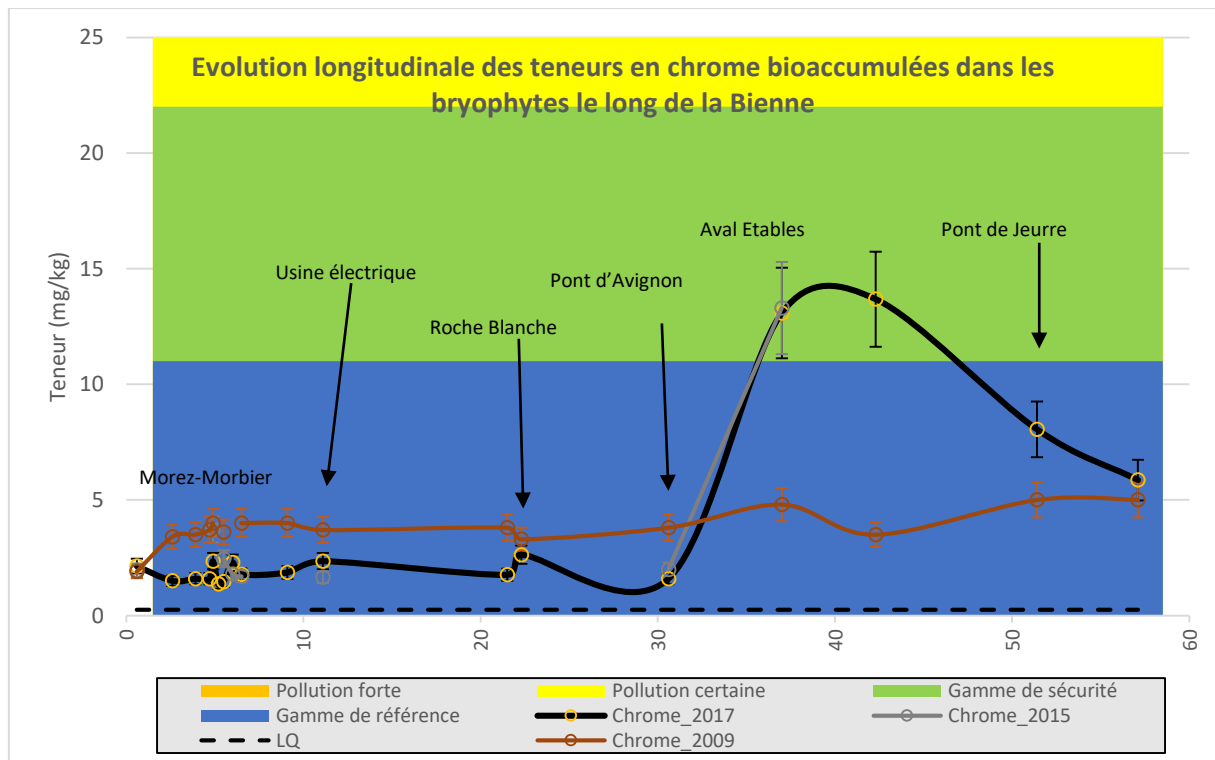


Figure 59. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en chrome bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

La contamination significative de la Bienne par le chrome intervenant entre l'amont du Pont d'Avignon et l'aval d'Etables, observée en 2015 mais pas en 2009, le fut aussi en 2017 à des niveaux similaires.

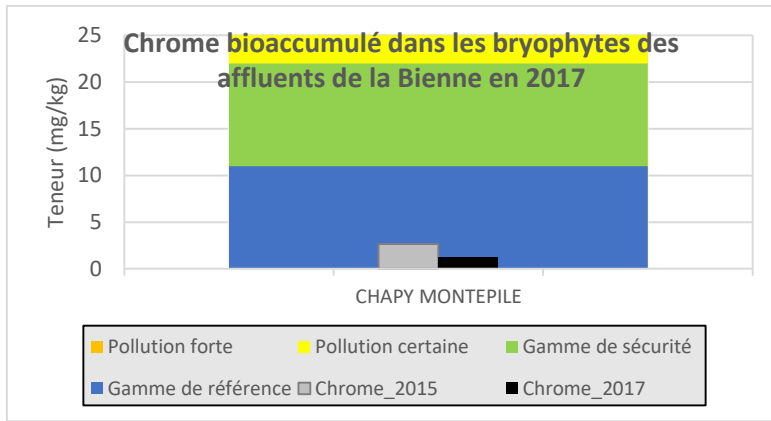


Figure 60. Evolution temporelle de la contamination par le chrome au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

Le Chapy ne fut pas significativement contaminé par le chrome en 2015 et 2017.

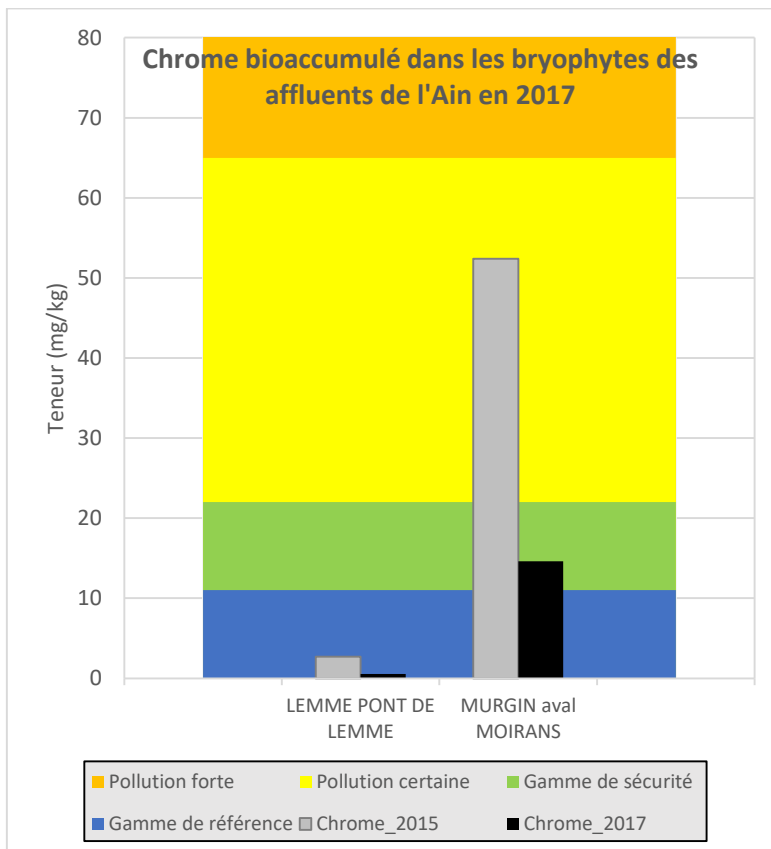


Figure 61. Evolution temporelle de la contamination par le chrome au niveau des affluents de l'Ain.

Si la Lemme ne fut pas significativement contaminée par le chrome en 2015 et 2017, en revanche, **le Murgin fut considérablement moins pollué (3,7 fois moins) en 2017 (contamination dans la gamme de sécurité) par rapport à 2015 (pollution certaine).**

#### 4.2.4 Cuivre

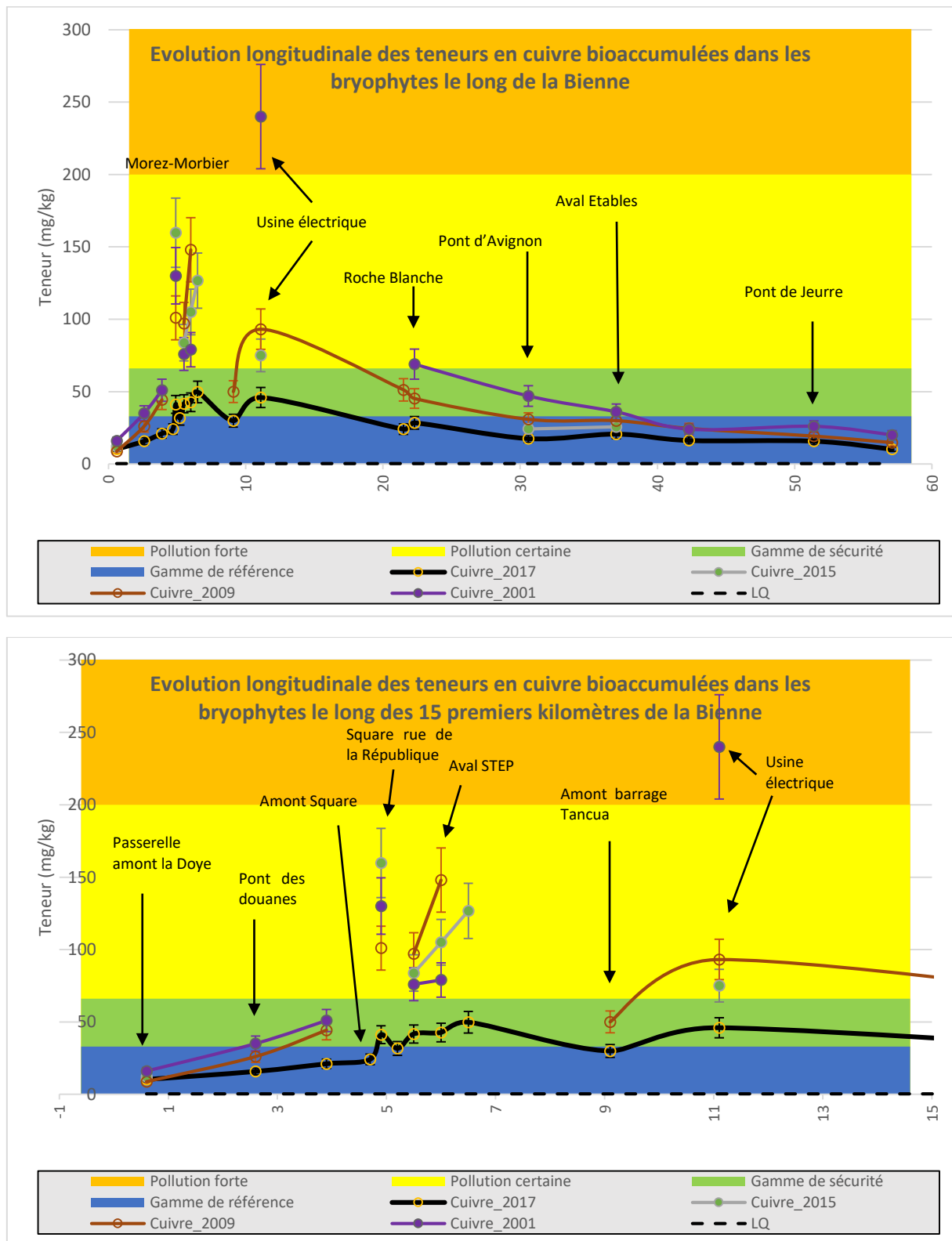


Figure 62. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en cuivre bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto : sur l'ensemble du linéaire (en haut) et sur les 10 premiers kilomètres (en bas).

**La pollution de la Bienne par le cuivre, particulièrement ostensible dans sa partie apicale, semble suivre une évolution favorable avec des teneurs 2017 globalement faibles comparativement aux 3 autres années comparées.**

Cette tendance est particulièrement visible au niveau de l'usine électrique avec des concentrations bryophytiques de plus en plus faibles de 2001 (« pollution forte ») à 2009, puis en 2015 (« pollution certaine ») et enfin en 2017 (« gamme de sécurité »).

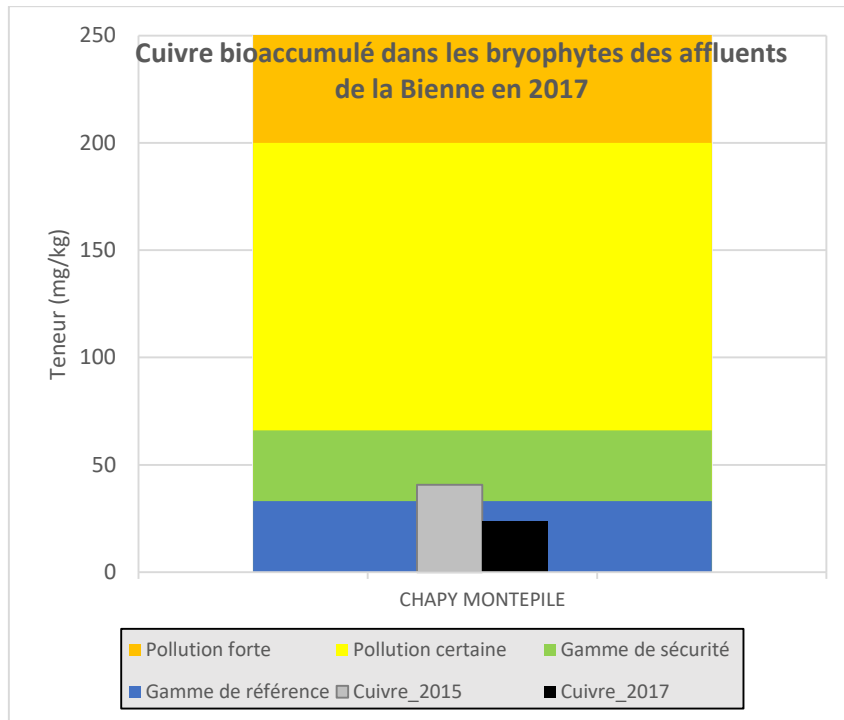


Figure 63. Evolution temporelle de la contamination par le cuivre au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

Comme pour la Bienne *sensu stricto*, la contamination du Chapy par le cuivre semble être en régression entre 2015 et 2017, tout en demeurant toutefois modérée mais encore significative.

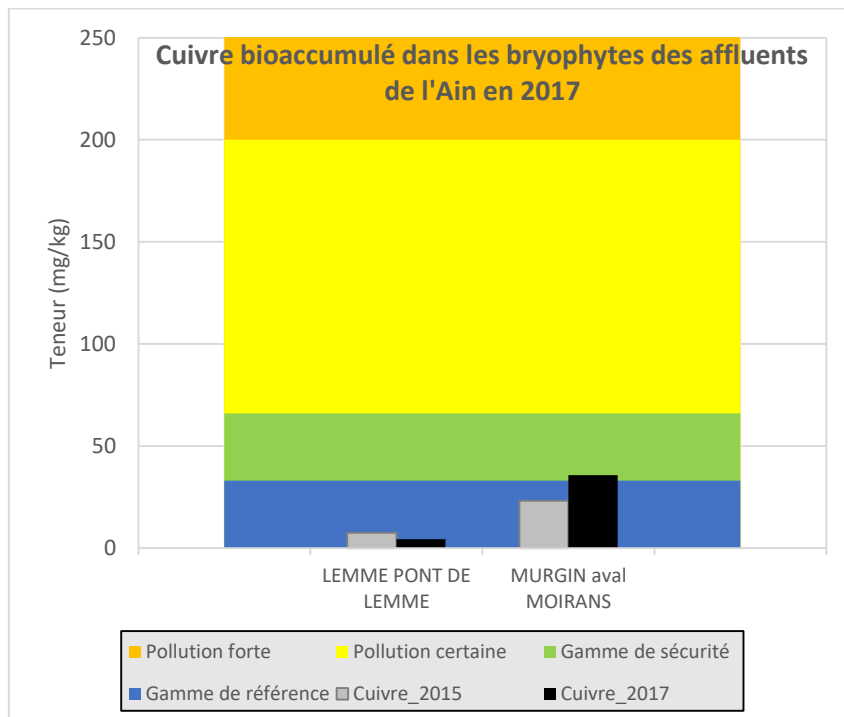


Figure 64. Evolution temporelle de la contamination par le cuivre au niveau des affluents de l'Ain.

Parmi les affluents de l'Ain, si la Lemme fut non significativement contaminée par le cuivre en 2015 comme en 2017, en revanche et **a contrario du bassin de la Bienne, le Murgin semble suivre une tendance négative avec une pollution croissante par le cuivre, désormais dans une gamme de concentrations correspondant à la gamme de sécurité.**

#### 4.2.5 Mercure

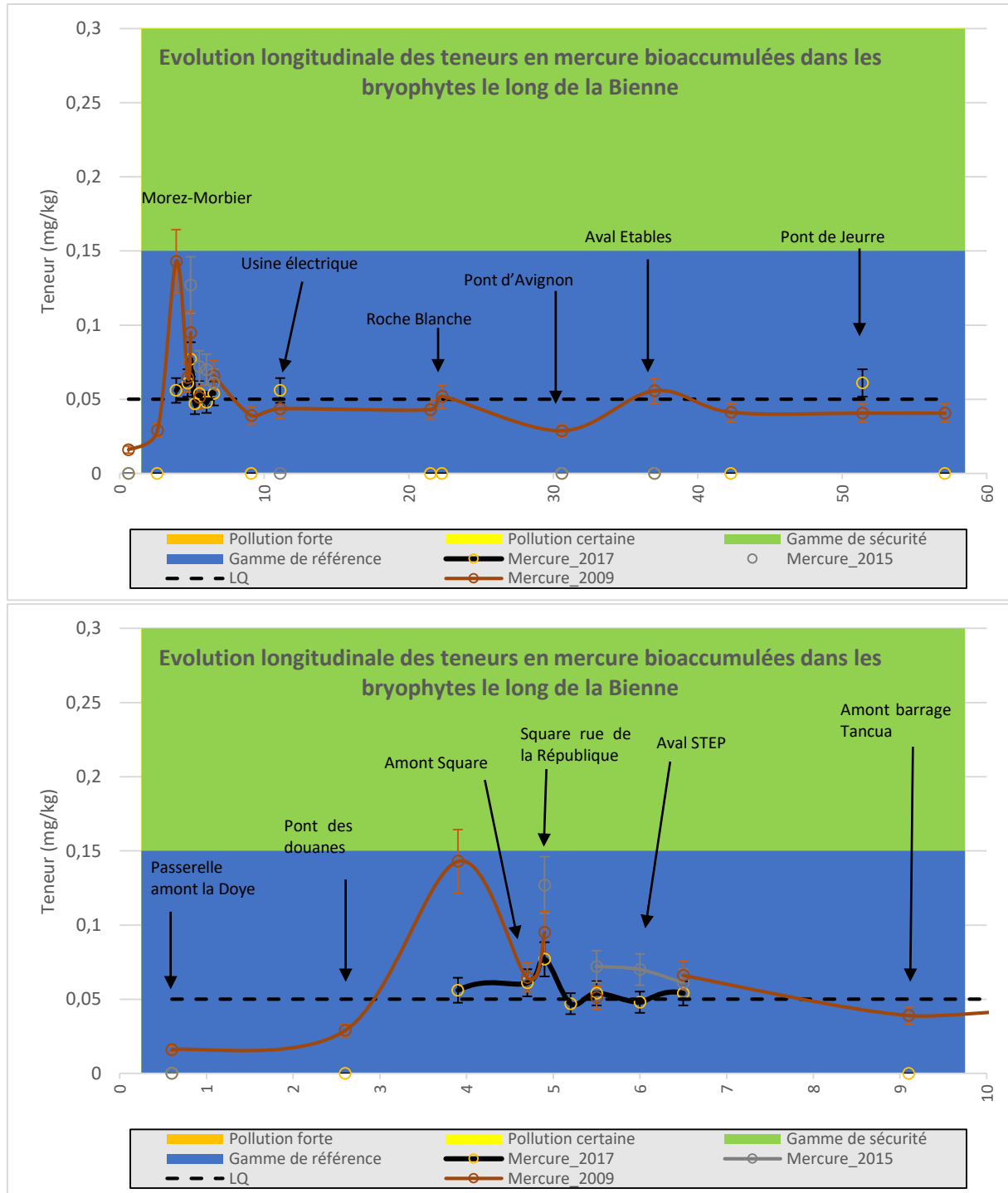


Figure 65. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en mercure bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto : sur l'ensemble du linéaire (en haut) et sur les 10 premiers kilomètres (en bas).

La contamination par le mercure de la Bienne au niveau de la Place Lissac à Morez observée en 2009 ne le fut pas en 2017. En dehors de cette mesure 2009, les autres concentrations en mercure mesurées furent à chaque fois proche ou en-deçà du seuil de quantification.

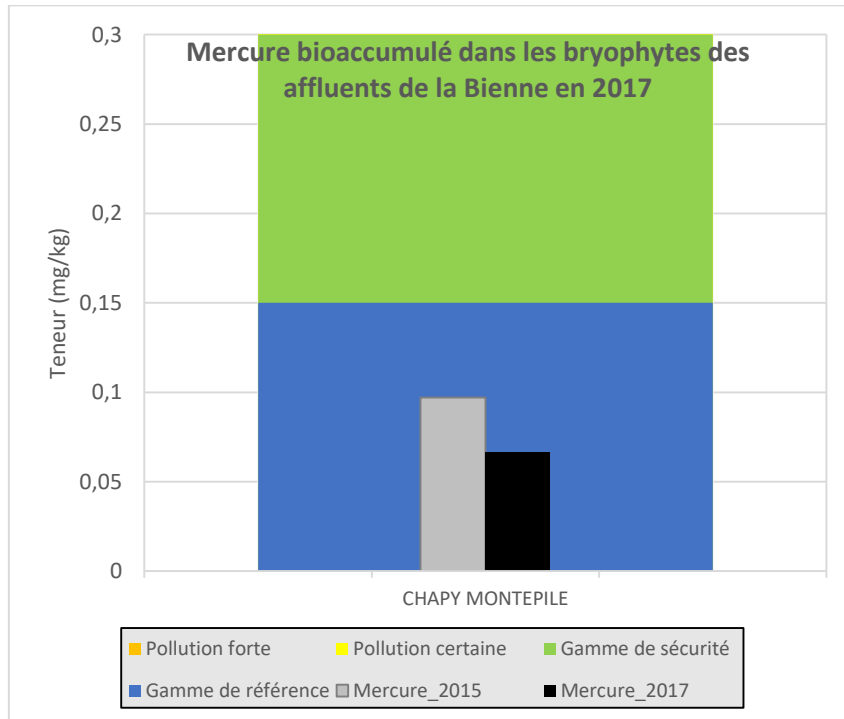


Figure 66. Evolution temporelle de la contamination par le mercure au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

Comme mentionné précédemment, en 2017, les 6 affluents de l'Ain ne franchissent pas la limite de quantification du mercure dans les bryophytes (0,05 mg/kg). Cela fut également le cas pour les 2 affluents aussi investigués en 2015 (la Lemme à Pont de Lemme, et le Murgin à l'aval de Moirans).

#### 4.2.6 Nickel

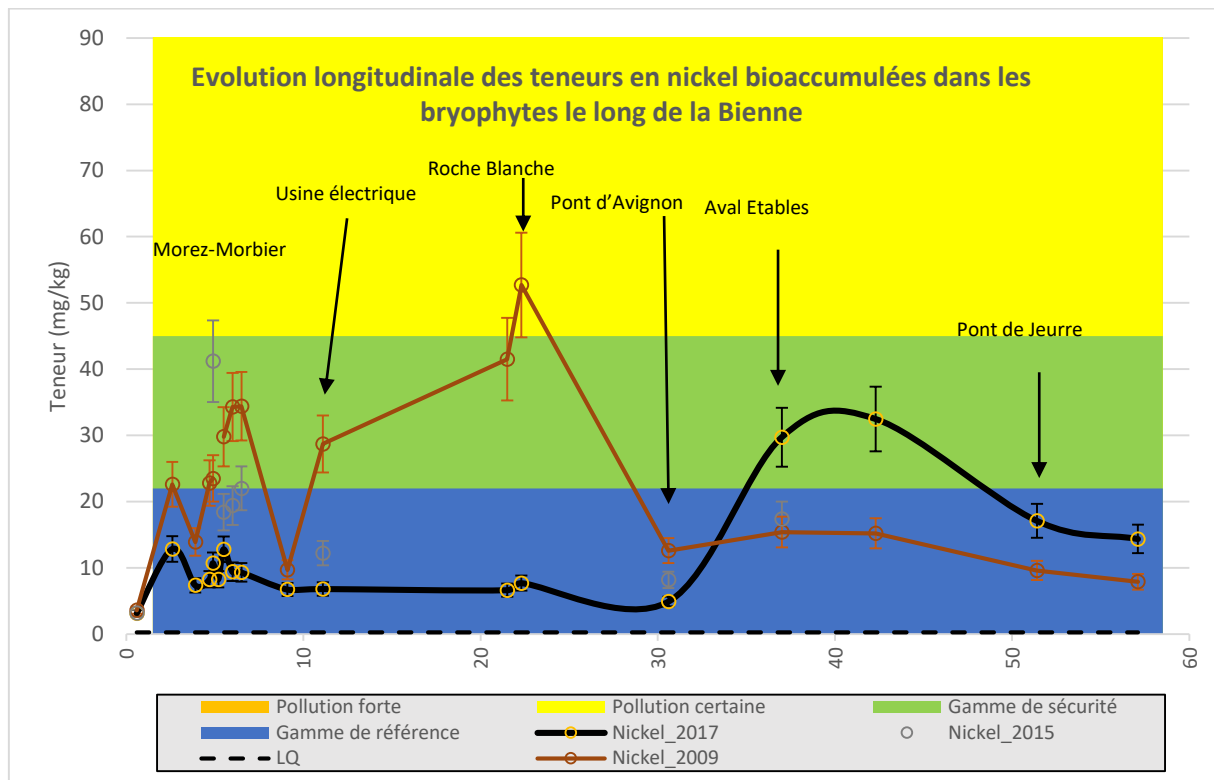


Figure 67. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en nickel bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto.

L'évolution temporelle et longitudinale de la contamination de la Bienne par le nickel est contrastée :

- **Décroissance progressive dans le secteur de Morez-Morbier, avec *in fine* un niveau de pollution très faible en 2017.**
- **Très forte décroissance de la pollution au niveau des stations « usine électrique » à « Roche Blanche » : de « pollution certaine » en 2009 à un niveau basal en 2017.**
- **Augmentation de la contamination entre 2009-2015 d'une part et 2017 d'autre part au niveau des stations « aval Etables » à « aval Pont Chassal ».**

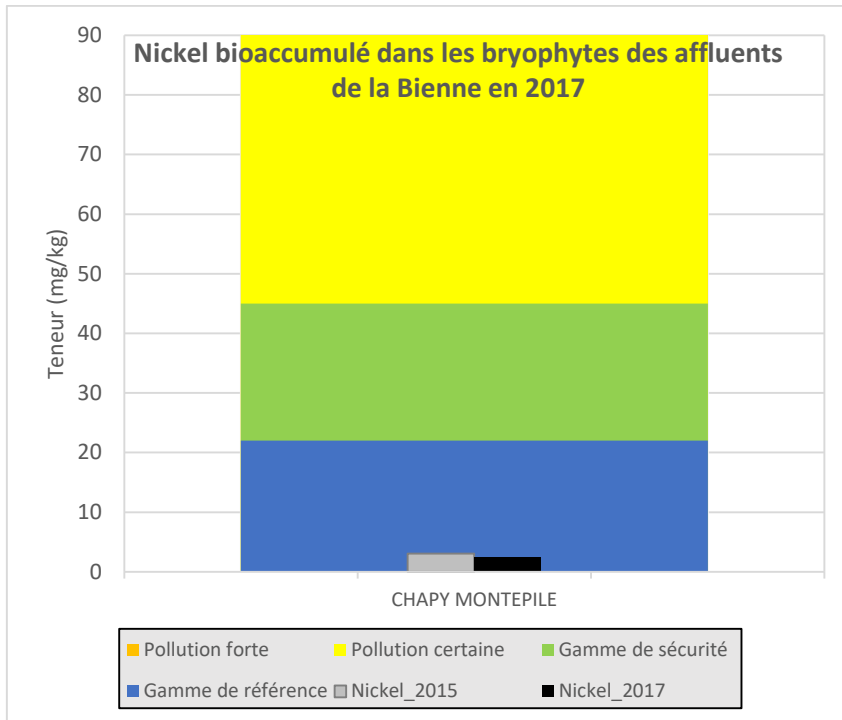


Figure 68. Evolution temporelle de la contamination par le nickel au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

Aucune contamination significative du Chapy par le nickel ne fut observée en 2015 et 2017.

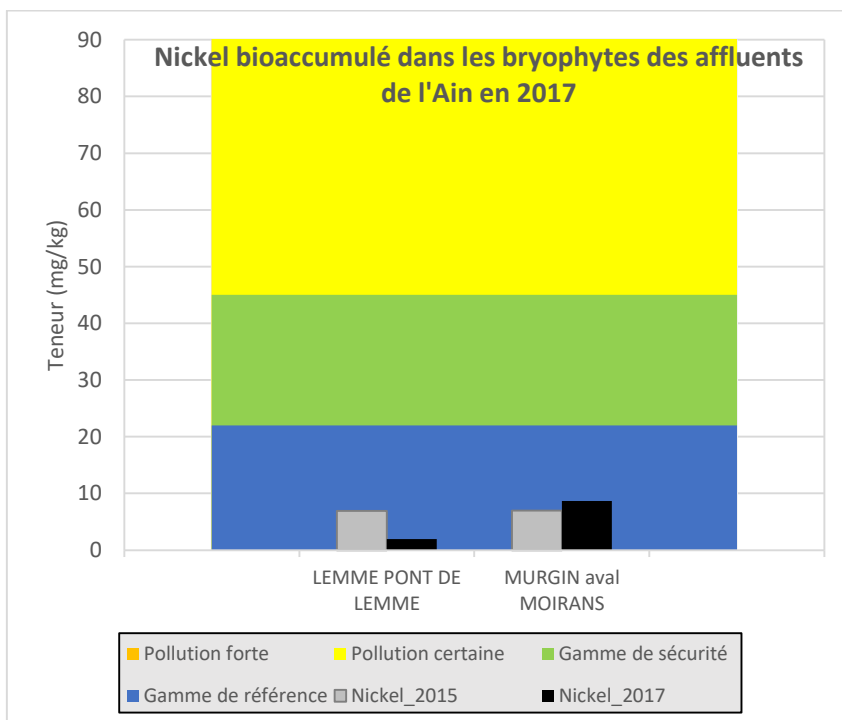


Figure 69. Evolution temporelle de la contamination par le nickel au niveau des affluents de l'Ain.

Les concentrations en nickel bryophytique mesurées dans la Lemme et le Murgin en 2015 et 2017 ne permettent pas de mettre en évidence une contamination significative de ces deux milieux par le nickel.

#### 4.2.7 Plomb

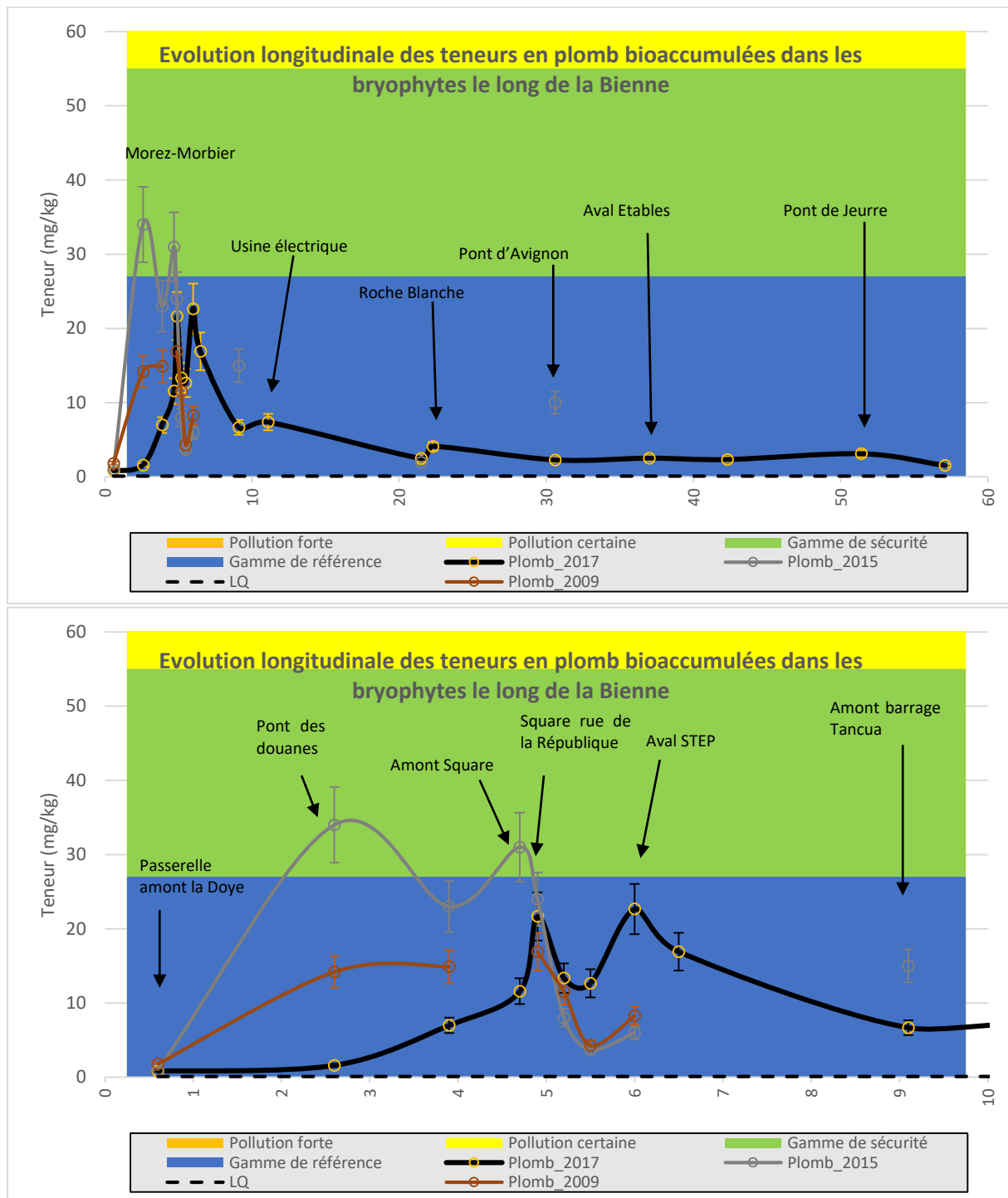


Figure 70. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en plomb bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto : sur l'ensemble du linéaire (en haut) et sur les 10 premiers kilomètres (en bas).

Le secteur apical de la Bienne, i.e. le plus contaminé par le plomb, présente des évolutions contrastées selon les stations considérées :

- **En très nette diminution** en 2017 comparativement à 2009 et plus encore 2015 **dans les stations apicales** « Pont des Douanes » et « Place Lissac » (Km 2,6 à 3,9) ;
- Stabilité relative au niveau de l'aval du Square et de l'amont de la confluence avec l'Evalude (Km 4,9 à 5,2) ;

- **Nette augmentation** en 2017 de la contamination par le plomb **au niveau de l'aval de la confluence avec l'Evalude et l'aval de la station d'épuration (Km 5,5 à 6).**

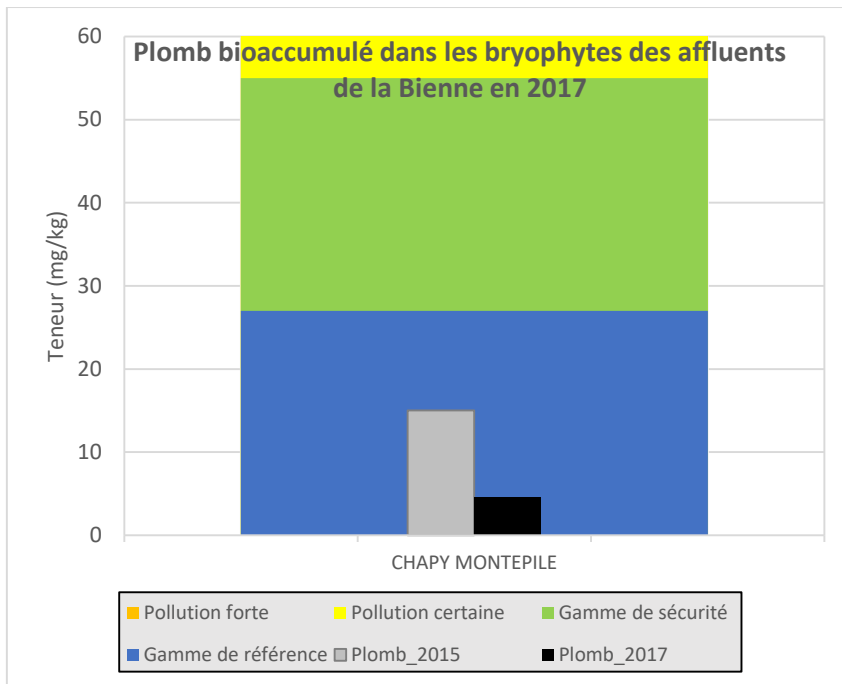


Figure 71. Evolution temporelle de la contamination par le plomb au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

La teneur en plomb bioaccumulé dans les bryophytes du Chapy fut en nette diminution entre 2015 et 2017 (divisé par 5), en restant néanmoins environ 2 fois supérieur au niveau « de base », témoignant ainsi d'une pollution relictuelle et persistante.

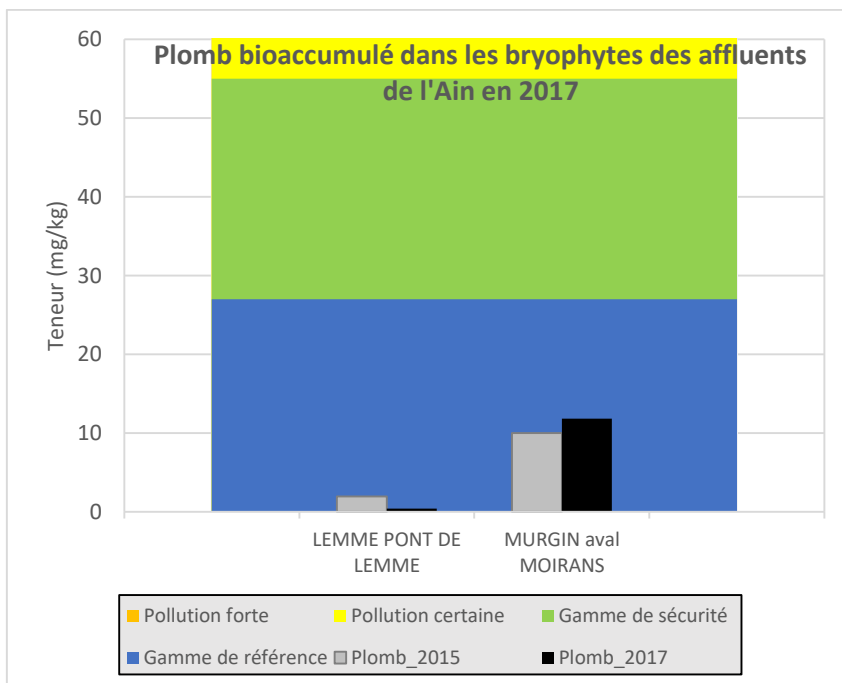


Figure 72. Evolution temporelle de la contamination par le plomb au niveau des affluents de l'Ain.

La pollution du Murgin par le plomb, significative mais modérée, demeure relativement stable entre 2015 et 2017.

#### 4.2.8 Zinc

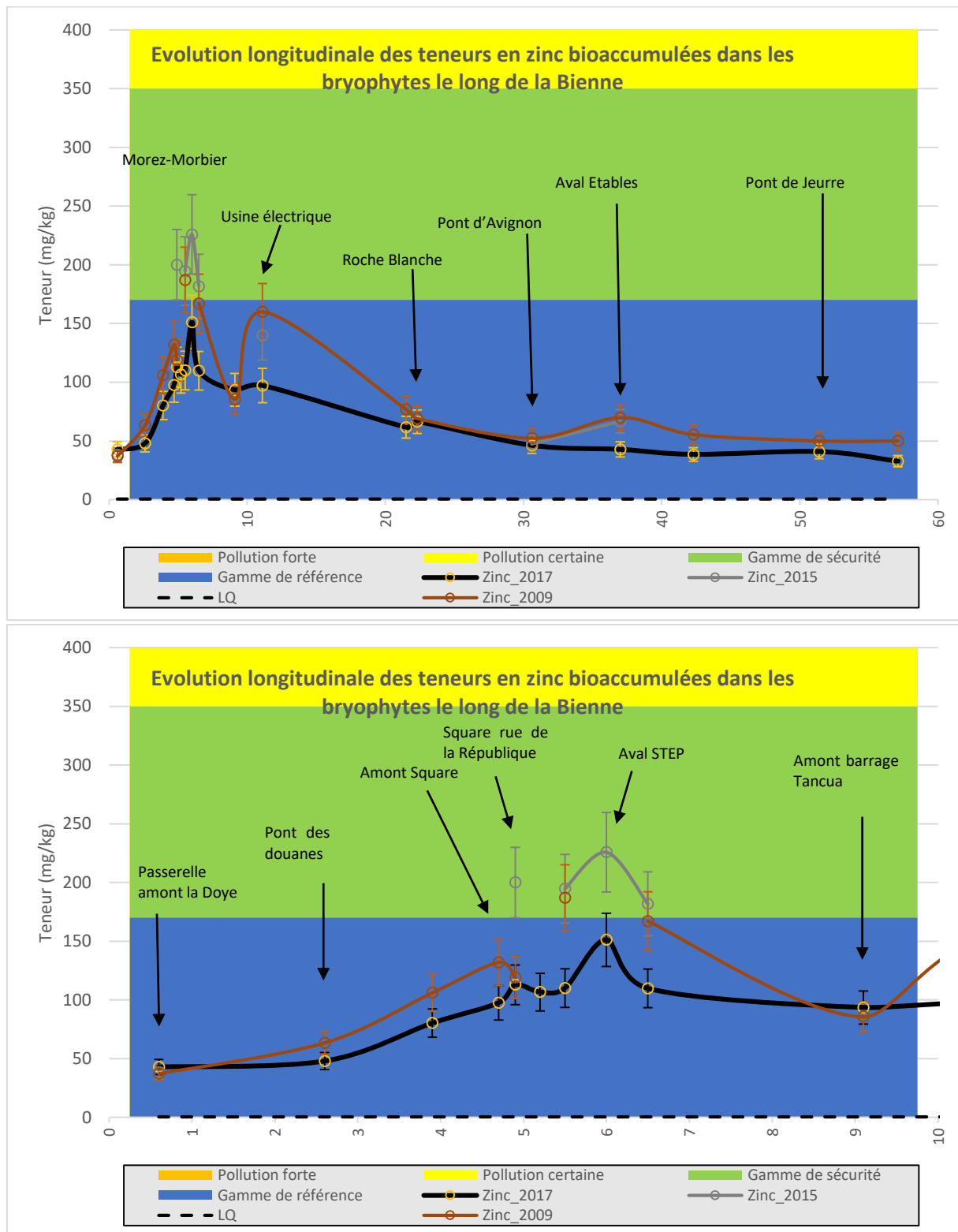


Figure 73. Comparaison interannuelle des évolutions longitudinales des teneurs en zinc bioaccumulées dans les bryophytes le long de la Bienne sensu stricto : sur l'ensemble du linéaire (en haut) et sur les 10 premiers kilomètres (en bas).

Le profil longitudinal de la contamination de la Bienne par le zinc fut relativement similaire entre 2015, 2015 et 2017. On constate toutefois une tendance généralisée à des moindres concentrations lors de

cette dernière année, qui serait plutôt à rapprocher des conditions environnementales particulières (comme pour l'arsenic).

La diminution semble toutefois davantage significative au niveau de l'aval de la station d'épuration (Km 6) et de l'usine électrique (Km 11,1).

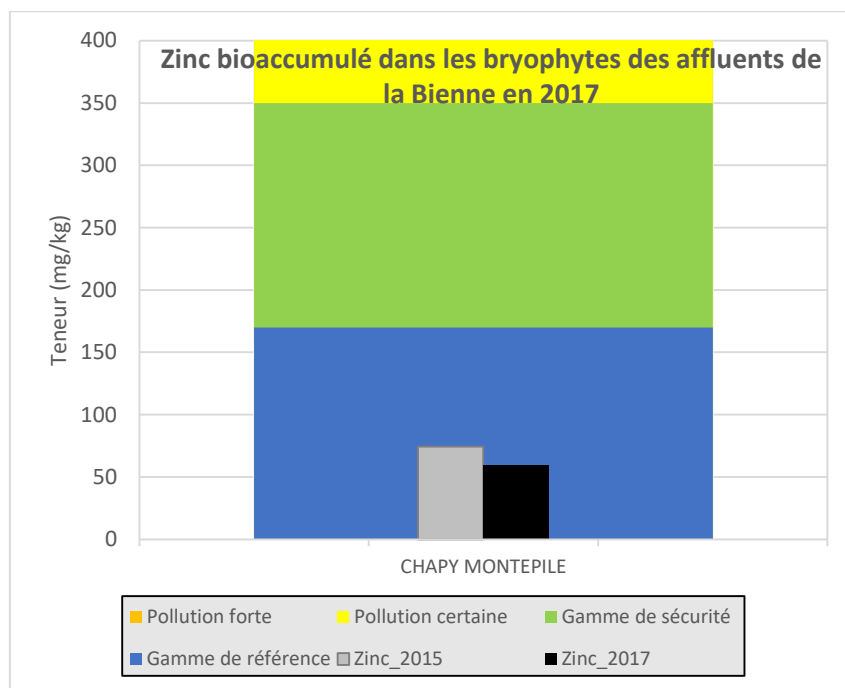


Figure 74. Evolution temporelle de la contamination par le zinc au niveau du Chapy (affluent de la Bienne).

Que ce soit en 2015 ou en 2017, le Chapy ne fut pas significativement contaminé par le zinc (niveaux « de base »).

Sur le graphique suivant, les données 2011 furent ajoutées à titre informatif, étant la seule autre année avec 2015 où des données furent disponibles pour ces stations.

Cela nous permet d'affirmer la préservation de la Lemme à Pont de Lemme d'une éventuelle pollution significative par le zinc.

**A l'inverse, la pollution du Murgin, déjà particulièrement élevée en 2017, le fut encore davantage en 2015 avec des teneurs extrêmes (5 g/Kg MS de bryophytes). La comparaison avec 2011, permet d'une part de réaffirmer la pérennité de cette pollution, et d'autre part de souligner l'exceptionnelle teneur de 2015.**

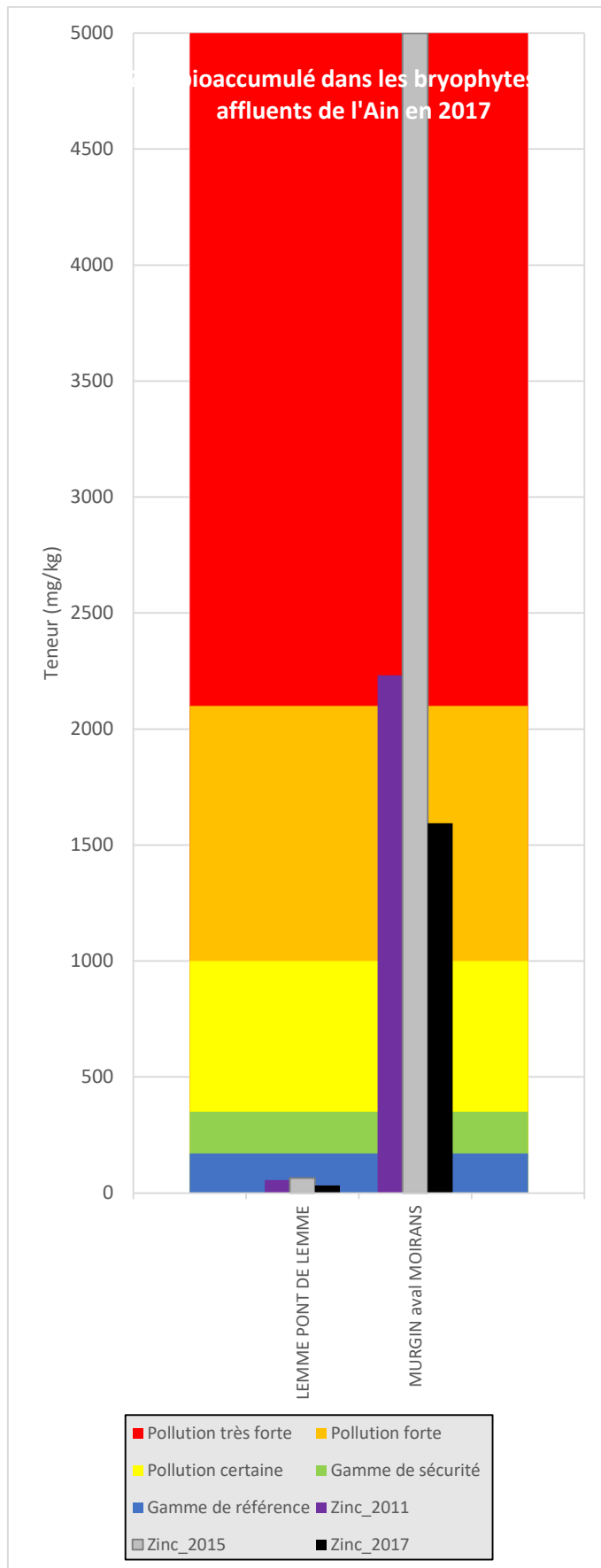
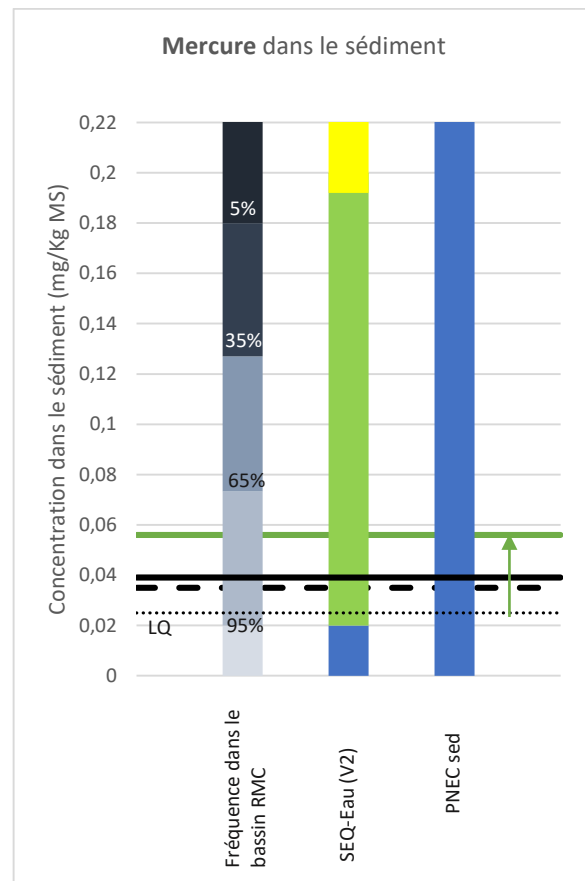
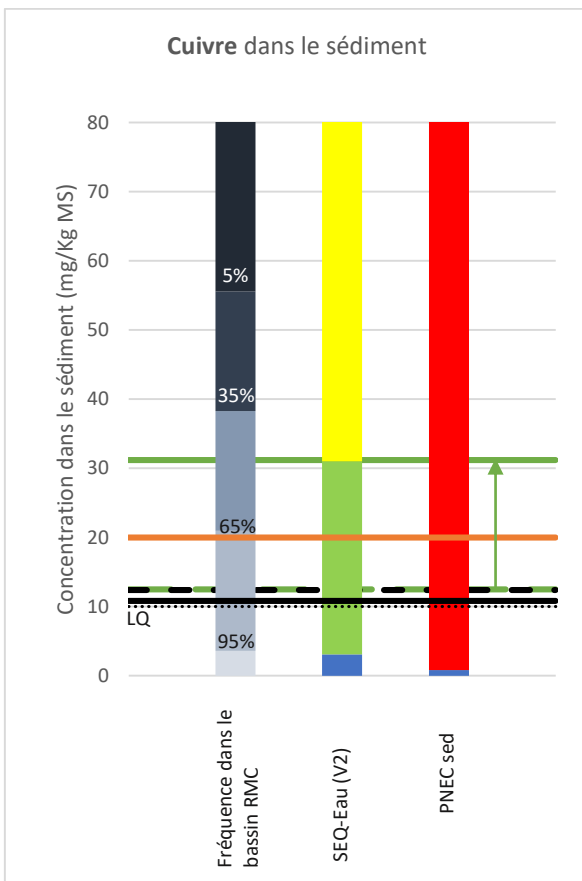
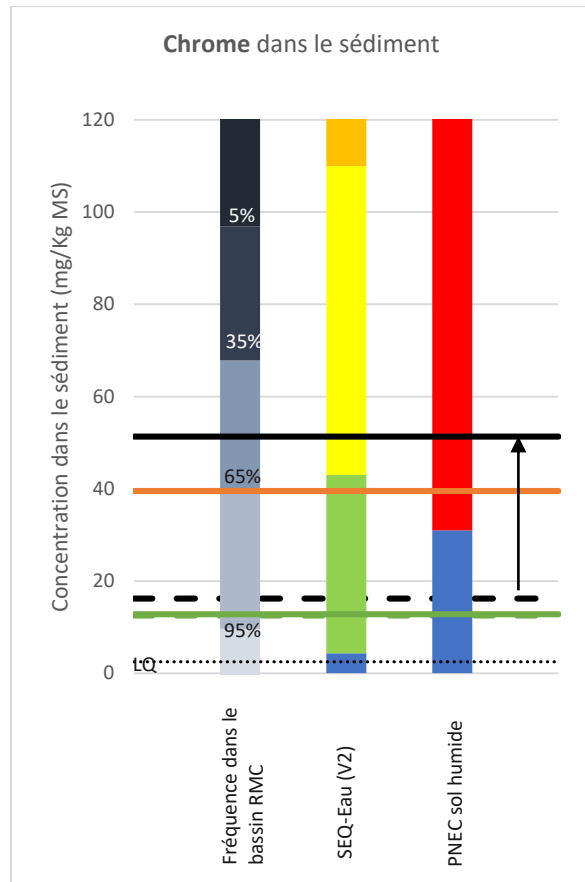
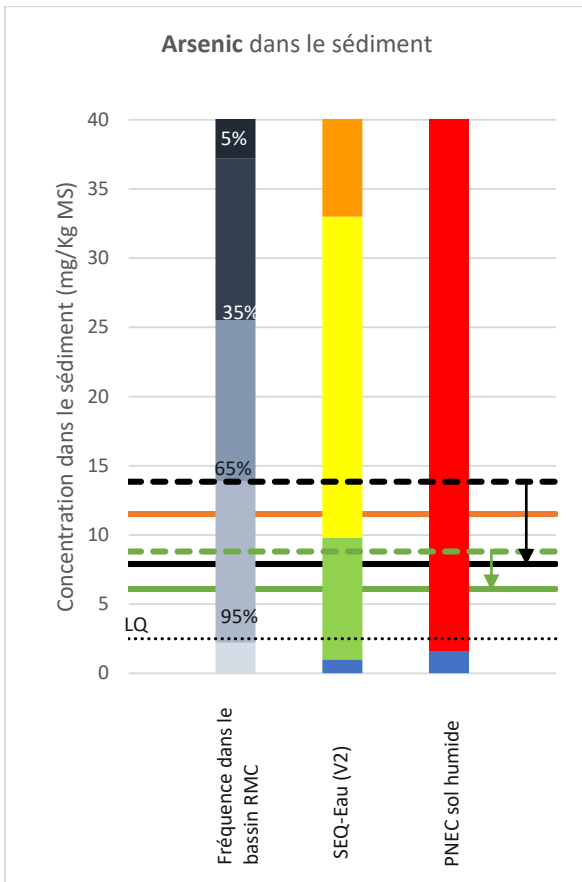


Figure 75. Evolution temporelle de la contamination par le zinc au niveau des affluents de l'Ain.

### 4.3 CONTAMINATION DU SEDIMENT DU DOMBIEF



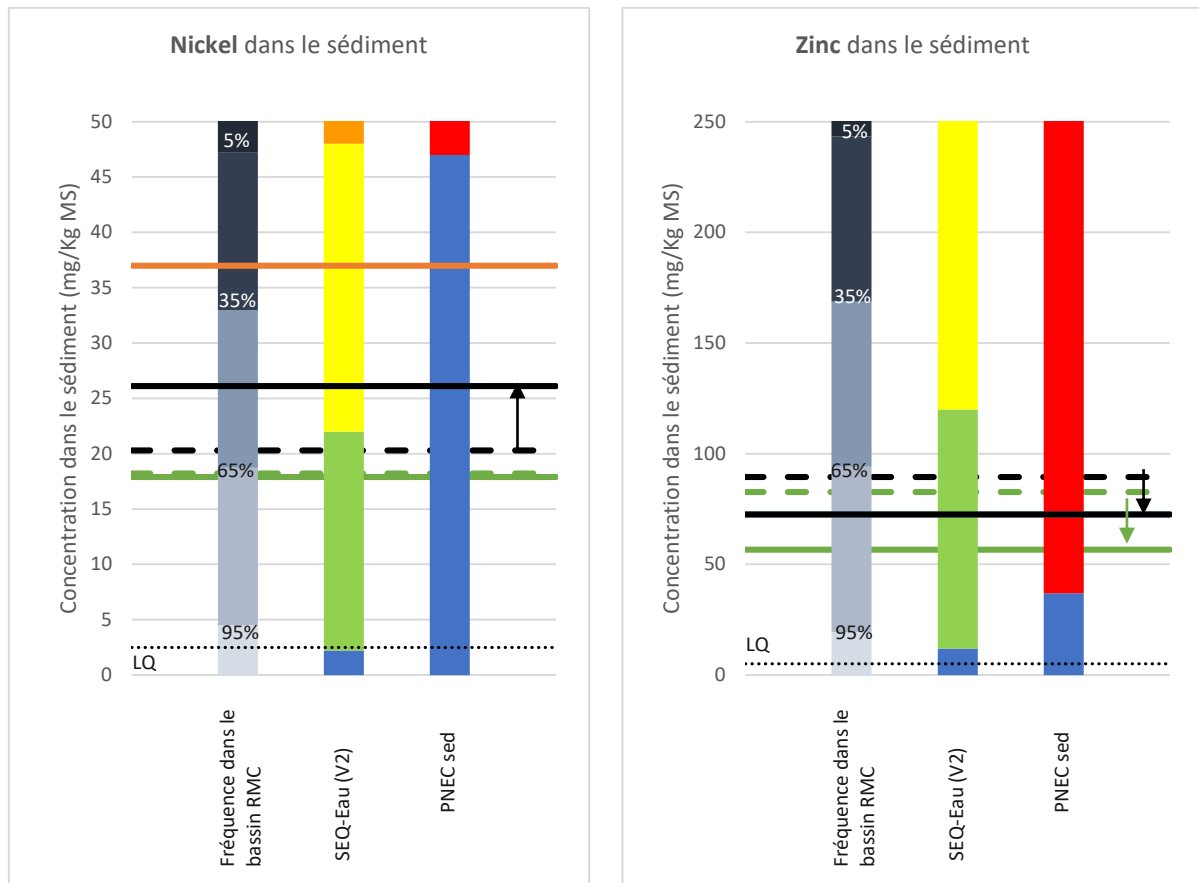


Figure 76. Tenueurs sédimentaires en ETM du Dombief en 2011 (vert), 2015 (orange) et 2017 (noir) en amont de la station d'épuration (D0 – pointillés) et en aval de la station d'épuration (D1 – ligne continue). Les flèches indiquent l'évolution amont-aval de la teneur de l'ETM.

Colonne de gauche : fréquence de teneur atteinte dans les sédiments du bassin RMC entre 2004 et 2010. Colonne du milieu : seuils de qualité du SEQ-Eau (V2). Colonne de droite : valeur de la PNEC (concentration prédite sans effet sur l'environnement).

Les graphiques relatifs au cadmium et au plomb n'ont pas été présentés :

- Les 5 valeurs relatives au cadmium sont égales ou inférieures au seuil de quantification, i.e. 0,5 mk/kg MS.
- Les 5 valeurs relatives au plomb sont similaires, i.e. 8 à 11 mg/kg MS, et ne témoignent pas d'une pollution significative du milieu par cet ETM.

Afin de faciliter la lecture des résultats, voici une proposition de regroupement des niveaux de contamination en 3 catégories :

- Pollution en 2017 faible à modérée :
  - Arsenic : relativement stable interannuellement, sédiment moins contaminé à l'aval.
  - Cuivre : décroissance interannuelle de la pollution, plus de différence amont/aval.
  - Mercure : pollution modérée relativement spatio-temporellement stable.
- Pollution en 2017 modérée et significative :
  - **Chrome** : pollution en croissance interannuelle, sédiment aval davantage contaminé.
  - **Zinc** : pollution significative mais avec peu de différence amont/aval.
- Pollution élevée en 2017 :
  - **Nikel** : pollution relativement élevée mais avec peu de différence amont/aval.

Ainsi, en 2017, la principale suspicion de contamination du milieu en ETM par la station d'épuration est relative au chrome.

Cette observation se retrouve dans la lecture écotoxicologique des résultats où un risque pour l'environnement supplémentaire est engendré à l'aval de la station d'épuration :

- A l'amont : arsenic, cuivre, plomb, zinc.
- A l'aval : arsenic, **chrome**, cuivre, plomb, zinc.

## 5 SYNTHÈSE

| Code station                  | Point | Nom  | Arsenic | Cadmium | Chrome | Cuivre | Mercur | Nickel | Plomb | Zinc |
|-------------------------------|-------|--|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|------|
| <b>Bienne sensu stricto</b>   |       |  |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6084480                       | 3     | BIENNE PASSERELLE AMONT LA DOYE            |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6084500                       | 4     | BIENNE PONT DES DOUANES                    |         |         |        |        |        | +      |       |      |
| 6400005                       | 7     | BIENNE PLACE LISSAC                        |         |         |        | (+)    |        |        |       | (+)  |
| 6400006                       | G     | BIENNE 50M AMONT SQUARE                    |         |         |        | +      | (+)    |        | +     | +    |
| 6400007                       | 9     | BIENNE SQUARE RUE DE LA REPUBLIQUE         |         |         |        | ++     | +      | (+)    | ++    | +    |
| 6399110                       | I     | AMONT EVALUDE BIENNE                       |         |         |        | +      |        |        | +     | +    |
| 6400009                       | 12    | BIENNE AVAL EVALUDE                        |         |         |        | ++     |        | +      | +     | +    |
| 6084600                       | J     | AVAL STEP BIENNE                           |         |         |        | ++     |        | (+)    | ++    | ++   |
| 6400025                       | 14    | BIENNE Amont Conf Doye Gabet               |         |         |        | ++     |        | (+)    | +     | +    |
| 6400040                       | 34    | AMONT BARRAGE TANCUA                       |         |         |        | +      |        |        |       | +    |
| 6084650                       | 16    | USINE ELECTRIQUE                           |         |         |        | ++     |        |        |       | +    |
| 6400035                       | 36    | BIENNE AMONT PISSEVIEILLE                  |         |         |        | ++     |        |        |       |      |
| 6084700                       | 17    | BIENNE ROCHE BLANCHE                       |         |         |        | +      |        |        |       |      |
| 6400012                       | 18    | BIENNE AMONT PONT D AVIGNON                |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400013                       | 22    | BIENNE AVAL ETABLES                        |         |         | ++     | +      |        | +++    |       |      |
| 6084900                       | 25    | BIENNE Aval Pont Chassal                   |         |         | ++     |        |        | +++    |       |      |
| 6085500                       | 28    | BIENNE Pont de Jeurre                      |         |         | +      |        |        | +      |       |      |
| 6400015                       | 29    | BIENNE Pont d'Epercy                       |         |         | (+)    |        |        | +      |       |      |
| <b>Affluents de la Biemme</b> |       |  |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 06053X0028/SCE                | 15    | DOYE GABET source                          |         | ++      |        |        |        |        |       |      |
| 6084800                       | 19    | CHAPY MONTEPILE                            |         | (+)     |        | +      | (+)    |        |       |      |
| 6084920                       | 20    | TACON AVAL GRAND PONT                      |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400105                       | 39    | TACON LYCEE PRE ST SAUVEUR                 |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6084890                       | 24    | LIZON Usine LAHU                           |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6320210                       | 26    | ENRAGE                                     |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400017                       | 33    | LONGVIRY                                   |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400014                       | 27    | HERIA                                      |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400045                       | 31    | MERDANÇON                                  |         |         |        |        |        |        |       |      |
| <b>Affluents de l'Ain</b>     |       |  |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6083672                       | L1    | LEMME PONT DE LEMME                        | +       |         |        |        |        |        |       |      |
| 6083680                       | L2    | LEMME CHAUX DES CROTENAY                   |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400065                       | S1    | SAINE A FONCINE LE HAUT                    |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6083640                       | S2    | SAINE LES PLANCHES EN MONTAGNE             |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6400075                       | S3    | Saine Aval Conf Lemme                      |         |         |        |        |        |        |       |      |
| 6084450                       | M1    | MURGIN aval MOIRANS                        |         |         | ++(+)  | +(+)   |        |        | +     | ++++ |
| 6083675                       | D0    | Dombief amont STEP (analyse sur sédiments) | (+)     |         |        | (+)    | (+)    | ++     |       | +    |
| 6400055                       | D1    | Dombief aval STEP (analyse sur sédiments)  | (+)     |         | +      | (+)    | (+)    | ++     |       | +    |

Tableau 3. Représentation synthétique des niveaux de contaminations tels qu'observés en 2017.