

*Baron Alexis
Hottinger Steve*



Analyse des polluants dans l'environnement

Rapport de projet

Table des matières

1. Introduction.....	4
2. Situation	5
<i>Aspect général du lieu échantillonné</i>	<i>7</i>
3. Analyse des macropolluants et des paramètres physiques	8
3.1 La température	8
3.2 L'oxygène dissous	10
3.3 Le pH.....	12
3.4 La conductivité.....	14
3.5 Les Chlorures.....	16
3.6 Les Sulfates.....	19
3.7 Les Nitrates	21
3.8 Les Nitrites	22
3.9 L'Azote ammoniacal	25
3.10 Le Phosphore total.....	27
3.11 Carbone organique total (TOC)	29
3.12 Carbone organique dissous (DOC)	32
3.13 Qualité chimique	33
<i>Phosphore total</i>	<i>34</i>
<i>Nitrites.....</i>	<i>35</i>
<i>Azote ammoniacal</i>	<i>35</i>
<i>Nitrates</i>	<i>36</i>
<i>Carbone organique dissous.....</i>	<i>36</i>
<i>Carbone organique total.....</i>	<i>37</i>
4. Analyse des micropolluants	37
4.1 Les PCBs	37
4.1.1 Méthodologie.....	38
4.1.2 Résultats et discussion	39
4.2 Les métaux lourds.....	44
4.2.1 Description des métaux étudiés.....	44
4.2.2 Calculs et valeurs limites.....	46
4.2.3 Résultats et interprétations :	47
5. Analyse biologique : les macrozoobenthos.....	51
5.1 La méthode IBCH.....	51
5.1.1 Le taxon	51
5.1.2 L'indice IBCH.....	51

5.1.3 Détermination de l'indice biotique général IBCH	53
5.1.4 Contraintes de la méthode.....	54
5.1.5 Protocole d'échantillonnage.....	55
5.2 Nos résultats.....	56
5.2.1 Sur le terrain	56
5.2.2 En laboratoire	59
5.2.3 Résultats et discussion	60
6 Conclusion	62
7. Références.....	64
8 Annexes.....	65
Annexe 1	65
Annexe 2	66

1. Introduction

Ce travail pratique a pour objectif de nous apprendre à utiliser divers indicateurs afin de caractériser l'état de l'eau d'une rivière. Avec les résultats obtenus sur le terrain, nous pourrons ensuite faire des liens entre les différents composés présents et leurs provenances, leurs causes possibles et leurs conséquences sur les organismes aquatiques.

Cette analyse prendra évidemment en compte les facteurs humains qui pourraient venir perturber le bon équilibre biologique du cours d'eau (sortie de STEP, déversoir d'orage, agglomérations, agriculture, artisanat, eau de refroidissement, mise en tuyau de la rivière, etc.), mais aussi la morphologie de la rivière ainsi que certains paramètres physicochimiques. Ces indicateurs de l'état de l'eau seront comparés de manière spatiale (à différents endroits de la rivière) et temporelle. L'objectif est de relier l'évolution des différents facteurs chimiques avec une cause plausible, mais nous verrons qu'il n'en va pas forcément de même pour l'évolution des facteurs biologiques. Au total, sept groupes ont été répartis sur la Chambronne et ses affluents, la Mèbre et la Sorge. La comparaison entre les différentes analyses physico-chimiques et biologiques se fera donc par affluent, puis de part et d'autre de la jonction formant la Chamberonne.

Nous caractériserons d'une part la qualité de l'eau à l'aide de paramètres physico-chimiques : température, oxygène dissous, pH, conductivité, les macropolluants, le carbone organique et douze sortes de polychlorobiphényles (PCB) ainsi que des métaux lourds. Il est important de noter que ces paramètres se relèvent seulement ponctuellement et qu'ils peuvent fortement varier suivant le moment où l'on prélève les échantillons. D'autre part l'état de la rivière sera estimé de façon biologique au travers de l'indice IBCH qui repose sur l'analyse des macrozoobenthos, les insectes vivant au fond de l'eau, selon un procédé bien défini fourni par l'OFEV.

Le but final sera de donner la tendance générale de la Chambronne et de ses affluents en ce qui concerne la qualité chimique et biologique des eaux, en mettant en commun les résultats effectués par les sept groupes ainsi que ceux des années précédentes. Il nous faudra comparer les résultats obtenus pour chacun des critères avec les normes trouvées dans la littérature et rester sensible au fait que de nombreux biais peuvent entacher nos valeurs.

2. Situation

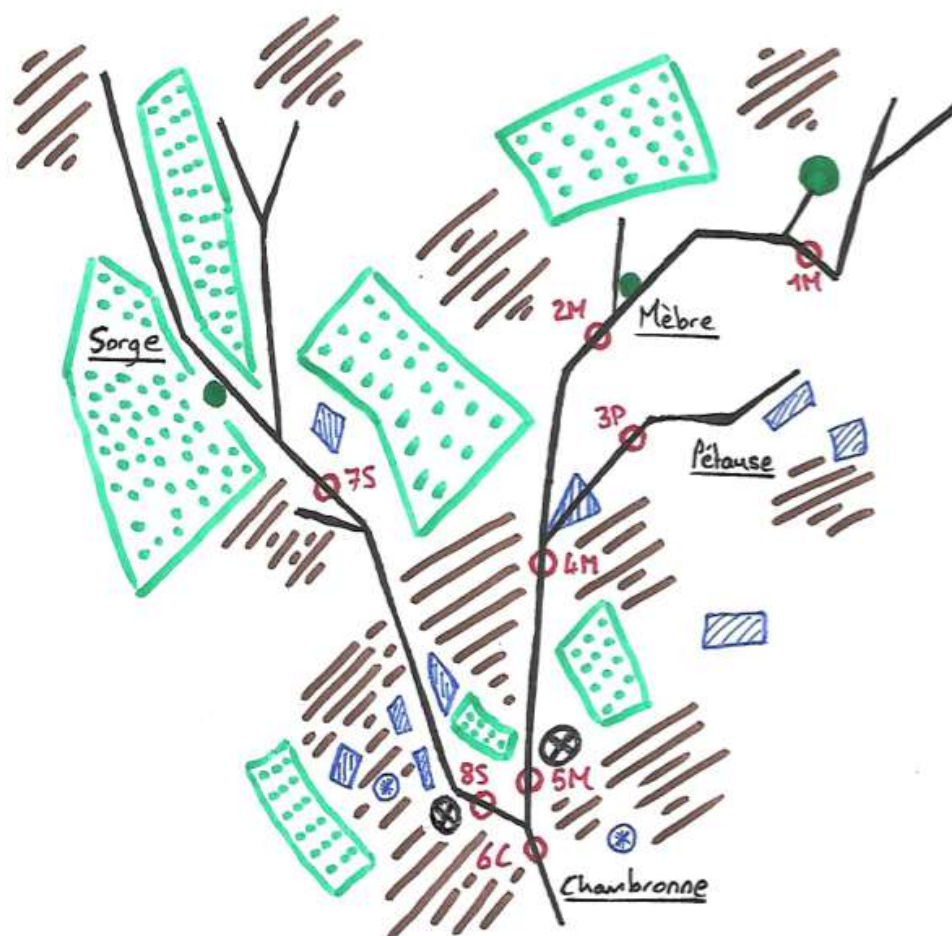
Ci-dessous, un plan montrant la Chambronne et ses affluents, la Mèbre et la Sorge.



http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/eau/fichiers_pdf/qualite_rivieres_SourceSure_mai2015.pdf

Sur cette carte sont encadrés de rouge les stations de mesures. Au cours de notre campagne d'échantillonnage, nous n'avons pas étudié le point 3P situé sur la Pétause, un affluent de la Mèbre, faute d'être suffisamment nombreux. Le point 3P sera toutefois étudié lorsque nous mettrons en relation nos résultats avec ceux obtenus lors des années précédentes.

Sur le dessin ci-dessous, nous avons décrit la situation de manière schématique, avec les diverses infrastructures et activités humaines susceptibles de porter atteinte à l'écosystème aquatique. Les placettes échantillonnées sont une nouvelle fois visibles afin de mieux se représenter leurs dispositions sur les cours d'eau.



Légende

- ⊗ Rejet eau de refroidissement
- ▨ Zones agricoles
- ⊕ Sites pollués nécessitant assainissement
- ▨ Remblais/décharges
- ▨ Zones urbaines
- lieux étudiés

Nous pouvons voir qu'il y a trois stations d'épuration des eaux usées, situées en amont des points 7S et 2M. Ces STEP's sont caractérisées par les points verts. La taille des points représente le nombre d'habitants raccordés à la station. Les petits points traitent l'équivalent de moins de 1000 habitants alors que le gros point traite l'eau usée issue de 1000 et 5000 habitants. Ces STEP's auront une influence sur les concentrations de chlorures, de carbone organique, d'oxygène dissous et autres, observées en aval.

Comme nous pouvons le constater, le bassin versant de la Chambronne est situé dans une zone très urbanisée. La Mèbre et la Sorge traversent notamment les agglomérations de Renens, Prilly, Ecublens, Crissier, Villars Ste-Croix... Cela va influencer la qualité des eaux de la Chambronne et de ses deux affluents. De par les activités humaines (industries, transport...), certaines concentrations en macropolluants, mais surtout en micropolluants vont être supérieures aux

concentrations généralement relevées dans un milieu complètement naturel. Des composés tels que les PCBs et les métaux lourds pourront être trouvés à des concentrations non négligeables.

La présence de zones agricoles va aussi avoir un impact sur les eaux, de par l'épandage d'engrais, de purin, etc. qui peuvent filtrer au travers du sol et atteindre les eaux de la rivière. Ces activités agricoles auront une répercussion sur les macropolluants principalement (nitrates, nitrites, phosphates,...) utilisés comme engrais.

Nous pouvons aussi constater la présence de sites contaminés (en plus de nombreux sites pollués qui ne sont pas montrés sur ce schéma) ainsi que d'anciennes décharges et remblais. Par leur proximité, ces zones peuvent relâcher certaines substances dans les eaux qui auront des répercussions sur les organismes aquatiques.

Pour terminer, deux zones de rejets d'eau de refroidissement effectués par l'EPFL, l'UNIL ainsi que l'IDHEAP sont situées sur la Mèbre ainsi que sur la Sorge. Nous tenterons de déterminer l'impact que ces rejets d'eau provenant du lac peuvent avoir sur les rivières.

Aspect général du lieu échantillonné

Nos analyses ont été effectuées au point 4M, situé sur le cours d'eau Mèbre, dans la commune de Crissier. La zone est très urbanisée et les agglomérations de Crissier et de Renens se situent à proximité immédiate. Une décharge nécessitant une surveillance est située juste en amont de notre périmètre d'étude (à moins de 500m) ainsi que deux STEPs. Le cours d'eau a pourtant un aspect bien naturel (il n'est pas canalisé du tout), avec des berges boisées et peu éloignées (entre 2 à 10m). Voici les caractéristiques apparentes du cours d'eau au point 4 M :

Aspects étudiés	résultat	explication
<i>Boues</i>	moyennement boueux	débit plus haut que la moyenne, petite crue
<i>Turbidité</i>	forte	Idem
<i>Coloration</i>	forte	Idem, sédiments transportés
<i>Mousse</i>	peu/moyen	STEP?
<i>Odeur</i>	absence	
<i>Sulfur de fer</i>	absence	
<i>Déchet d'évacuation de eaux</i>	absence	
Végétation		
<i>algues</i>	peu	
<i>mousses</i>	peu	

Ces caractéristiques simplement observées sur place nous permettent déjà de faire un premier constat sur la qualité physico-chimique et biologique de la rivière. Le constat que l'on peut faire à ce stade concernant notre placette est le suivant : la coloration, la turbidité ainsi que les boues observées sont causées par les fortes précipitations des jours précédant notre campagne sur le terrain. L'absence d'odeur ainsi que la faible présence d'algues et de mousses nous laisse penser que nous ne

sommes pas en présence d'un phénomène d'eutrophisation prononcé ni de dégradation anaérobie de la matière organique. Nous nous attendons à trouver un taux d'oxygène dissous suffisant et une quantité de substance contenant de l'azote et du phosphore plutôt faible. L'absence de sulfure de fer visible est un bon point concernant les exigences de l'OEaux mentionnant à l'art. 12 al. 1 qu'aucune tache de ce composé de doit être visible¹.

3. Analyse des macropolluants et des paramètres physiques

Les macropolluants sont nommés ainsi car ils perturbent l'équilibre des milieux aquatiques et peuvent présenter des risques pour la santé humaine à des concentrations élevées, par opposition aux micropolluants qui sont toxiques à très faibles doses. La plupart de ces substances, présentes naturellement dans l'environnement telles que le phosphore, les nitrates ou les nitrites, sont des éléments essentiels à la croissance des organismes. En revanche, lorsque les concentrations de ces nutriments deviennent trop élevées en raison des activités humaines, elles bouleversent l'équilibre biochimique des écosystèmes, notamment les lacs et les cours d'eau, entraînant ainsi une diminution de la biodiversité. Il est ainsi important de surveiller la concentration des macropolluants dans les rivières.

Nous analyseront également l'évolution des paramètres physiques de l'eau afin de déterminer l'effet de la présence des macropolluants sur ces caractéristiques. Nous étudions ici l'évolution de la température, de l'oxygène dissous, du pH et de la conductivité.

3.1 La température

La température d'un cours d'eau influence de manière significative la faune qui va s'y développer. Le lien entre la température de l'eau et la solubilité de l'oxygène est particulièrement importante. En effet, plus une eau sera chaude, moins grande sera la quantité d'oxygène qui pourra s'y dissoudre. Par exemple, une eau à 8 degrés aura une teneur à saturation de 11.5 mg d'oxygène par litre, alors que pour une eau à 16 degrés, cette valeur descend à 9.6 mg/L². La température de l'eau aura donc une répercussion sur les organismes aquatiques particulièrement exigeant en terme de disponibilité en oxygène. Ainsi, les salmonidés vivent dans des eaux dont la température oscille entre 7 et 17 degrés. Au delà, leur activité sera réduite et ils n'évolueront plus dans des conditions optimales.

Une température élevée signifie aussi une plus grande proportion d'ammoniac (NH₃), la forme déprotonnée de l'ammonium, qui est toxique lorsqu'elle est présente en trop grande quantité³.

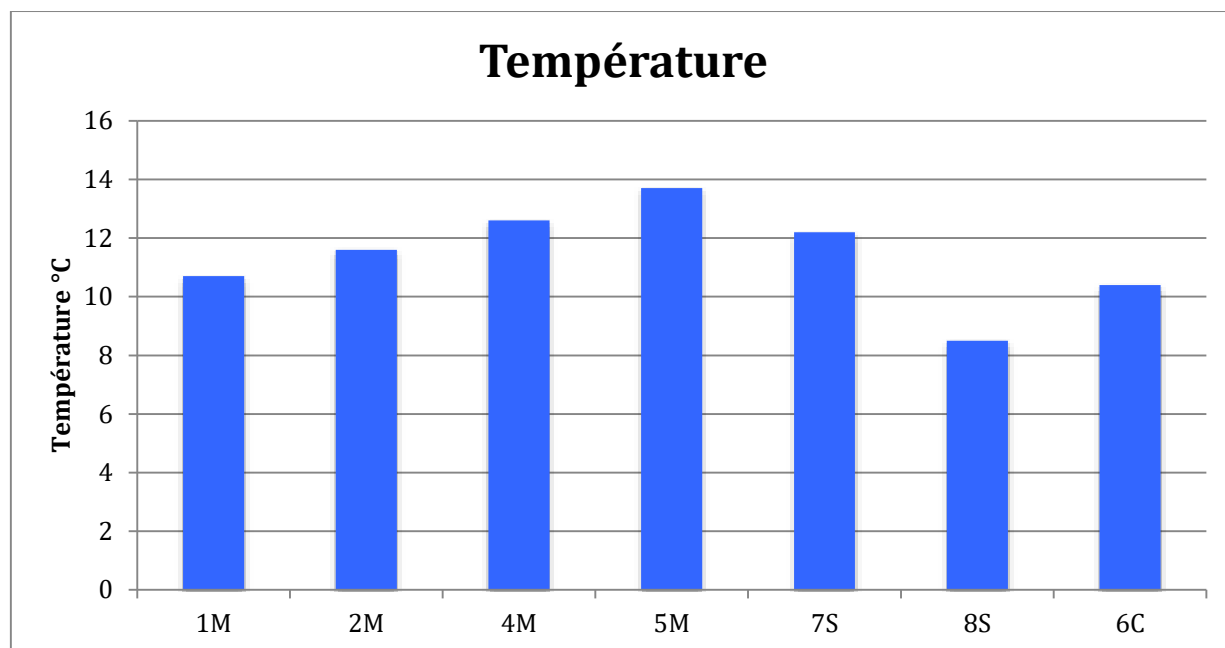
¹ <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983281/201510010000/814.201.pdf>

² <http://www.aqualog-international.com/aquaculture-et-fermes-aquacoles/oxygene-dissous-a-4.html>

³ http://www.chambon.ac-versailles.fr/science/faune/phy_a/resp/milieu_truite_temp.htm

Pour terminer, une élévation de la température permet à moins de CO₂ de se solubiliser et donc diminue le pouvoir tampon du milieu. En effet, le CO₂ solubilisé permet de capter des ions H⁺ et donc à maintenir un pH légèrement basique.

Voici les températures de la Sorge, de la Mère ainsi que de la Chambronne relevée le 23.09.2015 aux différentes placettes considérées

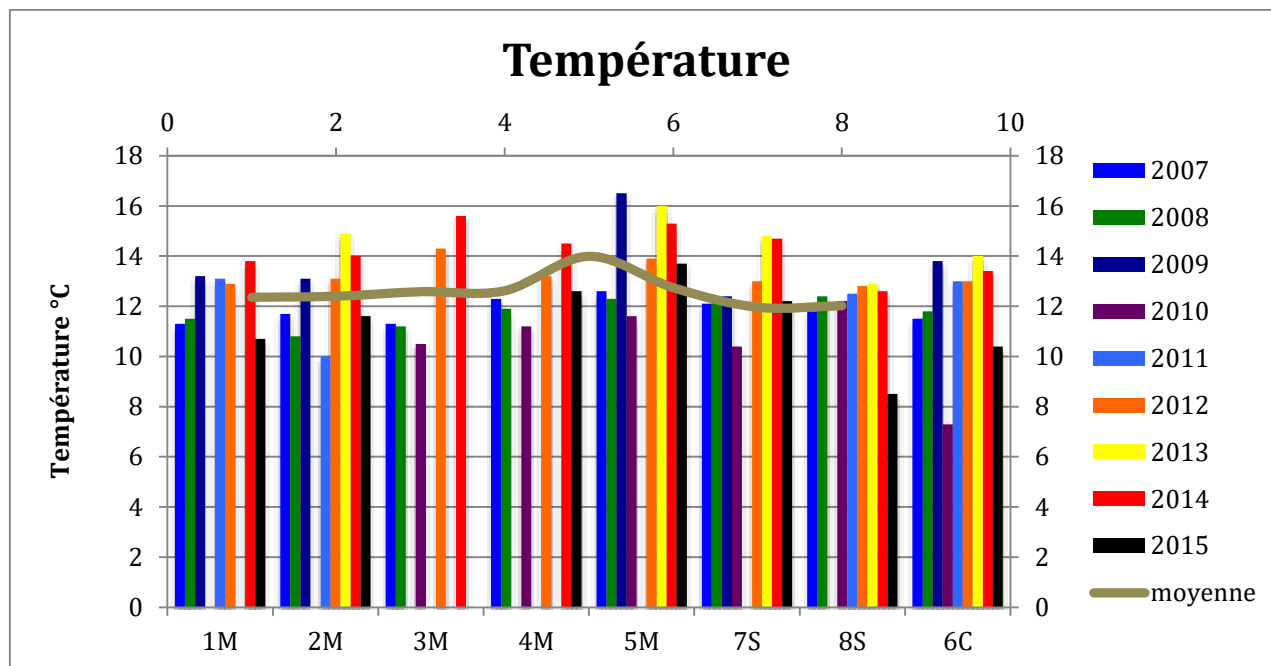


Nous pouvons observer que la température oscille entre 8.5 et 14 degrés, suivant ou l'on se trouve sur les cours d'eau.

L'évolution de la température le long de la Mère est particulièrement intéressante. En effet, plus l'on se rapproche de l'aval, plus les valeurs augmentent. Ceci est logique, une eau de source a une température comprise habituellement entre 8-10 degrés, et va se réchauffer le long de son parcours en contact d'un air, d'une surface ou d'un effluent plus chaud. Ces conditions vont se produire lorsque l'eau atteint des altitudes plus basses. De plus, deux STEPs rejettent leurs eaux traitées entre les stations 1 M et 2M. Cela a pour conséquence d'élever encore un peu plus la température de l'eau de la Mère qui va se mélanger à cette eau un peu plus chaude.

Pour les relevés effectués sur la Sorge, nous observons une nette baisse de la température de l'eau entre la station 7S et 8S. Celle-ci peut être expliquée de par les nombreux rejets d'eau de refroidissement qui ont lieu le long du campus, en amont du point 8S. Cette eau, pompée au lac à 6 degrés environ, sera rejetée aux alentours des 9-10 degrés dans la Sorge. Le mélange entre les eaux « chaudes » provenant de la Mère (13.7 °C) et les eaux plutôt « froides » de la Sorge (8.5°C) explique la valeur intermédiaire entre ces deux températures trouvées au point 6C situé sur la Chambronne (10.4°C).

Voici ci-dessous un graphique permettant de comparer les températures de chaque placette avec celles relevées les années précédentes.

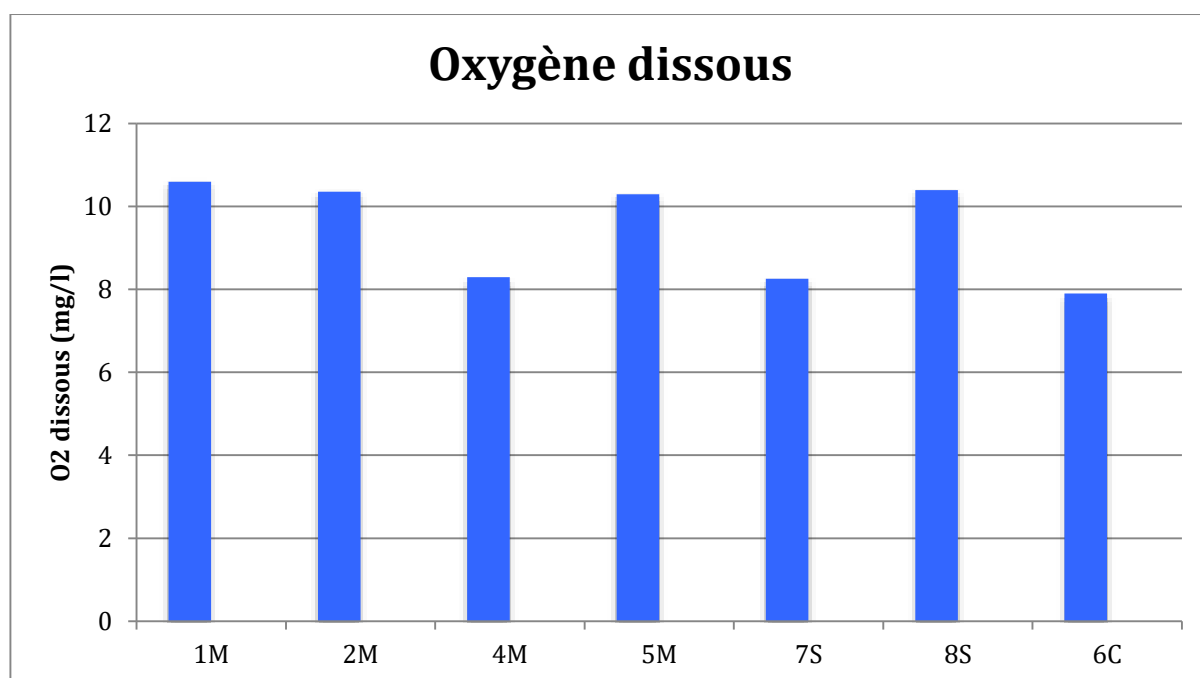


La température de la Chambronne ainsi que de ces affluents oscillent toujours aux alentours de 10°C, avec un minimum à 7.3°C et un maximum de 16.5°C. Cette température est idéale pour la truite et les autres salmonidés car elle permet une solubilisation suffisante d'oxygène dans l'eau. De plus, les rejets d'eaux de refroidissement effectués par l'EPFL et l'UNIL n'ont pas l'air de trop perturber le milieu, étant donné que cette eau a une température de 9-10 degrés. L'ordonnance sur les eaux stipule que les rejets ne doivent pas modifier la température de l'eau de plus de 1.5 °C dans les zones où vivent les truites, ni que ceux-ci soient supérieurs à 25 degrés. Cette condition est donc respectée.

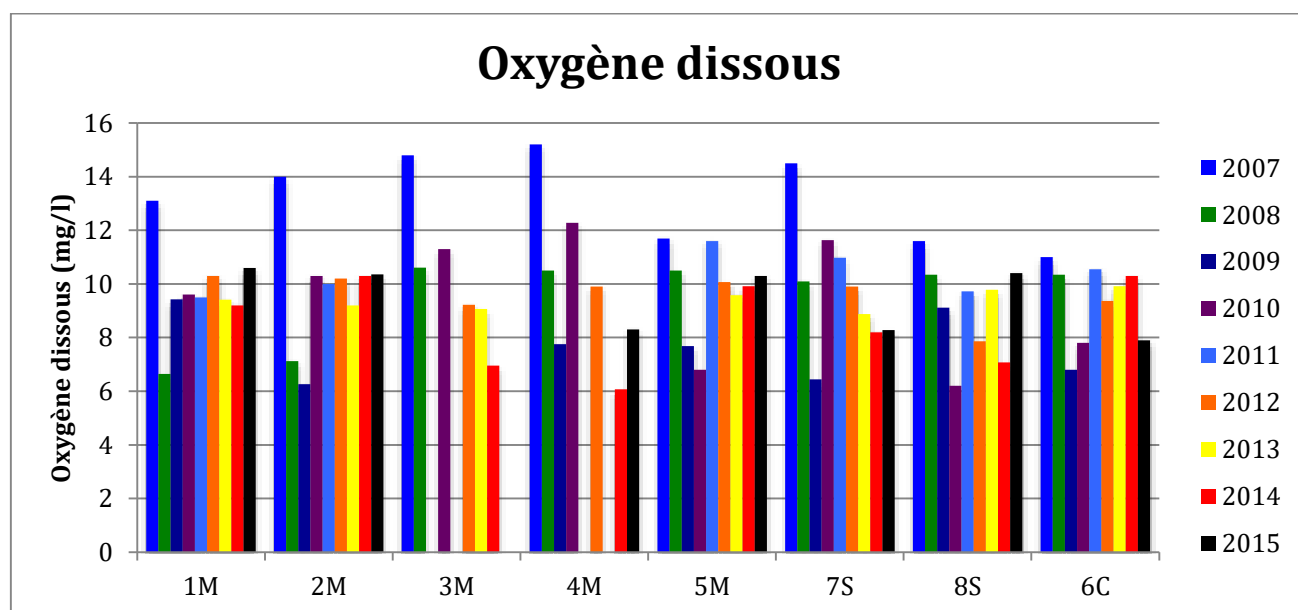
3.2 L'oxygène dissous

Comme énoncé précédemment, la solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend grandement de la température de celle-ci. Il faut mentionner que la pression partielle de l'oxygène dans l'air au-dessus de la rivière influence elle aussi cette solubilité. Un autre phénomène physique est à considérer : les turbulences permettant un enrichissement de l'eau en O₂, pouvant même mener à une sursaturation. La morphologie de la rivière joue donc un rôle dans la quantité d'oxygène présent dans l'eau. En dernier lieu, la présence de matière organique diminue cette concentration d'oxygène dissous dans le milieu. En effet, celle-ci sera consommée par des microorganismes très gourmands en oxygène. La quantité d'oxygène dissous dépend en grande partie à la disponibilité des éléments limitants (principalement phosphore et azote) présents dans le milieu et permettant aux algues et autres plantes aquatiques de proliférer.

Voici la quantité d'oxygène mesurée dans l'eau aux différents endroits considérés.



La première observation à faire concerne la diminution de la quantité d'oxygène entre les points 1M et 4M. Il y a premièrement l'augmentation de la température de l'eau entre ces trois placettes qui diminue le taux d'oxygène dissous. Au point 5M, une oxygénation physique de l'eau a probablement lieu par la présence de rapides ou de remous. La même explication peut être reprise pour expliquer le soudain rebond entre les points 7S et 8S. Ici, il y a aussi une forte diminution de la quantité de TOC et de DOC qui a lieu, limitant donc la disponibilité de substrat pour les microorganismes dégradant ce carbone organique en consommant de l'oxygène.



Les valeurs sont ici toutes comprises entre 6 et 15 mg O₂/L. Les concentrations dépassant les 11-12 mg/L amènent à une sursaturation du milieu en oxygène par

rapport à l'équilibre de phase (due à la morphologie du cours d'eau permettant une oxygénation physique de l'eau), tandis que celles se trouvant entre 6 et 10 témoignent d'une activité biologique consommant une partie de l'oxygène, liée entre autre à des concentrations en DOC et TOC plutôt élevées.

La quantité d'oxygène dissous nous permet d'avoir une idée concernant la présence de macropolluants comme le nitrate, l'ammonium ou encore le phosphate. Ces composés sont très appréciés de la flore aquatique et permettent une augmentation de la masse organique présente dans la rivière. Il n'est par contre pas possible de déterminer lesquels sont présents lors d'une diminution de la quantité d'oxygène dissous, pour cela nous devons analyser ces macropolluants un à un (voir ci-dessous).

La truite a besoin d'une concentration en O_2 dissous d'au moins 6 mg/L afin de pouvoir se développer convenablement⁴. Cette valeur est atteinte partout à cette saison durant ces neuf dernières années et permet aux organismes exigeants en O_2 de proliférer dans la Chambronne et ses affluents sans être restreints par l'oxygène.

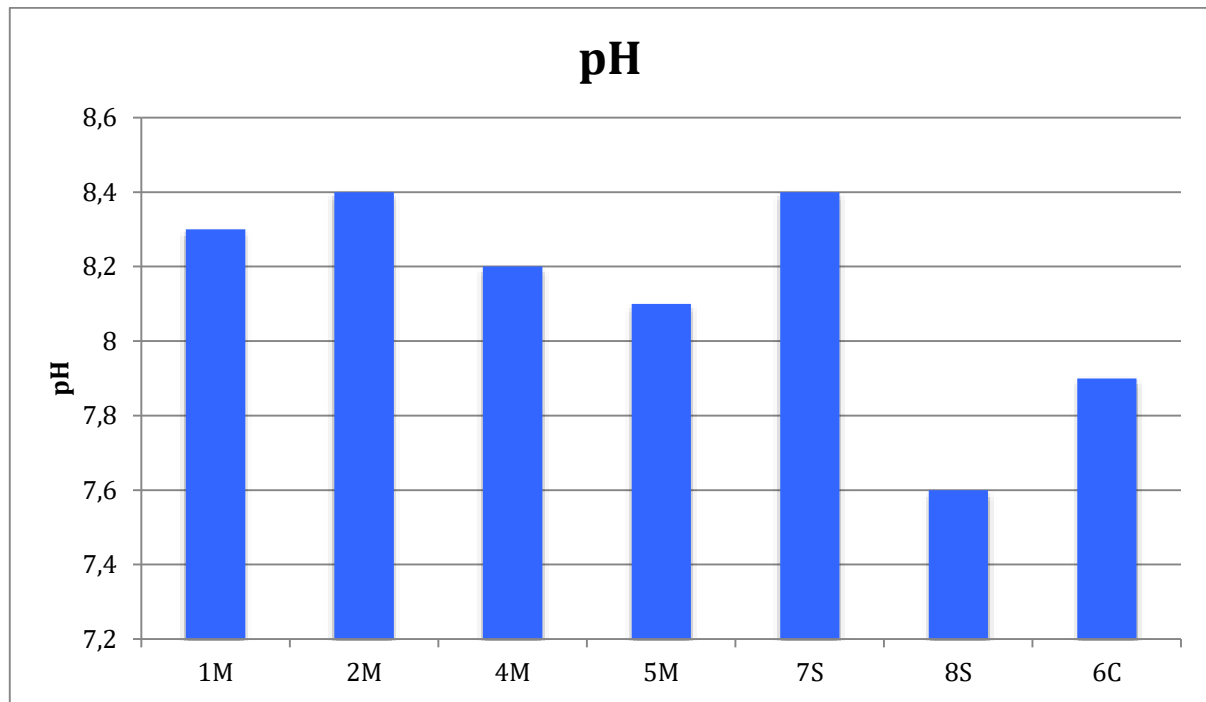
3.3 Le pH

Le pH est la mesure de l'activité des ions H^+ présents dans une solution. Plus ces ions H^+ sont présents en grande quantité sous forme H_3O^+ (car lié à l'eau), plus la solution aura tendance à être acide. Dans les milieux naturels, l'eau a tendance à être légèrement basique comme nous le verrons ci-dessous. En effet, la présence de CO_2 dans l'air et sa dissolution dans l'eau vont tamponner le système. Un équilibre $CO_2 - HCO_3^-$ va être créé, régi par sa constante d'équilibre K_{a1} , et un autre équilibre $HCO_3^- - H_2CO_3$ avec une constante d'équilibre K_{a2} . L'apport de dioxyde de carbone venant de l'atmosphère permet de capter certain proton H^+ et cela évite une trop grande baisse du pH lors de rejets acides dans la rivière.

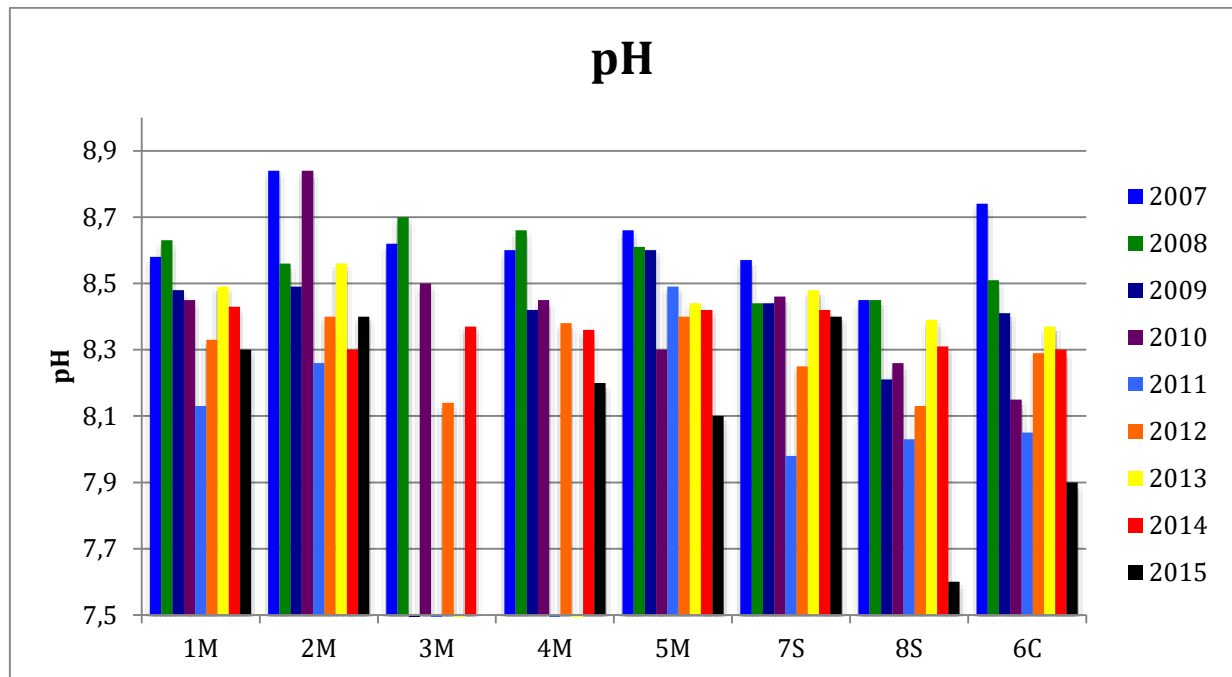
Dans l'ordonnance sur les eaux (OEaux), il est mentionné que les rejets de déchets industriels dans l'eau ne doivent pas avoir un pH inférieur à 6.5 ni supérieur à 9 afin de ne pas porter atteinte à la vie aquatique.

Les organismes vivants sont très sensibles aux variations de pH d'un milieu. Certains peuvent survivre dans un environnement ultra-acide et d'autres dans un habitat très basique, mais la plupart des espèces ont leur pH optimum autour de 7 ou 8, qui est à favoriser si l'on veut avoir une faune riche et variée.

⁴ http://www.chambon.ac-versailles.fr/science/faune/phy_a/resp/milieu_truite_temp.htm



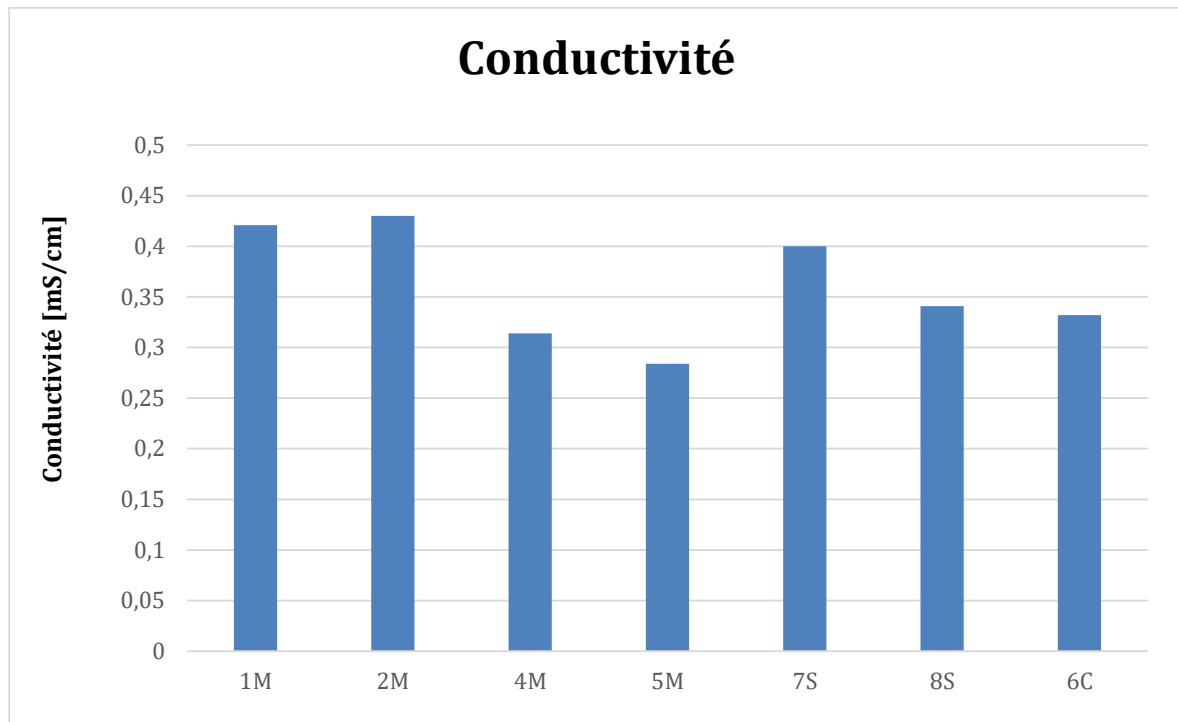
Le pH est relativement stable le long de la Chambronne et de ses affluents. Il se situe autour de 8, ce qui est attendu étant donné que du dioxyde de carbone se dissout et agit comme tampon dans les cours d'eau. A la placette 8S, nous observons néanmoins une chute du pH par rapport à l'amont de la Sorge. Cela peut provenir d'une activité microbiologique précise, ayant comme impact une diminution du pH. Il y a par exemple une forte respiration aérobie qui peut être en cause, la nitrification ou encore une oxydation du fer au point précis où a été effectué le prélèvement. Certains rejets des industries ou encore des voitures peuvent aussi acidifier un milieu. Il y aurait par exemple la transformation du NO_2^- ou du SO_2^- produit par les activités humaines en H_2SO_4 et HNO_3 . Ceci est vraisemblable, étant donné qu'au point 8S, la Sorge a déjà traversé des zones où le trafic y est dense et où l'activité industrielle est présente (Crissier, Renens et Ecublens par exemple).



Sauf pour quelques mesures, le pH mesuré est toujours entre 8 et 8.5, ce qui est normal pour des cours d'eau. L'activité biologique n'a donc pas de raison d'être entravée par ce paramètre dans ces rivières.

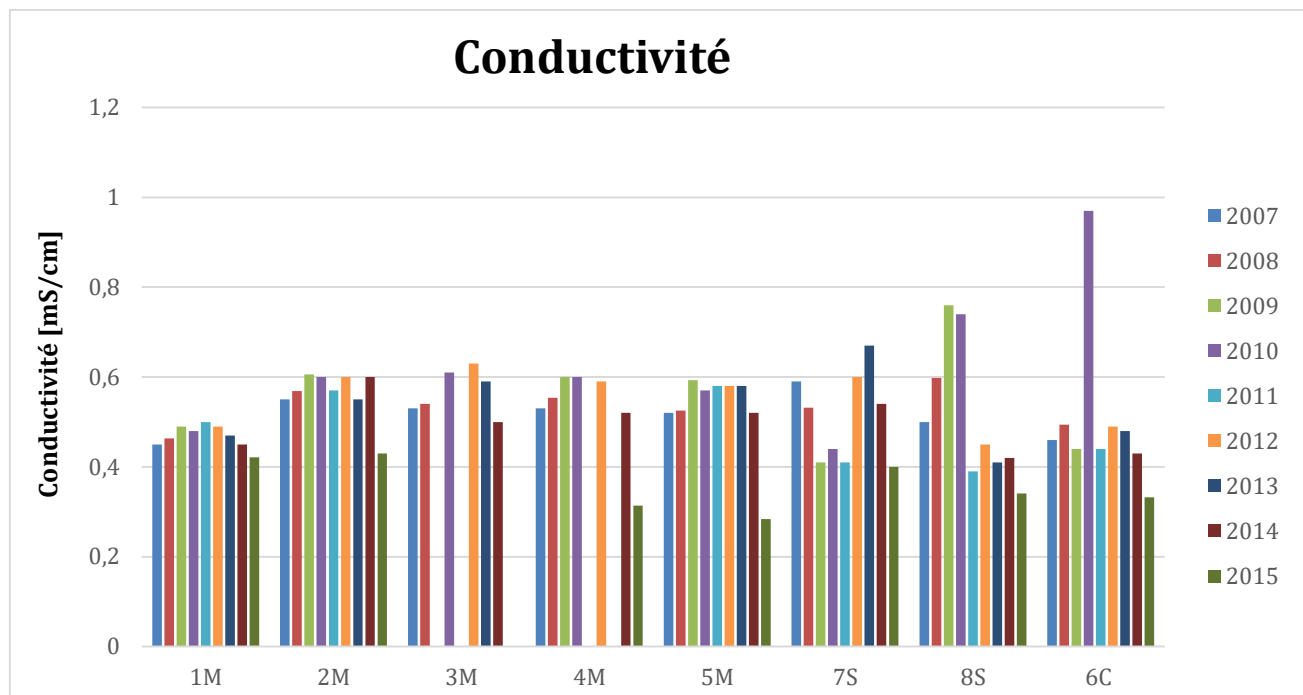
3.4 La conductivité

La conductivité d'une substance caractérise la capacité des charges électriques à se déplacer librement dans cette substance. La conductivité se mesure en siemens par mètre (S/m). La conductivité de l'eau est fortement liée à la présence d'ions et de sels dissous. Plus l'eau contient des ions tels que le calcium (Ca^{2+}), le potassium (K^+), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire l'électricité et plus la conductivité mesurée est élevée. La conductivité d'un lac ou d'une rivière est généralement stable car elle est en majeure partie définie par la structure géologique locale ainsi que les minéraux en présence. Lorsque des changements remarquables de conductivité sont constatés, cela signifie qu'il s'est produit une variation des quantités de substances dissoutes dans l'eau. La conductivité devient alors un indicateur de la qualité de l'eau et informe sur la présence de solides dissous. L'eau est considérée comme ultra-pure si sa conductivité est de $5.5 \cdot 10^{-5}$ (mS/cm). L'eau potable possède une conductivité comprise entre 0.05 et 0.5 (mS/cm). Nous allons donc tenter sur ces bases de déterminer la qualité de la Mèbre et de la Sorge ainsi que l'origine des possibles perturbations.



Commençons par étudier l'évolution de la conductivité pour cette année. Nous pouvons voir tout de suite que la conductivité n'atteint pas le seuil maximal de l'eau potable, la valeur mesurée la plus élevée étant de 0.43 (mS/cm). Nous pouvons premièrement en déduire que la qualité générale de l'eau est suffisante, dans le sens où celle-ci est buvable, ce qui est déjà une bonne chose.

Si nous regardons séparément les tronçons 1M-5M et 7S-6C, nous remarquons que la conductivité tend à diminuer, ce qui semble assez étonnant. La conductivité est grandement influencée par la température et plus celle-ci augmente, plus la conductivité augmente. Or nous avons vu plus haut que la température tend de façon générale à augmenter. Il paraît alors vraiment étrange d'observer pour la conductivité la tendance inverse. Ce phénomène est donc très sûrement dû à un changement dans la composition chimique, plus précisément un changement de concentration ionique.

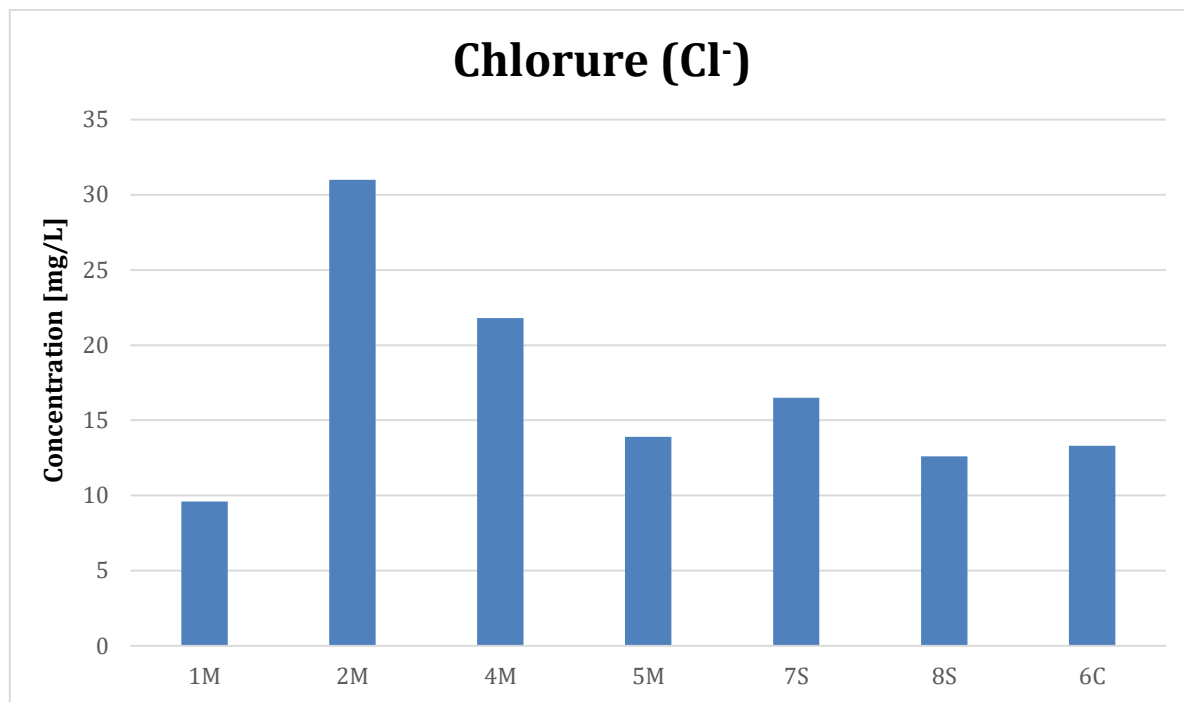


Lorsque nous comparons nos valeurs avec celles des huit dernières années, nous constatons que beaucoup d'entre elles atteignent ou dépassent la valeur limite de l'eau potable. On remarque que la conductivité peut varier beaucoup d'une année à l'autre, surtout en aval, comme le montre le pic vertigineux qui s'est produit en 2010 à la station 6 le long de la Chamberonne. Il est ainsi difficile de dégager une tendance générale au fil des années. En ce qui concerne l'évolution de la conductivité de l'amont à l'aval, peut-être que l'analyse des composés chimiques présents de l'eau nous aidera à y voir clair.

3.5 Les Chlorures

Le chlorure est l'ion Cl^- et se retrouve naturellement dans l'eau suite à la dissolution de roches solubles ou arrive dans les cours d'eau à cause des rejets industriels. L'ion chlorure en lui-même n'est pas un danger pour l'homme, il a en revanche une influence négative sur la végétation et les différents composés qu'il peut former peuvent quant à eux être toxiques. Le chlorure est naturellement présent dans l'environnement à faible dose. À moins que l'eau étudiée ait filtré au travers d'une structure géologique particulièrement favorable à la dissolution du chlore, une concentration élevée indique qu'une pollution d'origine anthropique est fortement probable.

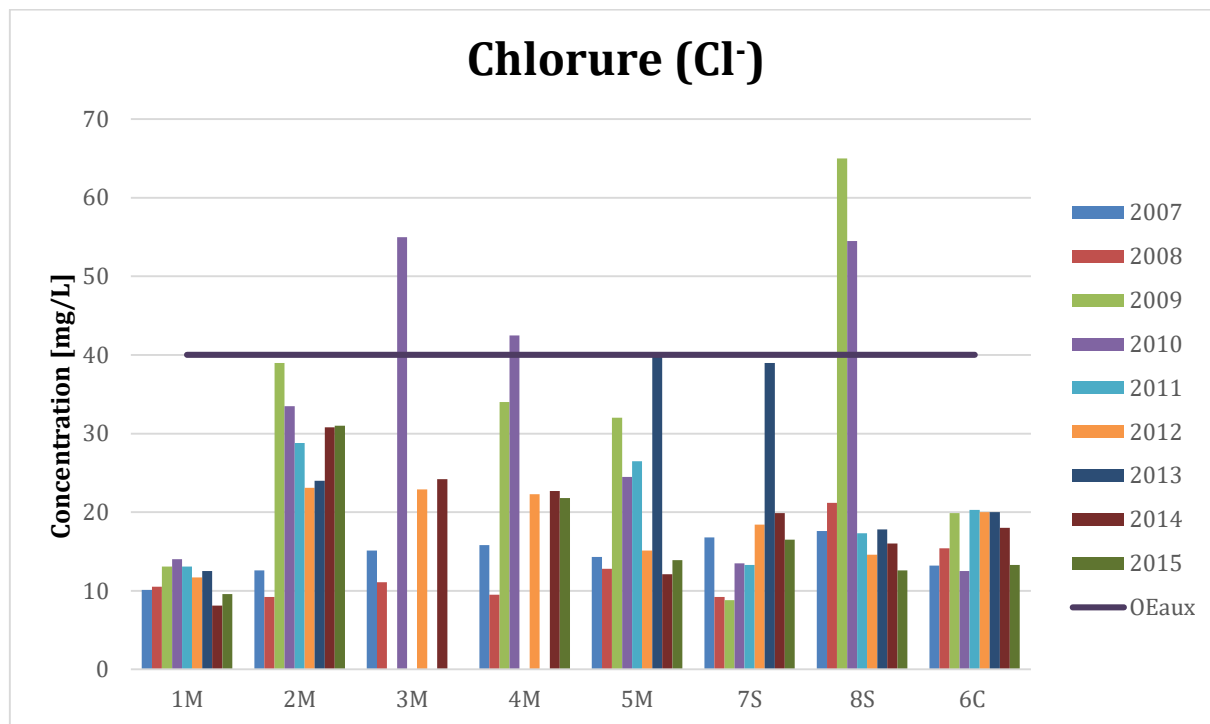
En ce qui concerne les valeurs limites des concentrations de chlorure dans l'environnement, l'*Ordonnance sur la protection des eaux* (OEaux) prescrit à l'annexe 2 chap.22 une concentration maximale de 40 mg/L. Elle précise en outre à l'annexe 3.3 chap. 28 que l'eau des piscines ne peut être déversée dans l'environnement uniquement si sa concentration en chlore est inférieure à 0.05 mg/L, ce qui donne une idée de la concentration maximale que devraient contenir les eaux de rejets industriels.



En étudiant simplement l'allure de l'histogramme des concentrations de chlorure, nous distinguons très clairement qu'un pic se produit entre la station 1 et la station 2. Grâce au rapport *De source sûre* sur la qualité des cours d'eau vaudois établi par le canton, nous savons que deux STEP se trouvent au bord de la Mèbre entre nos deux premières stations et rejettent leurs eaux dans la rivière. La première traite moins de 1000 équivalents habitants (EH) et la seconde en traite entre 1000 et 5000. Les STEP utilisent tout particulièrement le chlore pour déphosphater les eaux usées, ce qui explique le brusque accroissement de chlorure observé à la station 2M. Puis le taux de chlorure diminue au fur et à mesure que le chlore dissous s'évapore. On remarque par ailleurs que la teneur en chlorure mesurée à la station 7 le long de la Sorge est plus élevée que celle de la station 1M, et ce très probablement à cause de la présence d'une STEP (<1000 EH) en amont de la station 7. La Mèbre quant à elle ne présente pas de STEP en amont de la première station, ce qui offre un élément de comparaison avec les eaux de la Sorge. Il n'y a pas d'autre STEP le long des deux cours d'eau, la concentration en chlorure observée à la station 6 est le résultat du simple mélange des eaux de la Mèbre et de la Sorge.

Notons tout de même qu'aucune des valeurs mesurées cette année ne dépasse le seuil de 40 mg/L.

Par ailleurs, le chlorure transportant une charge négative, il contribue à l'augmentation du pH de l'eau. On remarque bien, en comparant l'évolution du chlorure à celle du pH que ce dernier évolue de la même façon mais avec des proportions différentes. La conductivité devrait aussi être influencée par la variation de concentration des ions chlorures : normalement, plus le chlorure est présent dans l'eau plus la conductivité de celle-ci est élevée. Nous sommes alors étonnés de voir que le pic de la station 2 n'ait presque aucune influence sur la conductivité. Peut-être la quantité de chlorure ajoutée n'est-elle pas suffisante pour voir une véritable différence ou peut-être que la conductivité est influencée par d'autres facteurs qui contrebalancent l'effet du chlorure ? Néanmoins l'évolution de la conductivité suit une tendance très semblable à celle du chlorure, bien que dans des proportions très différentes.



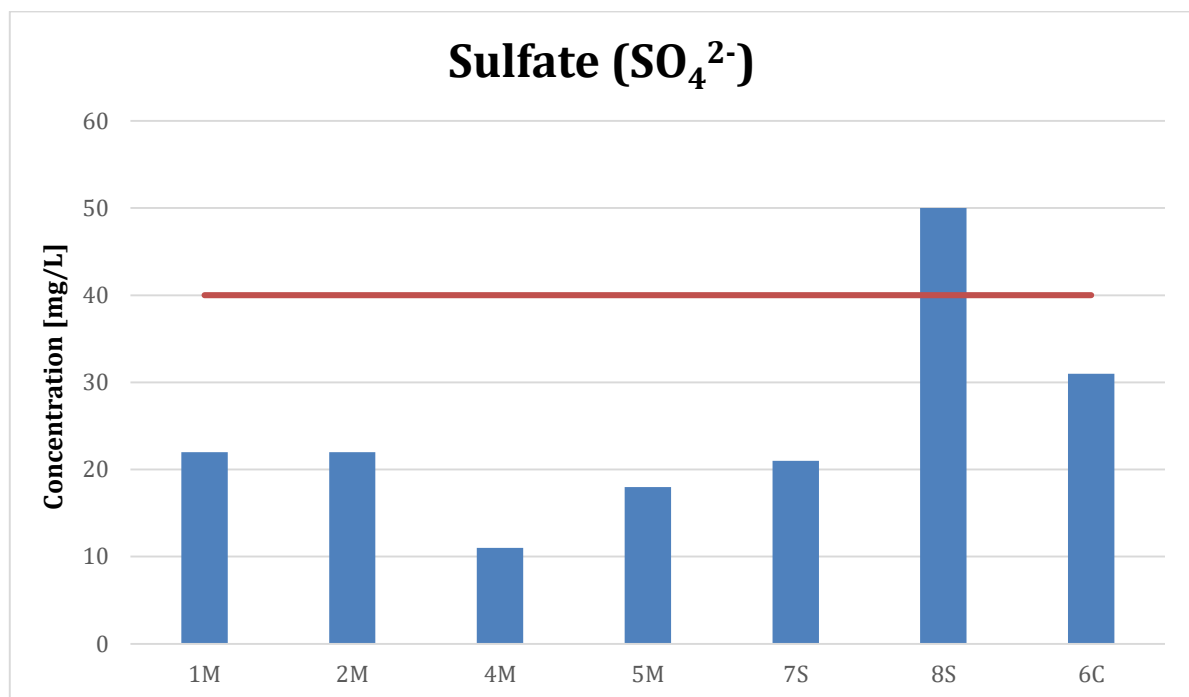
Au premier coup d'œil, hormis quelques valeurs particulièrement hautes, la teneur en chlorure demeure en dessous de la valeur limite de l'O'Eaux, ici représentée par une droite. En 2007 et en 2008 on ne voit pas de pic à la station 2M comme en 2015. De plus la concentration de chlore tend à augmenter au fil des deux rivières, ce qui semble étonnant vu nos premières conclusions. C'est en 2009 que l'on observe pour la première fois une forte montée de la teneur en chlorure dans l'eau entre les stations 1 et 2. Est-ce le signe que les STEP's ont été construites seulement après les mesures de 2008 ? Difficile à dire, mais il paraît dans tous les cas difficile à croire que toute une zone des hauts de Lausanne n'ait eu accès au traitement des eaux usées seulement à partir de l'année 2009. Il semble beaucoup plus probable que cet accroissement subit soit dû à un changement de traitement ; peut-être utilise-t-on beaucoup plus le chlore qu'à l'époque ? En revanche, le plus surprenant demeure les pics qui surviennent à la station 3M en 2010 et à la station 8S en 2009 et 2010, ainsi que celui de la station 5M en 2013, car il n'y a pas de STEP dans les environs de ces stations. S'est-il produit un événement particulier durant ces années-là ? N'oublions pas, que le chlore est massivement utilisé dans les piscines et que celle de Renens se situe proche de la Chamberonne. Toutefois cela n'explique pas les hautes doses de chlorure en amont. Le chlore est aussi beaucoup utilisé dans la production d'antiseptiques, de colorants, d'insecticides, de médicaments ou encore de dissolvants, en bref beaucoup de sources possibles dans l'environnement. Notons que la Sorge passe sous la grande zone industrielle de Crissier et que des champs se trouvent dans le voisinage de la station 8M, éclairant ainsi partiellement l'origine des augmentations brutales observées.

3.6 Les Sulfates

On appelle sulfate toute molécule composée d'un ion sulfate SO_4^{2-} . Les sulfates sont très variés et très présents dans notre environnement à cause des nombreuses utilisations que nous en faisons. Les sulfates de potassium, d'ammonium et de magnésium sont notamment utilisés dans l'agriculture comme engrais. Le sulfate de cuivre est quant à lui utilisé en agriculture pour lutter contre les maladies fongiques et bactériennes. En outre le sulfate de fer est utilisé dans les teintures, les médicaments ainsi que les encres et les pigments. Une bonne partie de notre production est donc concernée par les sulfates.

Le sulfate est un nutriment essentiel pour les algues. Présent en trop forte quantité il peut engendrer, avec d'autres éléments, le phénomène d'eutrophisation des cours d'eau. Il se produit tout d'abord une baisse de la diversification des algues, les espèces résistantes se développant de façon excessive. A la fin de la poussée saisonnière les algues se décomposent et il se produit un accroissement considérable de la matière organique. La consommation de l'oxygène dissous est alors de plus en plus rapide, établissant ainsi des conditions peu favorables aux organismes aérobies. Le stade final, dans le pire des cas, est la « mort » du cours d'eau dans lequel il ne subsiste presque plus d'organismes vivants. L'étude des sulfates prend alors toute son importance.

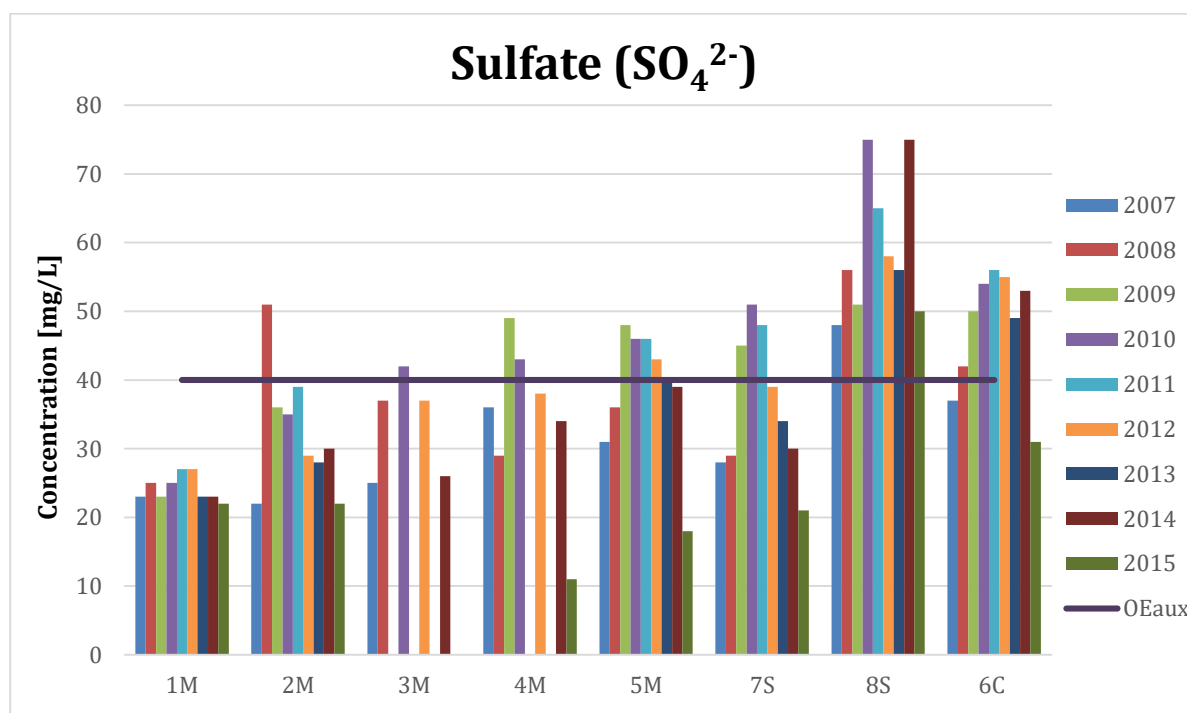
A l'annexe 2 chap. 22, l'OEaux donne une valeur limite de 40 mg/L, pour la concentration des sulfates dans l'eau du sous-sol destinée à la consommation.



Nous constatons cette fois-ci que la présence des deux STEPs entre les stations 1 et 2 n'a aucune incidence sur la concentration observée dans l'eau. Cela signifie que les STEPs ne rejettent pas plus de sulfates qu'il y en a à l'origine dans la rivière, ce qui est une très bonne chose. On assiste ensuite à une diminution de moitié de la teneur en sulfate, plutôt surprenant connaissant la grande zone agricole que la Mèbre traverse

entre Cugy et Crissier. Toutefois, l'usage des sulfates dans l'agriculture dépend peut-être du type de culture ainsi que des méthodes agricoles mises en œuvre (ex : agriculture biologique). En revanche, la concentration particulièrement élevée mesurée à la station 8 de la Sorge aux alentours de l'EPFL, qui dépasse la valeur limite de l'OEaux de 10 mg/L, n'est pas étonnante. Après être passée sous la zone industrielle de Crissier, la Sorge arrive au pied de la colline d'Ecublens utilisée pour l'agriculture. Les parcelles agricoles au bas de la colline sont situées à environ 500 mètres de la rivière. Nous pouvons donc supposer avec une certaine assurance que les pratiques agricoles du village d'Ecublens sont en partie la cause de la forte teneur en sulfate observée à cet endroit. La valeur mesurée à la station 6 est très sûrement due à la jonction de la Sorge et de la Mèbre, mais les champs situés à moins de 100 mètres au nord ont probablement contribué à la présence des sulfates.

D'autre part, une plus grande présence de sulfate dans l'eau représente un apport d'ions négatifs qui participe à l'accroissement du pH. L'évolution de ce dernier a l'air de suivre plus ou moins l'évolution du sulfate, sauf pour la station 8, ce qui est assez étrange. Une telle augmentation des charges négatives devrait avoir une incidence sur le pH. Cet apport excessif en ions n'a d'ailleurs pas plus d'impact sur la conductivité. En revanche, les variations de conductivité suivent assez bien celles du sulfate, mais en des proportions largement réduites.



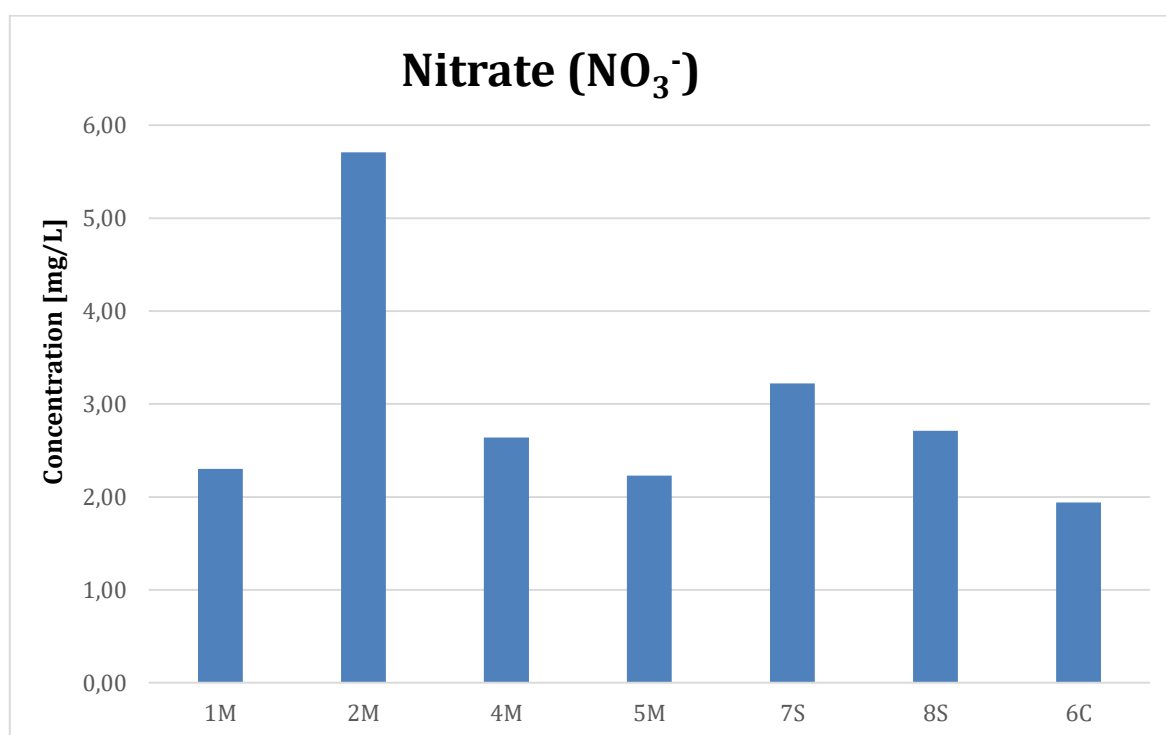
Nous pouvons remarquer une tendance plus ou moins généralisée de l'augmentation des quantités de sulfate dans l'eau. Cette tendance à la hausse de l'amont à l'aval doit dépendre des activités humaines présentes aux alentours des cours d'eau. Quant à l'augmentation au fil des années, cela doit être dû à l'utilisation croissante des sulfates dans l'industrie et l'agriculture. D'un autre côté, il est inattendu mais plutôt positif de constater que les valeurs mesurées en 2015 sont les plus basses pour la plupart des stations, peut-être un signe que l'utilisation des sulfates commence à

décroître. Il n'en demeure pas moins qu'un nombre non négligeable de valeurs dépasse la limite fixée pour les eaux potables, et ce jusqu'à 35 mg/L au-dessus de la limite. L'équilibre en nutriments des cours d'eau a donc été plutôt malmené ces dernières années.

3.7 Les Nitrates

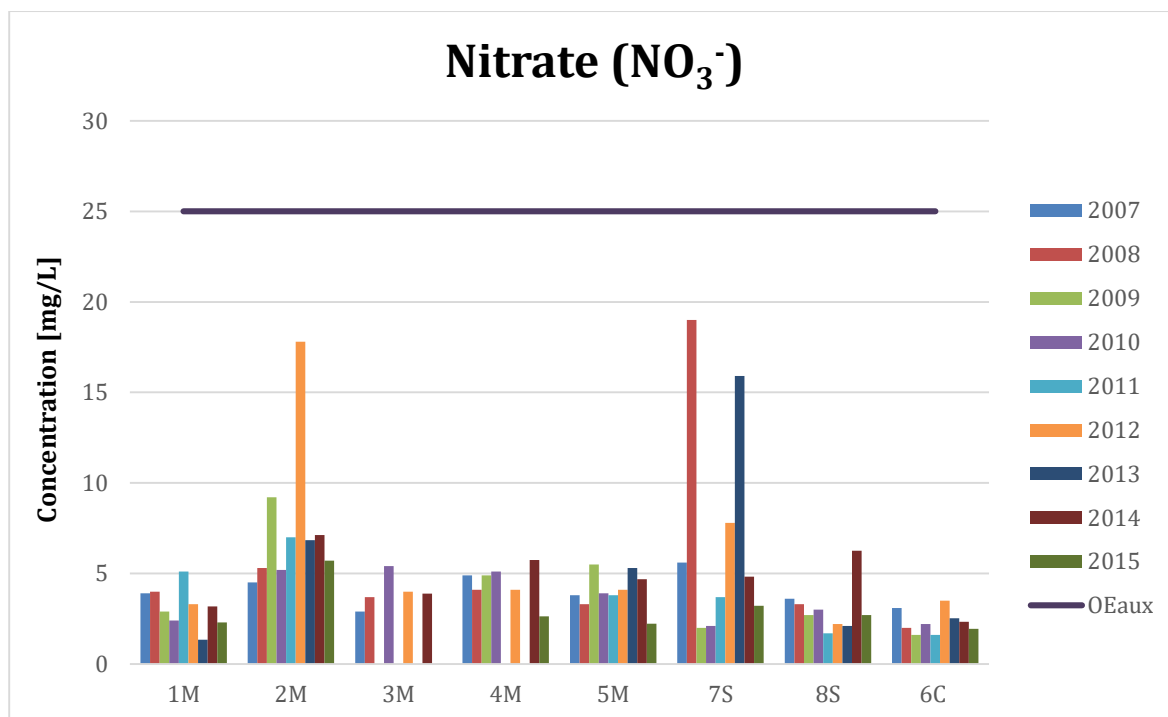
Les nitrates désignent les sels et les esters contenant l'ion nitrate NO_3^- . Le nitrate étant un élément essentiel aux algues sans pour autant être un nutriment limitant pour leur croissance, il est un agent important de l'eutrophisation des cours d'eau. Les nitrates peuvent en outre avoir des effets négatifs sur la santé humaine mais leur toxicité est encore discutée. Les trois formes de nitrate les plus utilisées sont les nitrates de potassium, de sodium et d'ammonium, surtout utilisés comme engrais par l'agriculture. Sous un autre aspect, les nitrates sont produits en grandes quantités dans les égouts par les déchets organiques. De plus ils se retrouvent dans la combustion de matières organiques et de combustibles fossiles. Une présence excessive de nitrates dans l'eau est ainsi un indicateur d'une pollution à la fois agricole, urbaine et industrielle. L'enjeu des nitrates couvre alors plusieurs pans de notre société.

L'exigence pour les valeurs de nitrate de l'OEaux en ce qui concerne l'eau potable est donnée à l'annexe 2 chap.12 et est fixée à 25 mg/L de NO_3^- .



Aucune des valeurs mesurées cette année ne dépasse la limite imposée par l'OEaux. La valeur la plus élevée que nous observons est même cinq fois moindre que la valeur limite. Ce pic de concentration survient d'ailleurs à la station 2, soit en aval des deux stations d'épuration de la Mèbre. L'OEaux ne donne pas d'exigence en nitrate pour le déversement des eaux polluées. Il est toutefois possible que les STEPs n'aient pas une exigence assez élevée et déversent trop nitrate dans les cours d'eau.

Par ailleurs la concentration de nitrate suit une évolution très similaire à celle du chlorure, également déversé dans la rivière à la sortie des stations d'épurations. La teneur des eaux en nitrates influence donc positivement le pH et la conductivité, dans le sens où plus la présence des nitrates augmente plus le pH et la conductivité sont élevés. La proportion de variation reste néanmoins différente et difficilement explicable avec nos connaissances.



En comparant nos données avec celles des autres années on constate que la valeur limite de concentration des nitrates n'est à aucun moment dépassée. Si l'on ne tient pas compte des valeurs aberrantes observées aux stations 2M et 7S, nous pouvons dire que l'évolution des quantités de nitrate est assez homogène entre 2007 et 2014 et tend à suivre la même tendance qu'en 2015. Nous retrouvons un pic plus ou moins marqué à la station 2, renouvelé souvent dans une moindre proportion à la station 7, ce qui est assez logique puisque toutes deux se trouvent en aval de STEPs et que la station 7 se situe plus en aval que la station 2 par rapport aux stations d'épuration, ce qui permet une plus grande dilution des nitrates dans la rivière. Les valeurs particulièrement élevées que nous remarquons, si elles n'ont pas été causées par des erreurs de mesures, correspondent probablement à des années où les STEPs ont déversé de plus grandes quantités de nitrates dans les cours d'eau, pour des raisons qui nous sont inconnues. Le pic, bien moindre que ceux décrit ci-dessus, a sûrement été produit par l'utilisation d'engrais dans les champs situés sur la colline d'Ecublens. Nous pouvons difficilement en conclure davantage.

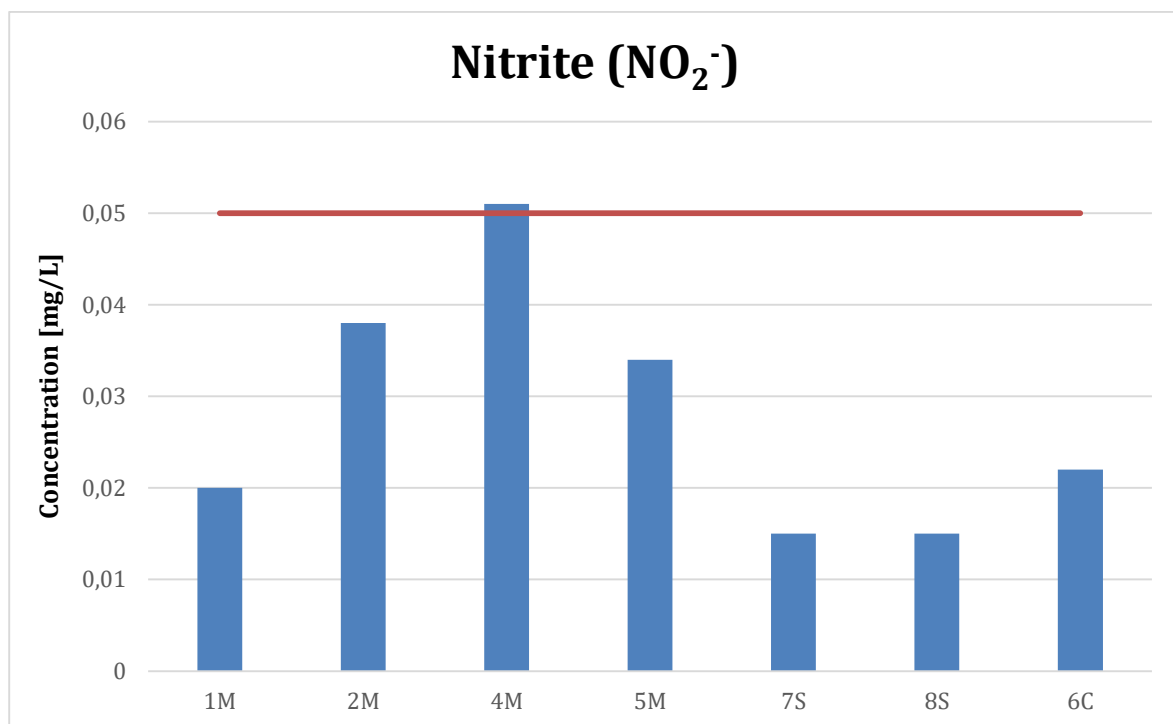
3.8 Les Nitrites

Les nitrites sont les sels de l'acide nitrique et sont formés par un ion nitrite NO₂⁻. Ils se distinguent des nitrates par leur capacité à se lier aux métaux. Le nitrite est notamment produit par la dégradation de l'ammoniac des plantes par les bactéries

Nitrosomonas avant d'être converti par les *Nitrobacters* en nitrate qui peut ensuite être utilisé par les plantes. De plus les nitrites sont facilement oxydés par les chlorures si ceux-ci sont présents en quantité suffisante. La toxicité des nitrites dépend donc fortement de la concentration des ions chlorures.

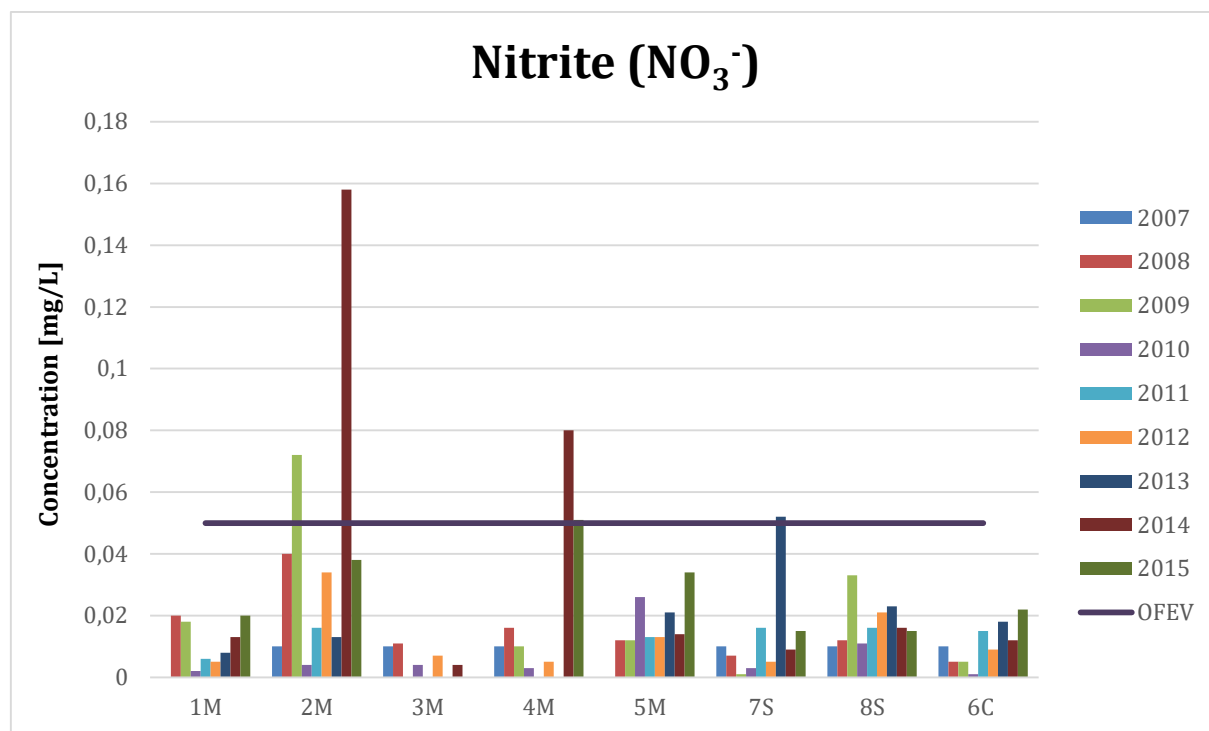
Les nitrites sont entre autres utilisés en agriculture comme engrais, afin de fournir du nitrate aux plantes par l'intermédiaire des bactéries nitrifiantes. Il est aussi utilisé pour la conservation de la viande et on le retrouve par ailleurs dans l'industrie des colorants organiques. Il y a donc des risques que des nitrites soient lâchés dans l'environnement par les activités humaines. Si le nitrite est ingéré en trop grande quantité, il empêche l'hémoglobine de fixer l'oxygène, causant ainsi de graves problèmes chez l'homme et les mammifères. Le nitrite présente donc un enjeu important pour la santé et l'environnement.

Selon le guide des *Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments* publié par l'Office Fédéral de l'Environnement (OFEV), le seuil maximal pour les nitrites est défini à 0,05 mg N/L et c'est cette limite que nous allons prendre pour éprouver nos résultats. Remarquons que cette valeur limite est donnée par rapport à la concentration d'azote et non de nitrite. Il peut y avoir une différence entre les deux, mais à défaut d'autre chose nous prendrons cette valeur-là.



On peut voir sur le graphique ci-dessus que la concentration de nitrite croît progressivement entre les stations 1 et 4 de la Mèbre avant de diminuer. En revanche la dose de nitrite reste stable le long de la Sorge avant de se mêler à la Mèbre et de voir sa concentration de nitrite augmenter légèrement. Nous pourrions nous attendre à ce que le nitrite évolue de façon inverse au nitrate, sachant qu'il est transformé par les *Nitrobacters*, mais c'est en oubliant que le nitrite est un produit intermédiaire et qu'il est produit à partir de l'ammoniac. Cela pourrait donc expliquer l'évolution de la quantité de nitrite présente dans l'eau. Il faudra pour cela comparer ces résultats avec ceux de

l'azote ammoniacal afin d'en dégager une corrélation plausible. Mis à part ça, le nitrite évolue de façon assez similaire au nitrate.



Les résultats sont assez hétérogènes d'une année à l'autre. Même l'évolution le long du cours d'eau n'est pas semblable ni stable, à en juger par les variations brutales de 2014. Cette année-là, la concentration de nitrite augmente brutalement jusqu'à 0.16 mg/L soit trois fois la valeur limite avant redescendre plus bas que la valeur de la station 1M. Puis la concentration montre un nouveau pic de 0.08 mg/L à la station 4 cette fois-ci. Cette teneur élevée en nitrite finit par diminuer jusqu'à une faible quantité en aval de la rivière. Alors est-ce que ces pics inattendus sont le fruit d'erreurs de mesure ou d'activités humaines spécifiquement fortes en 2014 dans les hauts de la Mère ? Il est pour nous très difficile de départager ces deux hypothèses car nous manquons cruellement d'informations. En revanche ce que nous savons, c'est que la rivière traverse des régions agricoles dans la région au nord de Crissier, notamment entre Cugy et Romanel-sur-Lausanne. Les nitrites étant utilisés comme engrais en agriculture, il est tout à fait envisageable qu'une forte quantité de produits à base de nitrite aient été utilisés plus particulièrement cette année-là dans ces parcelles agricoles. En ce qui concerne les autres années la tendance est assez variable. Il se produit parfois une hausse à la station 8 qui peut être expliquée par la proximité des activités agricoles, tout comme pour les augmentations observées à la station 6 qui se trouve à moins de 100 mètres d'une parcelle agricole.

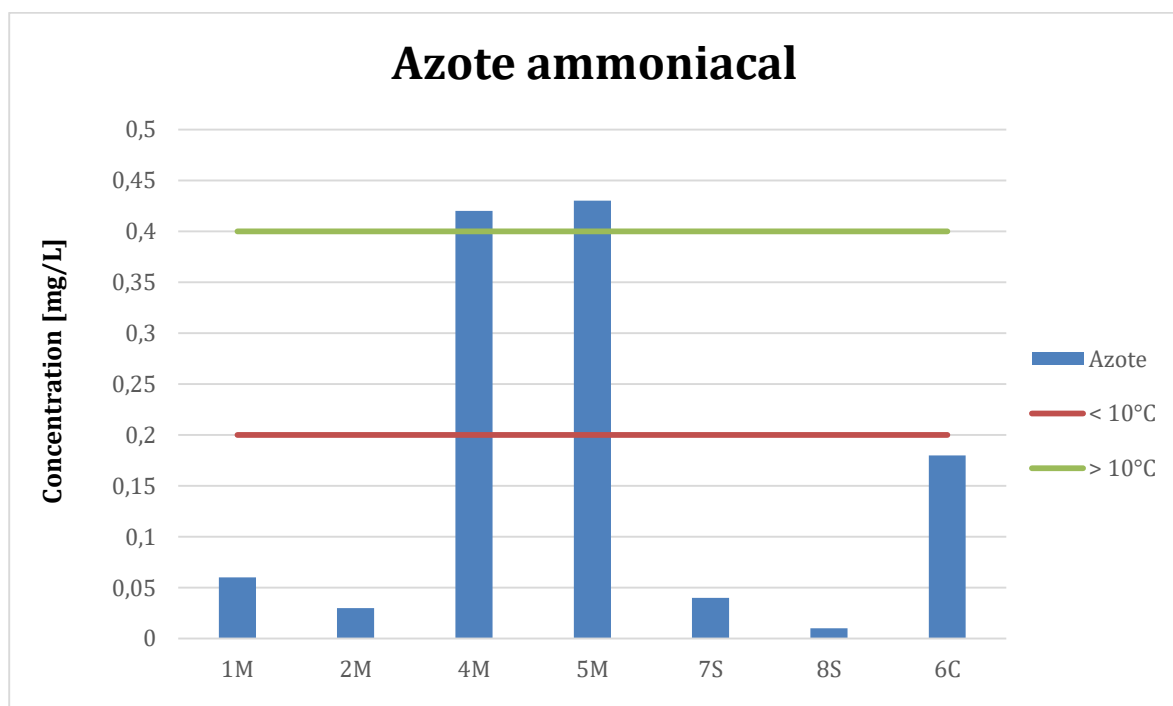
De façon générale la teneur en nitrite de l'eau est acceptable et demeure en-dessous du seuil de l'OFEV. On ne peut pas interpréter plus sans se risquer à des hypothèses inappropriées.

3.9 L'Azote ammoniacal

L'azote ammoniacal, provenant de l'ammoniac (NH_4^+), est produit par la décomposition de la matière organique par les microorganismes avant d'être transformé en nitrite puis en nitrate. L'ammoniac, qui contient 82% d'azote, est utilisé comme engrais agricole et est ainsi injecté directement dans le sol sous forme liquéfiée. Ayant des capacités thermodynamiques excellentes il est également utilisé comme réfrigérant industriel. L'ammoniac peut être particulièrement toxique et nocif pour la santé humaine. Un taux d'ammoniac trop élevé dans le sang entraîne entre autres un dysfonctionnement du foie.

La présence d'azote ammoniacal est en général assez faible dans les eaux de surface. Une augmentation de la concentration d'azote ammoniacal est alors le signe d'une pollution agricole ou industrielle, ou encore d'un mauvais traitement des eaux usées par les stations d'épuration.

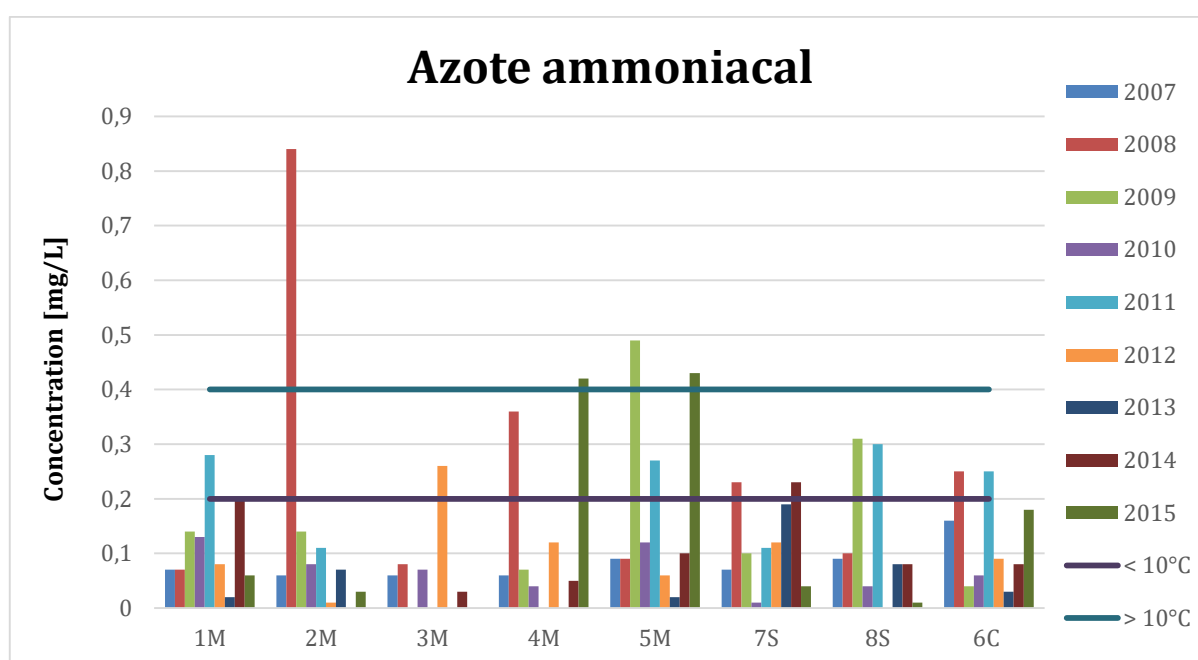
L'annexe 2 chap. 12 de l'ordonnance l'OEaux pose la valeur limite de l'azote ammoniacal à 0.2 mg/L pour une température inférieure à 10°C et à 0.4 mg/L pour une température supérieure à 10°C. L'ammoniac a la particularité d'augmenter en concentration avec la température. Il est donc nécessaire de placer une limite plus élevée pour des températures plus hautes que 10°C.



En regardant le graphique des températures nous savons que la température de l'eau est supérieure à 10°C pour toutes les stations sauf la 8S, où la température a été mesurée 8.5°C. C'est donc la limite inférieure qui s'applique à cette station de la Sorge dont la concentration en azote ammoniacal est de seulement 0.01 mg/L, soit largement en dessous de la valeur limite qui est 20 fois plus élevée. En ce qui concerne les autres valeurs, auxquelles s'applique la limite supérieure, seules celles des stations 4 et 5 dépassent le seuil maximal imposé par l'OEaux. En revanche, même si ces valeurs

paraissent élevées ce n'est qu'à des concentrations de l'ordre de 2 mg/L et à un pH entre 7.4 et 8.5 que la faune aquatique peut être gravement atteinte.

La teneur en ammoniac aux deux premières stations de la Mère sont très faibles et correspondent à une forte augmentation du nitrate. Il s'ensuit les deux pics des stations 4 et 5 qui dépassent la valeur limite alors que la quantité de nitrate présente diminue de moitié. Il est très probable que ces variations soient dues à la réaction de nitrification qui dégrade l'ammoniac en nitrate, cela expliquerait alors l'évolution inverse de l'ammoniac par rapport au nitrate. La Sorge quant à elle ne contient qu'une très faible quantité d'azote ammoniacal, sûrement à cause de la faible présence originelle d'ammoniac dans la rivière. La mesure de la station 6 donne l'impression que la concentration de la Sorge augmente mais cet accroissement est simplement lié au mélange des deux rivières qui dilue la concentration d'ammoniac de la Mère dans la Sorge et résulte en un taux d'azote intermédiaire.



Toutes les températures enregistrées ces dernières années sont supérieures ou égales à 10°C sauf celle de 2015 à la station 8 et celle de 2010 à la station 6. Pour ces deux mesures c'est donc la valeur limite inférieure qui s'applique. Nous pouvons voir sur le graphique ci-dessus que ces deux valeurs sont bien en-deçà de la limite. De manière générale les autres mesures respectent assez bien le seuil maximal, même s'il est légèrement dépassé aux stations 4 et 5 de la Mère en 2009 et en 2015. La valeur la plus élevée mais aussi la plus étonnante est celle de 2008 mesurée à la station 2M et qui avoisine 0.85 mg/L.

Nous pouvons voir que les teneurs en azote ammoniacal sont très variables d'une année à l'autre, voire même d'une station de mesure à l'autre, surtout le long de la Mère. Alors que les concentrations de l'année 2007 sont très stables, 2008 affiche une évolution en dents de scie. La concentration d'azote, qui est originellement de 0.07 mg/L, grimpe à 0.84 mg/L à la deuxième station, soit juste en aval des deux STEPs. La présence de ces stations d'épuration serait-elle la cause de cette augmentation subite ? Probable, mais les STEPs ne sont pas sensées relâcher autant d'ammoniac dans l'eau, la preuve en regardant les résultats des autres années. Nous pouvons voir sur Google Map

que la rivière est entourée de champs agricoles dans cette région. Cette hausse brutale, si l'on écarte l'hypothèse de l'erreur de mesure, a bien pu être causée par l'usage intensif d'ammoniac par les paysans des environs. En revanche, la diminution d'azote qui s'en suit est pour le moins drastique. On ne distingue même pas de hausse de la quantité de nitrate présent dans l'eau, signe que l'ammoniac n'as pas été dégradé. A croire que la supposition d'une erreur dans les mesures est bien fondée.

On peut remarquer que la station 6C est parfois le lieu d'augmentations inattendues d'azotes (années 2007, 2008 et 2015). Elles ne sont pas explicables par le mélange des deux affluents. Cet apport soudain peut provenir de la parcelle agricole située près de la piscine de Renens, à moins de 100 mètres de la station de mesure de la Chamberonne. Par ailleurs, une vive augmentation de concentration est parfois observée aux stations 4 et 5, soit dans les environs de la zone industrielle de Crissier. Ces hausses soudaines n'étant qu'épisodiques, c'est à se demander s'il n'y aurait pas eu quelque contamination du cours d'eau à la suite de fuites ou de déversements accidentels. Rappelons seulement que l'usage de l'ammoniac comme réfrigérant industriel est très répandu et qu'une fuite due à un tuyau percé est toujours possible.

En dehors de ces quelques observations, il nous est difficile de dégager une tendance claire de toutes les mesures effectuées au cours des années ainsi que d'expliquer l'origine des différentes variations inattendues.

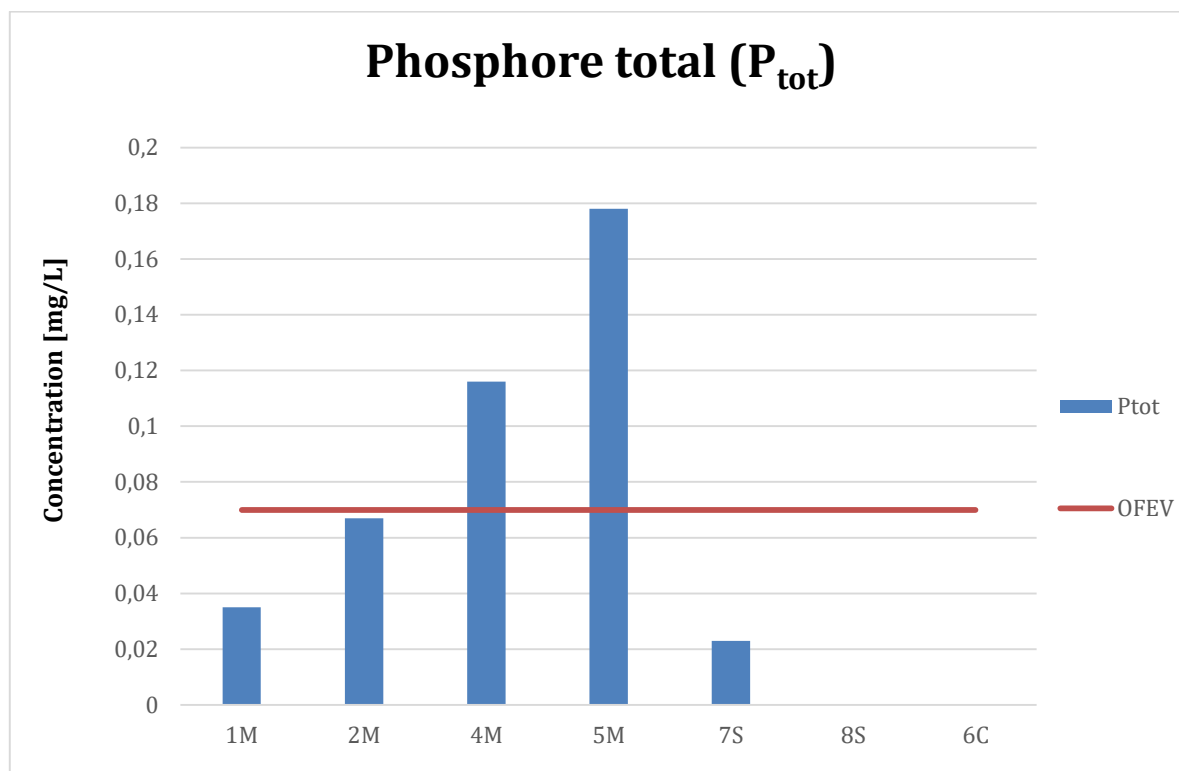
3.10 Le Phosphore total

Selon l'OFEV, le phosphore total (P_{tot}) englobe à la fois les composés phosphorés organiques et inorganiques. Il n'est présent naturellement dans l'environnement qu'en faibles quantités. Le phosphore est un élément nutritif essentiel ainsi qu'un facteur limitant de la croissance des organismes végétaux aquatiques. Il est ainsi l'agent le plus puissant de l'eutrophisation. Il est donc important de surveiller la quantité de phosphore total présent dans les lacs et les cours d'eau, afin de préserver la flore et la faune aquatique ainsi qu'une bonne qualité de l'eau.

Le phosphore est particulièrement présent dans les effluents domestiques et industriels. La plus grande part du phosphore total présent dans les eaux usées se trouve sous forme inorganique dissoute. Les STEP's doivent donc effectuer un traitement de haute qualité afin d'éviter un afflux trop important de phosphore dans les eaux de surface comme les cours d'eau. Le phosphore est par ailleurs abondamment utilisé en agriculture comme engrais sous forme de phosphate. Les agriculteurs peuvent entre autres utiliser du phosphate d'ammoniac. Nous regarderons donc s'il y a une relation entre les concentrations d'azote ammoniacal et de phosphore.

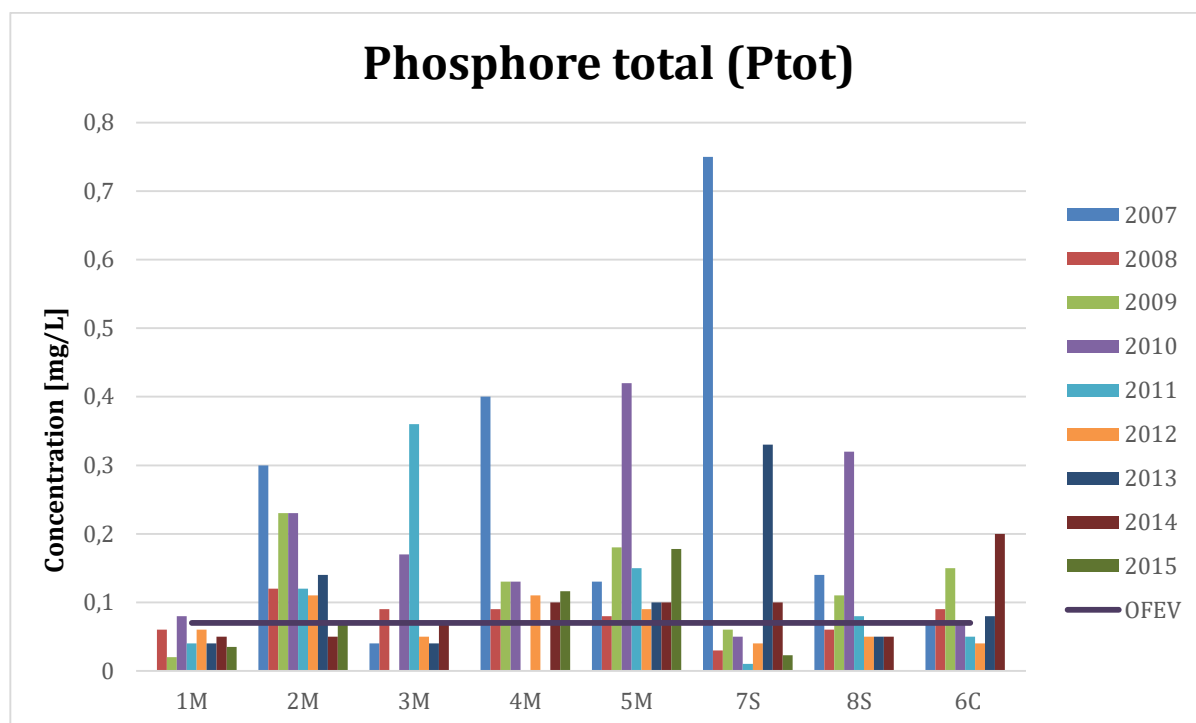
On retrouve également le phosphore dans des alliages, des détartrants ou encore dans le dentifrice. Le phosphore est donc un élément très répandu dans notre quotidien. Mais bien qu'il soit un élément essentiel, à l'état pur et en trop forte dose il devient toxique et corrosif pour l'organisme. La protection des eaux contre des teneurs trop élevées en phosphore est donc aussi un intérêt de santé publique.

Comme l'ordonnance OEaux ne prescrit aucune valeur pour la teneur en phosphate total, nous prenons l'exigence donnée par le guide des *Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments* de l'OFEV. Il pose la valeur limite de 0.07 mg/L pour le phosphore total non filtré.



Nous observons très clairement une augmentation progressive de la quantité de phosphore totale présente dans l'eau au fil de la Mère. Il n'y a pas de pic à la station 2, après les deux stations d'épuration, à l'inverse de ce que nous avions pensé. Cela signifie que les deux STEPs en amont ne déversent pas de phosphore en quantité trop élevée, la preuve est que la mesure de la station 2 ne dépasse pas la limite de l'OFEV. Cette augmentation progressive quant à elle doit être due à l'accroissement des activités humaines comme l'agriculture et l'industrie en aval de la rivière. Rappelons que la Mère est entourée de champs sur toute une partie de sa longueur dans les hauts de Lausanne et qu'elle finit par traverser la zone industrielle de Crissier. La Sorge en revanche ne contient que très peu de phosphore en amont et chute ensuite à zéro. Les valeurs mesurées à l'aval de la Sorge et de la Chamberonne paraissent vraiment impensable. Comment la Sorge pourrait-elle ne contenir aucune présence de phosphore alors qu'elle vient de passer sous une zone industrielle et qu'elle longe des parcelles agricoles, comme celles d'Ecublens. Et la concentration nulle que nous voyons à la station 6 est impensable sachant que la Sorge se mêle à la Mère et que celle-ci contient plus du double de phosphore que la valeur limite juste avant la jonction des deux cours d'eau. Ces deux valeurs aberrantes ne sont définitivement explicables que par des erreurs de mesures.

Nous ne trouvons pour l'instant aucune corrélation entre le phosphore total et l'azote ammoniacal.



Nous devons tout de suite préciser que nous n'avons pas tenu compte de la valeur de la station 1M de 2007 qui était particulièrement élevée (3.2 mg/L) et empêchait de bien visualiser l'évolution des autres valeurs, rendues trop petites sur le graphique.

Il est vrai que cette première observation en amont de la Mère est très étonnante. Surtout que la station 1 se trouve très en amont de la rivière, offrant ainsi peu d'occasion de pollution. Alors évidemment, il a toujours pu survenir un accident, contaminant ainsi fortement le cours d'eau, mais au vu de la chute brutale de la concentration du phosphore (diminuée de 10 fois) constatée entre cette station et la suivante (2M), nous sommes plutôt amenés à penser que cette valeur excessive provient d'une erreur de mesure. Mis à part cette valeur étrange, un bon nombre des quantités de phosphore mesurées dépasse la valeur limite. Il paraît alors évident que la qualité de l'eau n'a pas été suffisante au cours des dernières années. La Mère et la Sorse ont peut-être même déjà subi les désagréments de l'eutrophisation.

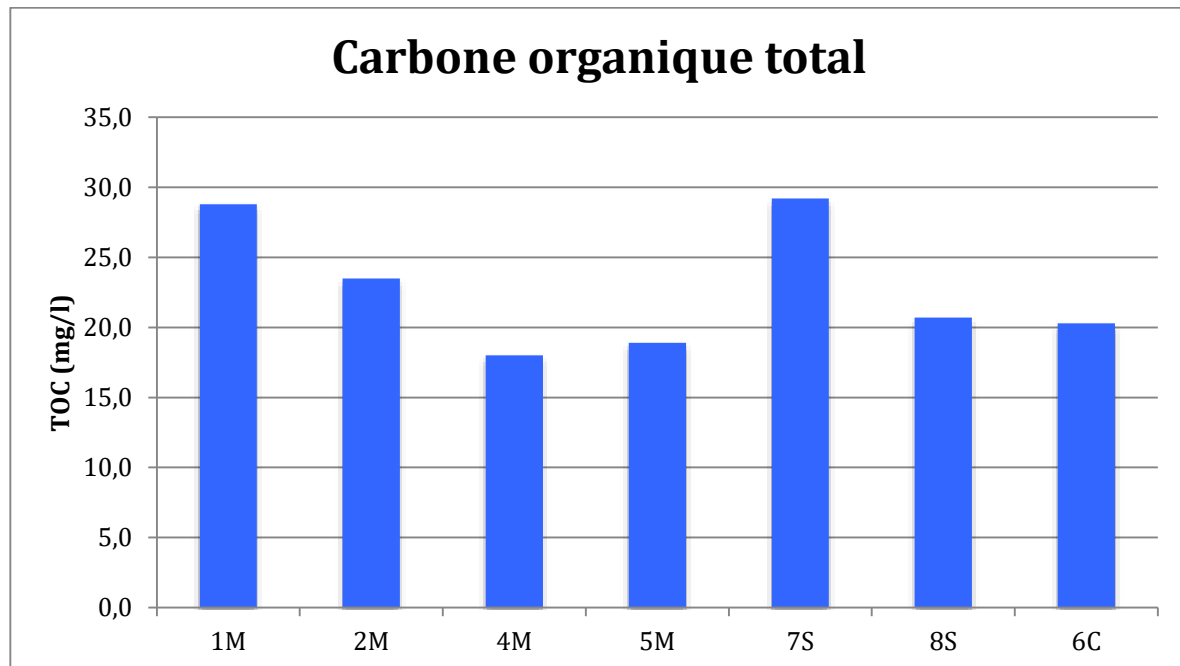
Il est très difficile de distinguer une tendance générale au fil des deux cours d'eau sur toute la période étudiée. Les valeurs sont d'ailleurs très inégales le long de la rivière pour une même année. Tout ce que l'on peut déduire est que la limite est peu respectée et que ces hautes doses de phosphore dans l'eau sont sûrement causées par l'usage intensif des phosphates comme engrais ainsi que par des fuites industrielles.

3.11 Carbone organique total (TOC)

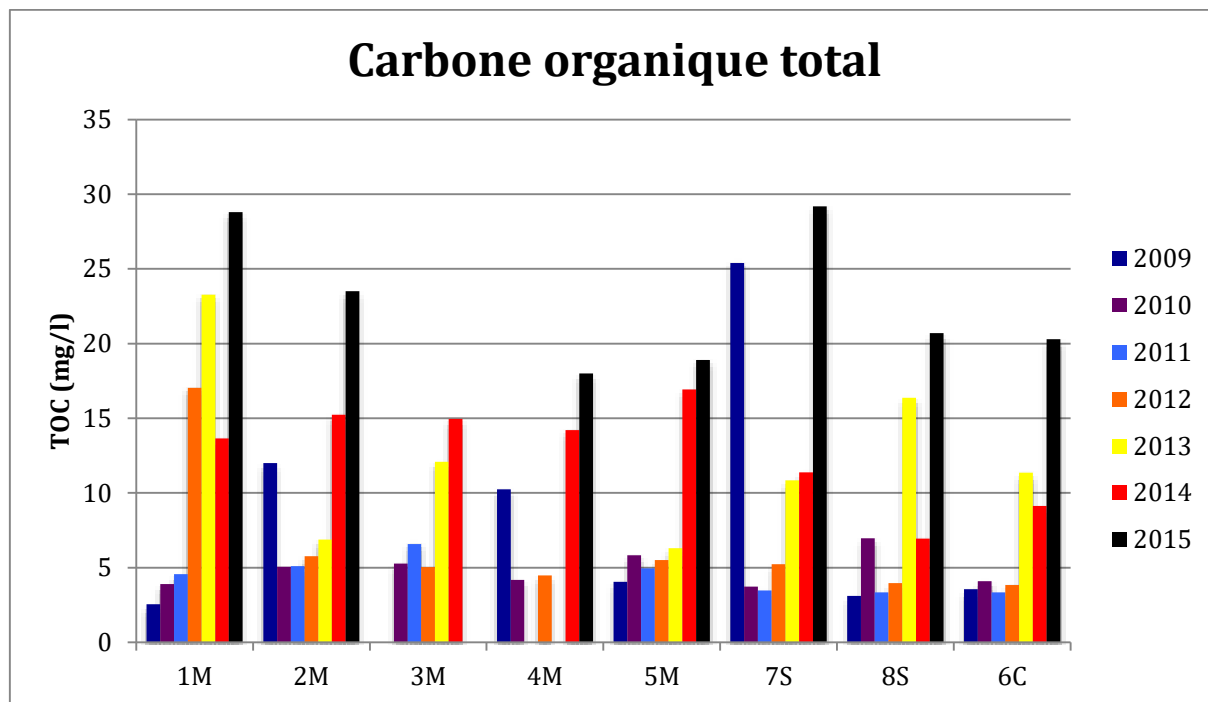
Le carbone organique total (TOC) trouvé dans un échantillon d'eau correspond à la quantité de carbone organique dissous (DOC) ainsi qu'au carbone organique non dissous, comme par exemple des fragments de feuilles ou d'algues. Le TOC est utilisé comme indicateur non spécifique de la qualité de l'eau d'une rivière.

Une valeur de TOC élevée signifie qu'il y a trop de nutriments limitants pour les plantes dans la rivière. Cela conduit à une efflorescence algale et une eutrophisation du

milieu. Celles-ci vont finir par être dégradées par des microorganismes gourmands en oxygène, dont le taux va chuter dans la rivière, ce qui mène à des conditions anoxiques et met à mal la vie de la faune et de la flore aquatiques.



La quantité décroissante du carbone organique total trouvé dans la rivière entre les points 1M et 4M peut être expliquée par l'occupation des berges. En effet, les points 1M et 2M sont situés dans des zones forestières, ce qui implique qu'une grande quantité de feuilles mortes tombent dans le cours d'eau et contribuent fortement à la quantité de carbone organique total. Cette tendance, qui est spécialement marquée au mois de septembre n'est pas forcément la même au fil des saisons. Cette tendance est aussi visible entre le point 7S, en amont de la Sorge et en zone forêt, et le point 8S qui se trouve à proximité de l'EPFL et d'une région très urbanisée et industrialisée.



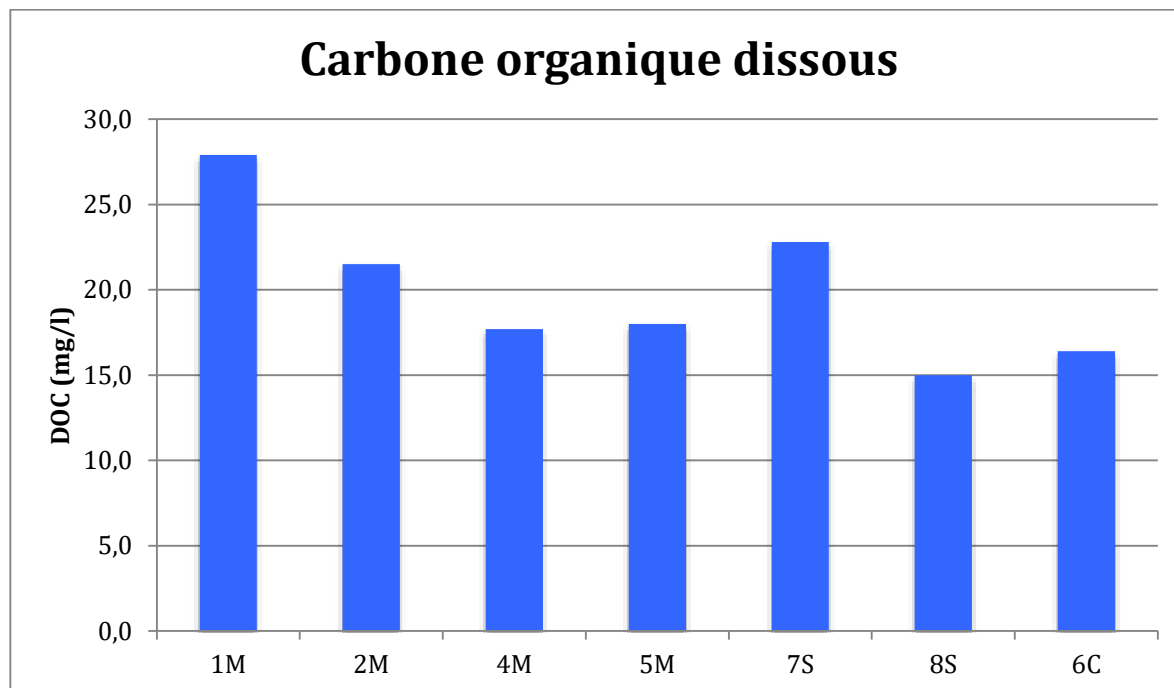
Nous pouvons voir sur le graphique montrant l'évolution des concentrations en carbone organique total que la même tendance que précédemment se retrouve. En effet, nous observons presque constamment une concentration en TOC plus élevée dans les stations de mesure en amont que celle située plus en aval. L'explication imputant la responsabilité de ces valeurs élevées aux berges densément boisées reste valable.

Les mesures depuis 2009 ont toutes été faites en automne, d'où une bonne corrélation entre les tendances trouvées d'une année à l'autre.

On peut tout de même observer de très fortes variations au sein d'une même station d'une année à l'autre. Malgré tout, une tendance à la hausse est visible à chaque endroit considéré entre les valeurs mesurées de 2009 à 2012 et celles mesurées de 2013 à 2015.

3.12 Carbone organique dissous (DOC)

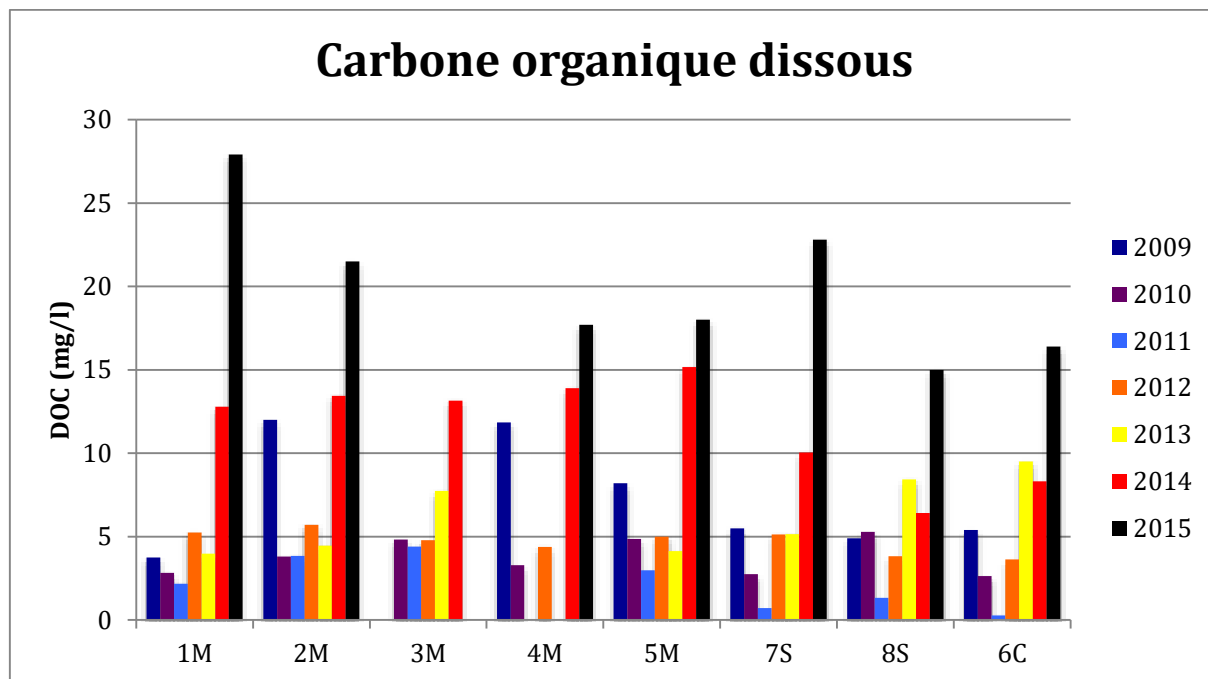
Comme son nom l'indique, nous mesurons ici la part de carbone organique dissous dans l'eau. Cette quantité est systématiquement plus petite que celle trouvée précédemment avec le TOC.



La même tendance que précédemment est observable. Ceci n'est pas surprenant étant donné que la part de carbone organique non dissous change peu d'une station à l'autre. La quantité élevée relevée aux stations 1M et 2M ainsi qu'au point 7S est toujours imputable à la présence de berges fortement boisées.

Par ailleurs l'OFEV fixe des critères de qualité en ce qui concerne le carbone organique dissous (DOC). Une quantité acceptable en DOC se situe entre 1 et 4 mg DOC/L⁵. Cette valeur limite est largement dépassée de façon systématique depuis 2013.

⁵ <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983281/201510010000/814.201.pdf>



Au point 2M, nous observons aussi une forte concentration de nitrate ainsi que de nitrite au fil des années. Ceci peut expliquer la concentration élevée en DOC, qui serait issu de la dégradation des algues proliférant de par la présence de nombreux composés azotés. Les valeurs particulièrement élevées mesurées en 2015 peuvent aussi être causées par la petite crue observable le jour où l'on a effectué les prélèvements, charriant beaucoup de sédiments ainsi que des boues. Ceci est mentionné dans la LEaux art. 12 al. 5, qui stipule que les valeurs de 1 à 5 mg/L ne sont plus applicables en cas de crues ou d'étiages sévères⁶.

3.13 Qualité chimique

Nous allons ici nous aider des tables d'appréciation de la qualité chimique des cours d'eau données par le guide de l'OFEV déjà susmentionné (*Méthodes d'analyses et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments*). Nous nous en servons afin de dresser une appréciation générale de la « santé » des rivières étudiées que sont la Mèbre, la Sorge et la Chamberonne.

Les deux tableaux ci-dessous ont été composés à partir des tableaux 3a à 3d du guide de l'OFEV.

⁶ <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983281/201510010000/814.201.pdf>

Appréciation	P _{tot} non filtré [mg/L P]	Nitrites [mg/L N] (< 10 mg/L Cl ⁻)	Nitrites [mg/L N] (10-20 mg/L Cl ⁻)	Nitrites [mg/L N] (> 20 mg/L Cl ⁻)
Très bon	< 0,04	< 0,01	< 0,02	< 0,05
Bon	0,04 - 0,07	0,01 - 0,02	0,02 - 0,05	0,05 - 0,10
Moyen	0,07 - 0,10	0,02 - 0,03	0,05 - 0,075	0,10 - 0,15
Médiocre	0,10 - 0,14	0,03 - 0,04	0,075 - 0,10	0,15 - 0,20
Mauvais	≥ 0,14	≥ 0,04	≥ 0,10	≥ 0,20

Appréciation	Ammoniac [mg/L N] (< 10°C)	Ammoniac [mg/L N] (> 10°C ou pH > 9)	Nitrates [mg/L N]	DOC [mg/L C]	TOC [mg/L C]
Très bon	< 0,08	< 0,04	< 1,5	< 2,0	< 2,5
Bon	0,08 - 0,4	0,04 - 0,2	1,5 - 5,6	2,0 - 4,0	2,5 - 5,0
Moyen	0,4 - 0,6	0,2 - 0,3	5,6 - 8,4	4,0 - 6,0	5,0 - 7,5
Médiocre	0,6 - 0,8	0,3 - 0,4	8,4 - 11,2	6,0 - 8,0	7,5 - 10,0
Mauvais	≥ 0,8	≥ 0,4	≥ 11,2	≥ 8,0	≥ 10,0

Phosphore total

	1M	2M	3M	4M	5M	7S	8S	6C
2007	3,2	0,3	0,04	0,4	0,13	0,75	0,14	0,07
2008	0,06	0,12	0,09	0,09	0,08	0,03	0,06	0,09
2009	0,02	0,23		0,13	0,18	0,06	0,11	0,15
2010	0,08	0,23	0,17	0,13	0,42	0,05	0,32	0,07
2011	0,04	0,12	0,36		0,15	0,01	0,08	0,05
2012	0,06	0,11	0,05	0,11	0,09	0,04	0,05	0,04
2013	0,04	0,14	0,04		0,1	0,33	0,05	0,08
2014	0,05	0,05	0,07	0,1	0,1	0,1	0,05	0,2
2015	0,035	0,067		0,116	0,178	0,023	0	0

La qualité des cours d'eau en matière de phosphore totale nous paraît très disparate. Elle peut varier beaucoup le long de la rivière ainsi que d'une année à l'autre.

Nitrites

	1M	2M	3M	4M	5M	7S	8S	6C
2007	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,01
2008	0,02	0,04	0,011	0,016	0,012	0,005	0,007	0,012
2009	0,018	0,072		0,01	0,012	0,005	0,001	0,033
2010	0,002	0,004	0,004	0,003	0,026	0,001	0,003	0,011
2011	0,006	0,016			0,013	0,015	0,016	0,016
2012	0,005	0,034	0,007	0,005	0,013	0,009	0,005	0,021
2013	0,008	0,013			0,021	0,018	0,052	0,023
2014	0,013	0,158	0,004	0,08	0,014	0,012	0,009	0,016
2015	0,02	0,038		0,051	0,034	0,015	0,015	0,022

Le bilan de la qualité de l'eau en fonction des quantités de nitrites est vraiment très positif. La preuve, seulement trois mesures ne sont ni bonnes ni très bonnes. Remarquons que les valeurs moyennes ou insuffisantes se trouvent en amont de la rivière et qu'elles tendent plus ou moins à diminuer en se rapprochant du lac. Nous retrouvons une augmentation dans les environs des zones agricoles proches des stations 8S et 6C.

Notons qu'il a fallu tenir compte de la concentration de chlorure pour évaluer la qualité chimique en fonction de la teneur en nitrites. Rappelons simplement que les chlorures oxydent facilement les nitrites et que la toxicité de ceux-ci dépend de la présence des chlorures. En conclusion, plus la teneur en chlorure est élevée, plus le nitrite est oxydé et plus on peut tolérer une haute concentration en nitrite dans l'eau.

Azote ammoniacal

	1M	2M	3M	4M	5M	7S	8S	6C
2007	0,07	0,06	0,06	0,06	0,09	0,07	0,09	0,16
2008	0,07	0,84	0,08	0,36	0,09	0,23	0,1	0,25
2009	0,14	0,14		0,07	0,49	0,1	0,31	0,04
2010	0,13	0,08	0,07	0,04	0,12	0,01	0,04	0,06
2011	0,28	0,11			0,27	0,11	0,3	0,25
2012	0,08	0,01	0,26	0,12	0,06	0,12	0	0,09
2013	0,02	0,07			0,02	0,19	0,08	0,03
2014	0,2	0	0,03	0,05	0,1	0,23	0,08	0,08
2015	0,06	0,03		0,42	0,43	0,04	0,01	0,18

La qualité de l'eau en rapport à la quantité d'azote ammoniacal présente est dans l'ensemble assez bonne. Nous observons toutefois des valeurs considérées comme

mauvaises aux stations 2, 4 et 5. Malgré ces informations, nous n'arrivons pourtant pas à distinguer une tendance pour les valeurs de qualité insuffisante.

A noter que la teneur acceptable d'azote ammoniacal dans l'eau dépend essentiellement de la température. Certaines valeurs de température étaient de zéro alors qu'en amont et en aval la température se montait à 13 ou 16°C. Nous avons donc déduit que ces valeurs nulles étaient dues à des erreurs de mesures et nous les avons considérées comme supérieures à 10°C, en comparant avec les stations avoisinantes.

Nitrates

	1M	2M	3M	4M	5M	7S	8S	6C
2007	3,9	4,5	2,9	4,9	3,8	5,6	3,6	3,1
2008	4	5,3	3,7	4,1	3,3	19	3,3	2
2009	2,9	9,2		4,9	5,5	2	2,7	1,6
2010	2,4	5,2	5,4	5,1	3,9	2,1	3	2,2
2011	5,1	7			3,8	3,7	1,7	1,6
2012	3,3	17,8	4	4,1	4,1	7,8	2,2	3,5
2013	1,34	6,84			5,31	15,9	2,11	2,53
2014	3,18	7,12	3,89	5,74	4,68	4,83	6,26	2,34
2015	2,3	5,71		2,64	2,23	3,22	2,71	1,94

Nous pouvons dire, en regardant les concentrations de nitrates observées ces neuf dernières années, que la qualité est plutôt bonne malgré une dizaine de valeurs moyennes ou médiocres, voire carrément mauvaises. Les deux valeurs les plus élevées, qui sont observées aux stations 2 et 7, soit en aval de stations d'épuration et sont donc très sûrement dues aux déversements des eaux à la sortie des STEP. L'amélioration constatée entre 2012 et 2015 vient probablement de l'efficacité de nouveaux procédés ou traitements utilisés.

Carbone organique dissous

	1M	2M	3M	4M	5M	7S	8S	6C
2009	3,75	12		11,85	8,2	5,5	4,9	5,4
2010	2,825	3,795	4,83	3,29	4,865	2,75	5,285	2,64
2011	2,175	3,845	4,4		2,985	0,715	1,32	0,28
2012	5,2525	5,7035	4,7775	4,386	4,9925	5,1265	3,818	3,6335
2013	3,9825	4,457	7,738		4,122	5,1405	8,4385	9,501
2014	12,784	13,44	13,1405	13,8985	15,1725	10,043	6,4065	8,309
2015	27,9	21,5		17,7	18	22,8	15	16,4

La qualité générale des cours d'eau sur toute la période étudiée est assez mauvaise. On remarque même que la qualité tend à diminuer au fil des années jusqu'à devenir vraiment mauvaise. C'est le signe que le phénomène d'eutrophisation a bel et bien commencé à se produire dans la Mèbre et dans la Sorge. Toutefois on ne constate aucune corrélation entre les apports de nutriments (phosphore et azote) et la teneur en carbone organique. Par ailleurs, sur l'ensemble des valeurs de carbone organique dissous, seulement trois sont considérées comme très bonne, et ce uniquement en 2011. Il est alors évident que l'état des cours d'eau s'est détérioré ces dernières années.

Carbone organique total

	1M	2M	3M	4M	5M	7S	8S	6C
2009	2,55	12		10,25	4,05	25,4	3,1	3,55
2010	3,9	5,06	5,26	4,175	5,82	3,725	6,965	4,1
2011	4,56	5,09	6,57		4,955	3,46	3,35	3,335
2012	17,031	5,7565	5,0335	4,4655	5,501	5,219	3,9625	3,8265
2013	23,267	6,881	12,08		6,294	10,843	16,3625	11,347
2014	13,645	15,239	14,9545	14,205	16,927	11,387	6,936	9,1215
2015	28,8	23,5		18	18,9	29,2	20,7	20,3

Nous retrouvons ici la tendance négative observée ci-dessus, mais cette fois-ci avec le carbone organique totale. Il est ainsi tout à fait normal d'observer des corrélations puisque le carbone dissous est compris dans le carbone totale. En revanche la qualité de l'eau semble encore pire au regard du carbone organique total, puisque le TOC représente une plus grande quantité de carbone organique que le DOC. En effet, cette fois nous ne pouvons observer aucunes valeurs très bonnes, surtout que les valeurs considérées comme mauvaises ont « pris du terrain » et que certaines teneurs en carbone sont particulièrement élevées. En somme, cela ne nous rassure nullement sur la qualité des cours d'eau vaudois.

4. Analyse des micropolluants

Les micropolluants désignent les substances chimiques présentes dans l'environnement et qui sont toxiques à de très faibles doses. Ils peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.

4.1 Les PCBs

Les Polychlorobiphényles, appelés plus couramment simplement PCB, sont des composés aromatiques qui, comme leur nom l'indiquent, contiennent des atomes de chlore. Il est possible de synthétiser 209 sortes différentes de PCB, en agencant différemment les atomes de chlore et d'hydrogène autour des cycles aromatiques phényle. Les PCBs ont été très largement utilisés dès leurs premières productions par

Monsanto dans les années 1930, jusqu'en 1970. Leur stabilité était particulièrement intéressante, ainsi que leur caractéristique diélectrique et leur conductivité thermique. Ils étaient notamment utilisés dans les condensateurs et les transformateurs électriques.

En 1972, les PCBs ont été interdits en Suisse. Leurs effets éco-toxicologiques, lorsque qu'ils s'accumulent dans la biomasse, représentent un véritable problème sanitaire. Etant extrêmement peu dégradable, ils posent encore problème dans nos régions à l'heure actuelle. Comme exemple frappant, dans un tronçon de la Sarine la pêche est toujours interdite de par le taux trop élevé de PCBs trouvé dans la chair des poissons⁷. Cette contamination provient de l'ancienne décharge de la Pila située dans un méandre de la rivière qui contient une quantité conséquente de condensateurs usagés.

Les PCBs perturbant la vie aquatique se retrouvent principalement dans les sédiments de la rivière. Le lien entre leur concentration dans la biomasse aquatique et dans les sédiments est évident, c'est pourquoi nous allons analyser ces derniers afin de déterminer le risque qu'il y a pour les organismes vivants et pour l'homme également. D'après l'OFEV, les sédiments sont considérés comme étant faiblement voir pas contaminé lorsque leurs concentration en PCBs est en dessous de 10ng par g de sédiments⁸. Selon un document élaboré par MacDonald, la « Threshold Effect Concentration » d'après ses termes, c'est-à-dire la concentration seuil produisant un effet sur les organismes se situe à 59.8 ng/g de sédiment⁹.

Nous allons analyser les sédiments récoltés dans le tronçon de la Mèbre qui nous était attribué, c'est-à-dire la station 4M. Les résultats obtenus seront comparés tout d'abord aux autres groupes ayant prélevé leurs échantillons ailleurs dans la Mèbre, ou encore dans la Sorge et la Chambronne. Ensuite, nous mettrons en relation ces résultats avec les valeurs obtenues lors de la période 2008-2014. Pour finir, nous comparerons nos valeurs à certains seuils trouvés dans la littérature (OFEV et Macdonald).

4.1.1 Méthodologie

Dans cette section, le but est de d'étudier la concentration de 12 sortes de PCBs. Pour se faire, nous avons utilisé une extraction par ultrason pour séparer les PCBs de l'échantillon de sédiments et les concentrer dans de l'isooctane. La détermination des concentrations de chaque PCB a été ensuite faite à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse. L'appareil donne une réponse proportionnelle à cette concentration recherchée. Il faut donc effectuer des mesures sur des standards dont la concentration est connue afin de pouvoir déterminer la quantité de chaque espèce de PCB présente dans notre échantillon.

Le calcul de la concentration de chaque PCB par gramme de sédiment se fait à l'aide de la formule suivante :

$$1) C = (H_e/H_s) \cdot C_s \cdot (V/P)$$

⁷ <http://www.fr.ch/pila/fr/pub/peche.htm>

⁸ Polychlorobiphényles dans les eaux en Suisse

⁹ https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_09B02D25E8A3.P001/REF

Avec :

- C la concentration en PCB [ng/g]
- He la réponse de l'échantillon
- Hs la réponse du standard
- Cs la concentration du standard [ng/ml]
- V le volume final de l'extrait de l'échantillon [ml]
- P le poids de départ de l'échantillon de sédiment [g]

4.1.2 Résultats et discussion

Voici tout d'abord les valeurs obtenues en ce qui concerne les standards, qui vont nous permettre de trouver les concentrations des différents PCBs dans notre échantillon de sédiments.

Standard

PCBs	Réponse de l'appareil	Concentration [ng/ml]
CB28 (3)	15839518	33
CB52 (4)	8783148	46.9
CB101 (5)	5501376	36
CB149 (6)	4654959	35.9
CB118 (5)	7053380	30.8
CB153 (6)	4733798	32.8
CB105 (5)	7339504	26.4
CB 138 (6)	5272688	32.5
CB 128 (6)	5488322	31.5
CB156 (6)	4876950	25
CB180 (7)	3448323	29.1
CB170 (7)	2449294	30

Nous avons pris 10g de sédiments pour l'analyse. L'extraction des PCBs par ultrason et la concentration de ceux-ci dans de l'isooctane nous ont permis d'obtenir une fiole pesant 2.919g lorsque elle est remplie de la solution de PCB et 2.557g à vide. A l'aide de la masse volumique de l'isooctane, nous pouvons déterminer le volume se trouvant dans la fiole :

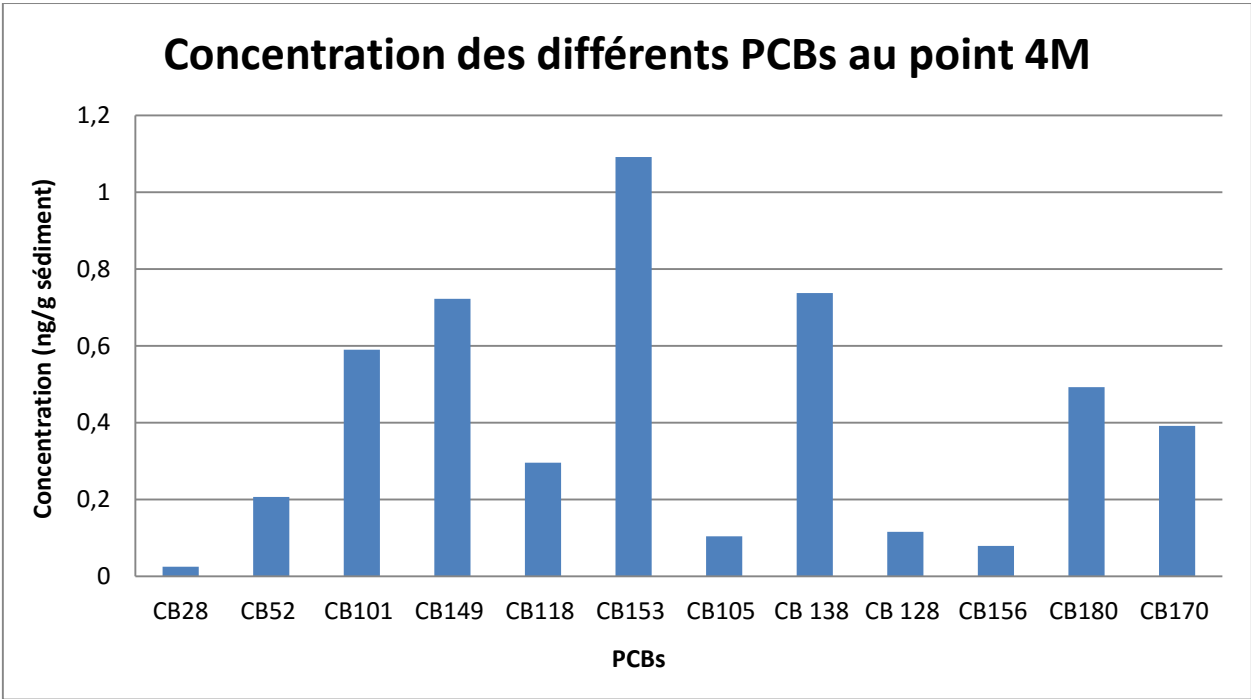
$$2) \text{ Volume} = (m_{\text{fiole pleine}} - m_{\text{fiole vide}}) / \rho_{\text{isooctane}} = 0.523 \text{ ml}$$

A l'aide des formules 1) et 2) ci-dessus et des données des différents standards, nous pouvons obtenir la concentration en PCBs de nos sédiments.

Echantillon

PCBs	Réponse échantillon	Volume final de l'extrait de l'échantillon [ml]	Concentration de l'échantillon [ng/g]
CB28 (3)	231623	0.523121387	0.025243882
CB52 (4)	739402	0.523121387	0.206540745
CB101 (5)	1723872	0.523121387	0.590117731
CB149 (6)	1789955	0.523121387	0.722142953
CB118 (5)	1295319	0.523121387	0.295891607
CB153 (6)	3010912	0.523121387	1.091351527
CB105 (5)	555199	0.523121387	0.104469223
CB 138 (6)	2286545	0.523121387	0.737281805
CB 128 (6)	386819	0.523121387	0.116139846
CB156 (6)	294831	0.523121387	0.079061915
CB180 (7)	1115633	0.523121387	0.492502998
CB170 (7)	610840	0.523121387	0.391390501
Total			4.852134731

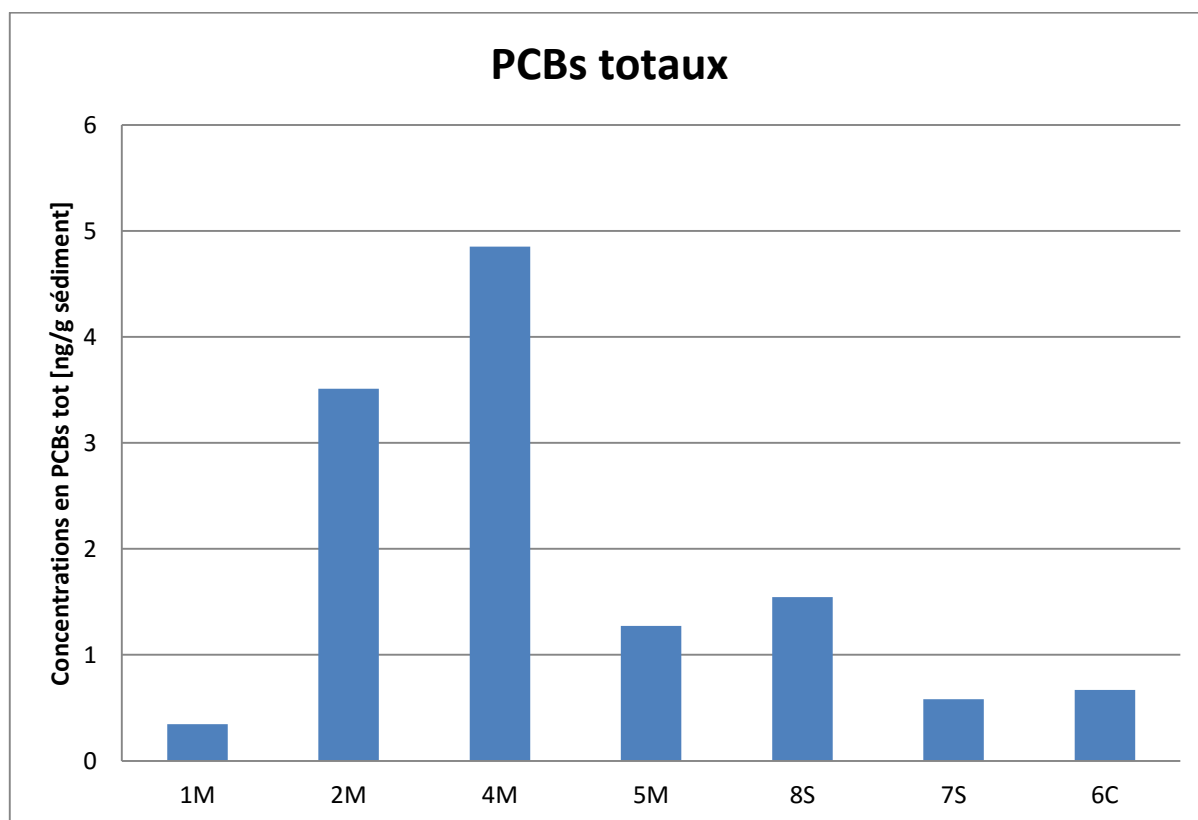
Graphiquement, cela donne l’histogramme suivant pour notre station 4M :



La concentration des différentes sortes de PCBs étudiées varie de 0.02 à plus de 1ng/g de sédiments, pour une concentration totale en PCBs de 4.85ng/g de sédiments. Nous pouvons déjà dire que la limite proposée par l’OFEV, qui établit qu’en dessous de 10ng de PCBs/g de sédiments ceux-ci sont considérés comme plutôt non contaminés, est respectée en ce qui concerne les sédiments échantillonnés à la station de mesure 4M.

Le PCB le plus présent dans ces sédiments est le *cb 153*, avec plus de 1ng/g sédiments. Ce composé est particulièrement problématique car il est suspecté de réduire la fertilité des individus mâles qui en auraient trop accumulé. En effet, des recherches ont démontré que le *cb 153* serait un perturbateur endocrinien qui influencerait la mobilité du sperme¹⁰. Il serait donc utile d'analyser la quantité de cette espèce de PCB dans la chaire des poissons par exemple, afin de déterminer à quel point il perturbe la qualité biologique du cours d'eau.

Afin de mettre en relation les valeurs trouvées sur notre placette 4M aux autres endroits étudiés (sur la Sorge, la Mèbre et la Chambronne), nous avons élaboré un graphique afin de visualiser la concentration totale en PCB à chacun des lieux étudiés.



Nous pouvons voir que la quantité totale de PCB retrouvée dans les sédiments augmente le long de la Mèbre, entre les placettes 1M et 4M. Ceci était attendu, étant donné qu'une bonne partie de ces composés voyagent mélangés aux sédiments, et donc d'amont en aval, portés par le courant.

De plus, entre les stations 1 et 2 situées sur la Mèbre, environ 11 sites pollués sont présents à proximité de la rivière, et entre les placettes 2M et 4M il y en a jusqu'à 20¹¹. La plupart ne nécessitent ni surveillance ni assainissement, mais il est à noter tout de même que les activités qui s'y sont déroulées sont susceptibles d'avoir utilisé des PCBs. On peut mentionner par exemple deux lieux qui ont été destinés au traitement des métaux et des carrosseries, des garages, des endroits qui ont été dédiés au commerce de

¹⁰ <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15284211>

¹¹ http://www.geo.vd.ch/theme/eaux_sites_poll_thm

combustible, etc. De plus une décharge nécessitant une surveillance est présente à moins de 500m de la placette 4M, comblant en partie le vallon d'un affluent direct de la Mèbre, le ruisseau de la Covatannaz. Toutes ces zones sont à considérer pour expliquer que la quantité de PCBs totale passe de 0.35 ng/g de sédiments au lieu 1M, particulièrement en amont du cours d'eau et hors de toutes activités industrielles, à 4.85 ng/g au point 4M qui se trouve en plein cœur de l'agglomération de Crissier.

En revanche, il est difficile d'expliquer la nette baisse de concentration totale de PCB retrouvée dans les sédiments de la Mèbre entre les points 4M et 5M. Une explication plausible serait la dilution de ceux-ci et leurs entraînement plus rapide vers l'aval grâce aux rejets des eaux de refroidissement de l'Institut de hautes études en administration publique (IDHEAP) qui se situe juste au-dessus de la station 5M¹². Sachant que le débit moyen de la Mèbre est de 0.324 m³/s¹³ et que l'IDHEAP rejette 137368 m³/an¹⁴, cela engendre une augmentation du débit d'environ 13% en moyenne. De plus, ces rejets n'étant pas constants sur l'année, les fluctuations créées favorisent la migration des micropolluants.

Concernant les analyses effectuées sur la Sorge, le constat est le même entre les stations 7S et 8S : de nombreux sites ayant accueilli diverses activités susceptibles d'avoir relâché des PCBs dans l'environnement jalonnent le parcours de la rivière. Il y a deux sites particulièrement intéressants à proximité de la Sorge, l'un devant être surveillé et l'autre assaini, tous deux ayant servi pour la production d'asphalte et de produits bitumineux. La concentration en PCBs dans les sédiments n'augmente pas tant que ça car le même phénomène de dilution que précédemment est en cause. En effet, au fil de la Sorge, lorsque celle-ci longe l'EPFL avant de rejoindre la Mèbre, 6 stations de rejets sont à considérer¹⁵. Ce phénomène de dilution et de charriage des micropolluants jusqu'au lac se retrouve aussi à la station 6C situé après la rencontre de la Mèbre et de la Sorge. En effet, on peut voir une concentration peu élevée en PCBs par rapport aux stations 4M et 8S, quand bien même les eaux venant de ces deux points finissent au lieu 6C sur la Chambronne.

¹²

<http://infoscience.epfl.ch/record/180546/files/Projet%20de%20Master%20final%20Jonathan%20Sidler.pdf>

¹³ <https://fr.wikipedia.org/wiki/M%C3%A8bre>

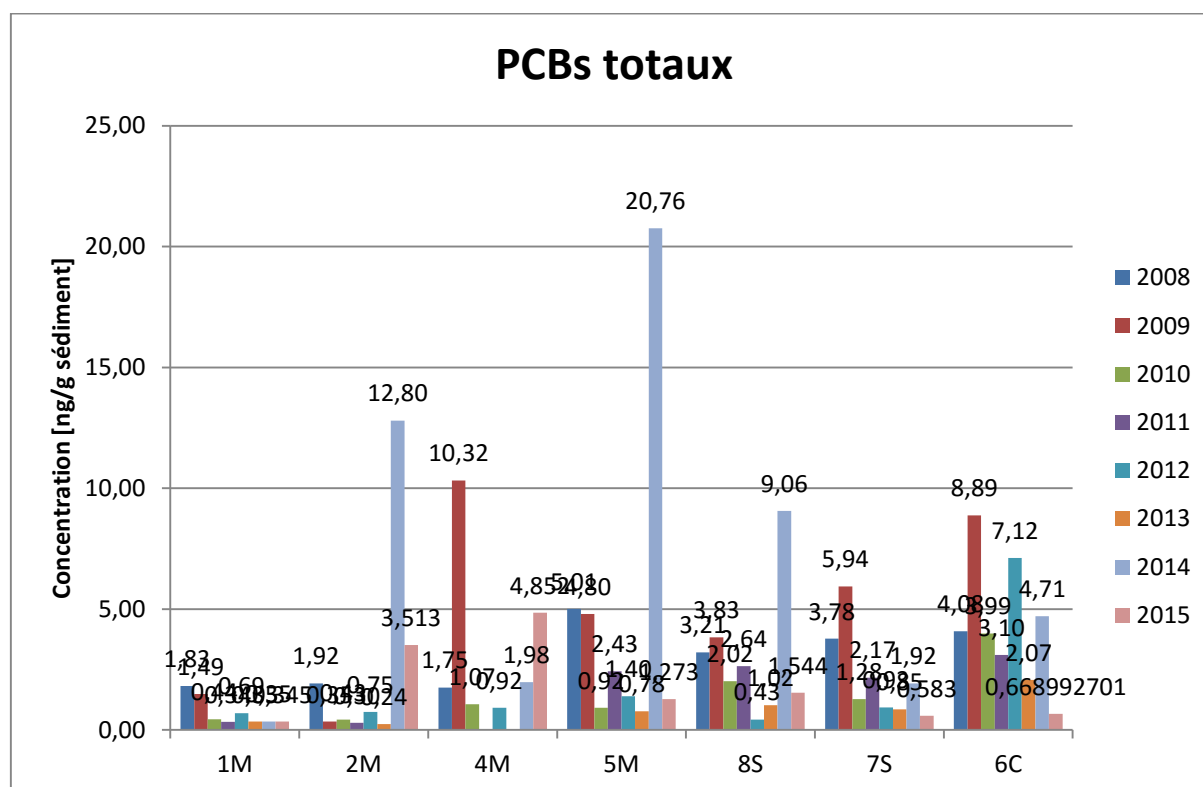
¹⁴

<http://infoscience.epfl.ch/record/180546/files/Projet%20de%20Master%20final%20Jonathan%20Sidler.pdf>

¹⁵

<http://infoscience.epfl.ch/record/180546/files/Projet%20de%20Master%20final%20Jonathan%20Sidler.pdf>

Sur le graphique ci-dessous nous pouvons voir l'évolution de la concentration totale en PCBs des sédiments au cours du temps dans chacune des placettes étudiées.



Premièrement, nous pouvons voir que les concentrations en PCBs trouvées dans les sédiments varient énormément d'une année à l'autre. Prenons pour exemple la placette 5M, où cette valeur passe de 0.78 ng/g de sédiments à 20.76ng/g. La comparaison de ces concentrations année après année semble donc difficile à faire. Le constat que l'on en tire est le suivant : selon l'endroit où les prélèvements ont été effectués au sein d'une même station de mesure, les résultats varient de manière conséquente. De plus, il ne faut pas oublier que d'éventuelles erreurs ont pu survenir lors de la préparation des échantillons en vue de l'analyse par ultrasons (typiquement pour la valeur trouvée au point 5M en 2014, qui a une valeur nettement supérieure à toutes les autres).

Par ailleurs, nous observons que seules trois mesures dépassent le seuil proposé par l'OFEV. Cette valeur de 10ng/g de sédiments est dépassée ponctuellement en 2014 et en 2009 aux placettes 5M, 2M et 4M. Ces cas sont néanmoins à prendre avec des pincettes, car ces résultats ne montrent aucun effet à long terme de cette concentration de PCBs dit problématique. Aux trois stations, si les analyses faites sont fiables, les valeurs redescendent en dessous des 10ng/g l'année d'après pour ne plus repasser le seuil. Les sédiments des trois rivières étudiées peuvent donc être qualifiés de « plutôt non pollués ». En ce qui concerne la concentration limite de MacDonald au-delà de laquelle les PCBs pourraient avoir un effet négatif sur les organismes, nous observons qu'aucune valeur ne dépasse les 59.8 ng de PCBs/g sédiments. Il n'y aurait alors, d'après les études de MacDonald, aucun risque sur la faune aquatique d'avoir de telles concentrations de PCBs.

4.2 Les métaux lourds

Les métaux lourds, également appelés éléments-traces métalliques, désignent les métaux toxiques et dangereux pour l'environnement, les animaux et la santé humaine. Ces métaux ne sont pas définis de manière unanime. Comme leur nom l'indique leur masse atomique relative est plus élevée que celle des autres métaux. Toutefois l'appellation désigne également une certaine quantité de métaux toxiques dont la masse ne correspond pas au critère précédent. Les métaux lourds, qui sont rejetés dans le sol, l'air et l'eau, peuvent s'accumuler dans les organismes et devenir ainsi d'importants contaminants des écosystèmes et du réseau trophique.

4.2.1 Description des métaux étudiés

Dans le cadre de ces analyses nous étudierons seulement les métaux lourds présents dans l'eau et plus précisément le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le nickel (Ni) et le zinc (Zn).

La toxicité du **chrome (Cr)** dépend de sa spéciation. Le chrome trivalent (Cr III) présent dans les aliments comme le foie de veau, les brocolis ou encore la levure de bière est un oligoélément essentiel pour la santé humaine et ne présente qu'une toxicité minime. Le chrome hexavalent (Cr VI) en revanche est présent dans l'environnement à cause des rejets des activités industrielles. Il est considéré comme hautement toxique et cancérigène et peut s'accumuler dans les reins, le foie, la glande thyroïde et la moelle osseuse. Il peut engendrer l'inflammation des muqueuses, des troubles respiratoires et des ulcères. L'homme peut être exposé au chrome en respirant, en mangeant, en buvant de l'eau contaminée ou simplement par contact de la peau avec le chrome.

Le taux de chrome dans l'air et dans l'eau est en général faible, à part s'il y a contamination par l'activité humaine. Les concentrations de chrome (III) dans l'environnement sont augmentées par la fabrication de l'acier, du cuir et des textiles. Le chrome (VI) quant à lui est produit en grande quantité par les usines de produits chimiques. Ces applications augmentent principalement la concentration de chrome dans l'eau, à cause du déversement des eaux usées des industries dans les rivières. Mais le chrome peut également être relâché dans l'air par la combustion du charbon. Il peut demeurer longtemps en suspension dans l'air mais il finit toujours par se déposer sur le sol ou par retomber avec la pluie. Ainsi il se retrouve dans les eaux de surface et pénètre dans le sol. Une fois dans le sol, le chrome se lie fortement aux particules et devient très peu mobile, ce qui l'empêche d'atteindre les eaux souterraines. En général, le chrome présent dans l'eau se dépose dans les sédiments et devient immobile, seule une petite partie se dissout dans l'eau. Le chrome cause donc de réels problèmes lorsqu'il se trouve dans le sol et qu'il contamine les cultures.

Le **cuivre (Cu)** est très présent naturellement dans l'environnement, on le trouve dans beaucoup de types d'aliments, dans l'air et dans l'eau. Alors que le cuivre est un élément essentiel de l'organisme, l'ingestion d'une trop grande quantité peut causer de graves problèmes de santé. Il peut plus particulièrement créer une irritation des voies respiratoires et oculaires, une tachycardie (accélération du rythme cardiaque), une insuffisance rénale, ainsi que des maux de tête, de ventre, des nausées et des vomissements. Il n'est pourtant jusqu'alors pas considéré comme cancérigène.

Les fortes concentrations de cuivre dans l'environnement sont dues à l'extraction et à la production croissantes de ce métal par les mines et les industries qui relâchent leurs eaux usées directement dans les rivières. La présence de cuivre dans l'air est en général assez faible, ce qui rend l'exposition au cuivre par la respiration assez rare. Sa présence dans l'air provient principalement de la combustion de combustibles fossiles. Il retourne dans le sol à cause de la condensation de l'humidité autour des particules de cuivre qui retombe sous forme de pluie. Les sols et les sédiments de l'eau peuvent ainsi contenir une grande quantité de cuivre, néanmoins ce dernier se lie très fortement aux matières organiques et minérales, ce qui le rend très peu mobile. Il est donc rare qu'il pénètre jusque dans les eaux souterraines. Néanmoins, bien que les nappes souterraines soient le plus souvent épargnées, les eaux de surface peuvent être fortement contaminées par le cuivre. Les décharges demeurent évidemment un haut lieu de contamination du sol par les métaux lourds tels que le cuivre.

Le **nickel (Ni)** est présent naturellement dans l'environnement en quantités faibles. Le nickel est un élément essentiel à notre organisme, on le trouve dans plusieurs types d'aliments, dont principalement le chocolat et les graisses. Le nickel est en outre massivement utilisé par l'homme dans la production d'acier ou d'autres produits métalliques comme les bijoux notamment. Le nickel est aussi relâché dans l'air par les usines d'incinération des déchets et peut ainsi affecter les voies respiratoires, engendrer des embolies pulmonaires et augmente le risque de développer le cancer des poumons et du larynx. Puis le nickel se dépose sur le sol ou, après interaction avec l'humidité atmosphérique, retombe sous forme de pluie et pénètre dans le sol et alimente les eaux de surface. L'eau contaminée peut aussi atteindre les nappes souterraines en percolant à travers le sol. Il faut préciser que le nickel est mobile surtout dans les sols acides. Il est en général absorbé par les particules du sol et les sédiments et devient par conséquent immobile. Dans le cas du nickel, il n'est pas nécessaire de boire de l'eau ou consommer des aliments contaminés pour s'exposer au danger ce métal cancérigène, un contact de la peau avec l'eau et les sols contaminés peut suffire. Le nickel peut affecter l'organisme par des réactions allergiques, des bronchites chroniques ou des problèmes cardiaques. Il est considéré comme un élément cancérigène avéré.

Le **zinc (Zn)**, comme d'autres métaux lourds, est un élément essentiel de notre métabolisme et est très présent naturellement dans le sol, l'air et l'eau et beaucoup de nos aliments en contiennent. Notre organisme peut proportionnellement ingérer une grande quantité de zinc, néanmoins un excès de ce métal a des effets néfastes sur la santé. Il peut tout particulièrement créer des irritations de la peau, des vomissements, des nausées et augmente le risque d'anémie. De plus, un très haut taux de zinc peut endommager le pancréas, perturber le métabolisme des protéines et provoquer de l'artériosclérose.

Le zinc qui pose véritablement problème est celui provenant des activités industrielles telles que l'exploitation minière, la combustion du charbon et des déchets ou encore l'industrie de l'acier. Les usines rejettent souvent leurs eaux usées dans l'environnement sans les traiter suffisamment ce qui a pour effet de contaminer les nappes souterraines et les cours d'eau. Le zinc, ingéré par la faune benthique, s'accumule dans les poissons et augmente grandement leur mortalité tout comme les risques de contamination par les êtres humains. Par ailleurs, les fleuves peuvent charrier des boues contaminées qui se déposent sur les berges. Le zinc peut également

augmenter l'acidité de l'eau et créer ainsi des conditions défavorables à la faune et à la flore aquatiques.

4.2.2 Calculs et valeurs limites

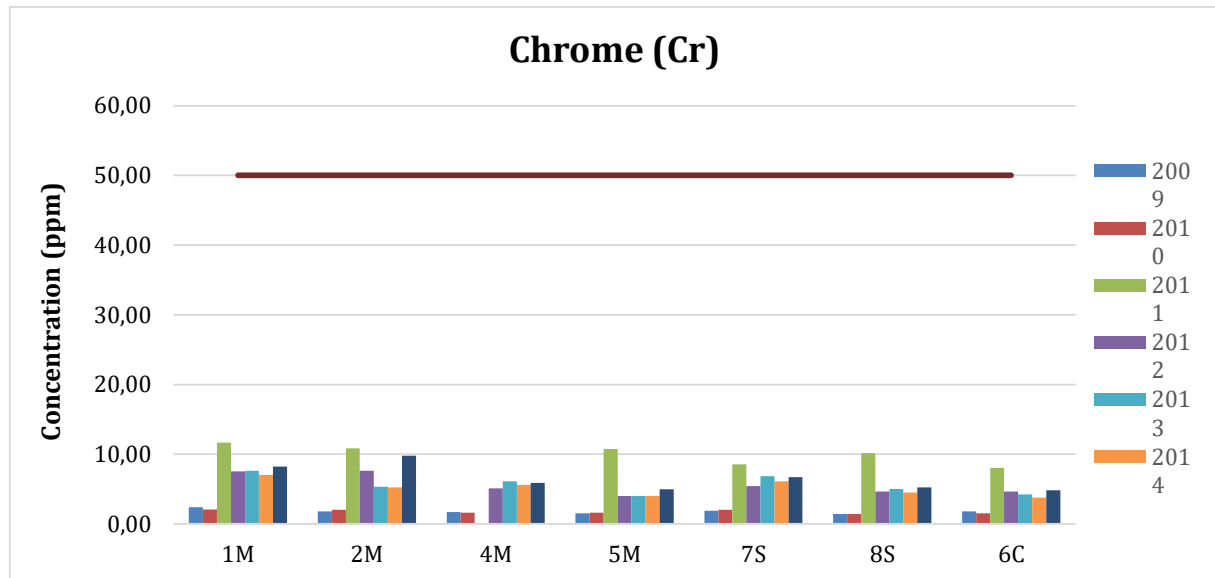
Afin de pouvoir réaliser les graphiques, nous avons décidé de prendre, pour les données de 2009 à 2014, la valeur moyenne entre les concentrations des groupes A et B. Nous obtenons une seule concentration en mg/L pour chaque station et chaque année de prélèvement. Il nous a fallu alors convertir les mg/L en *parts per million* (ppm), c'est-à-dire dans notre cas des mg/kg. Pour ce faire nous avons utilisé la formule suivante :

$$[\text{ppm}] = [\text{mg/kg}] = R \cdot V/P \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} R = \text{résultat du dosage (mg/L)} \\ V = \text{volume final} = 50 \text{ (ml)} \\ P = \text{poids de sol sec} = 4.98 \text{ (g)} \end{array}$$

Nous avons analysé les concentrations des métaux lourds dans les sédiments, mais l'OFEV ne fait pas cas des métaux lourds dans les sédiments. Nous avons donc décidé de prendre les valeurs limites des concentrations de métaux lourds contenus dans le sol, valeurs prescrites par *l'Ordonnance sur les atteintes portées au sol* (OSol Annexe 1). Le tableau ci-dessous met en évidence les valeurs limites appliquées aux métaux lourds étudiés.

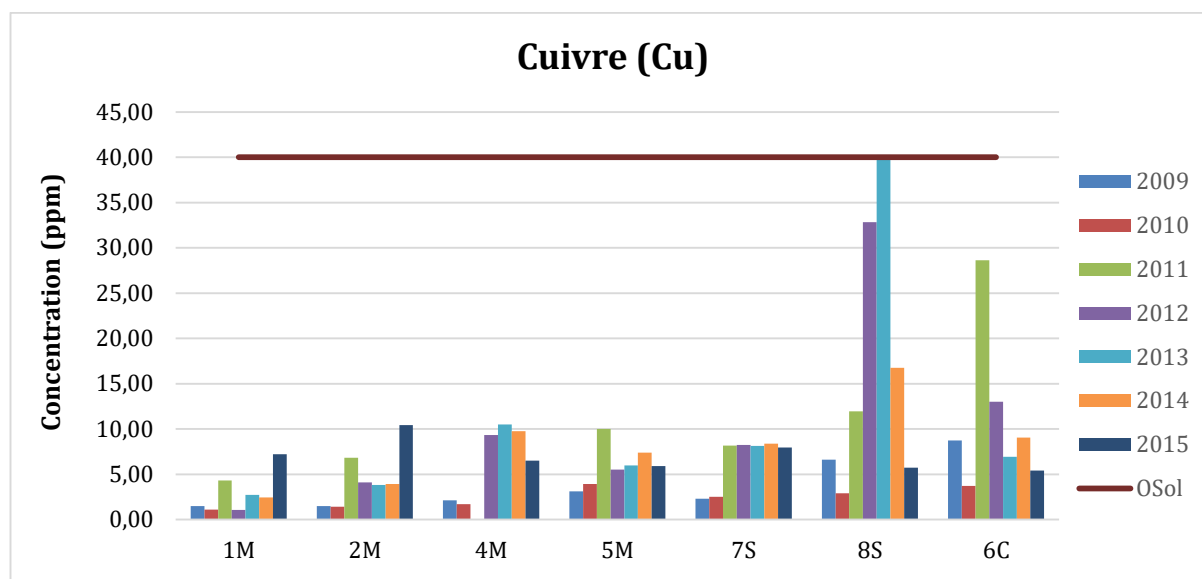
Polluants	Teneur totale (mg/kg de matière sèche)
Chrome (Cr)	50
Nickel (Ni)	50
Cuivre (Cu)	40
Zinc (Zn)	150

4.2.3 Résultats et interprétations :



Remarquons tout d'abord que tout au long des deux affluents de la Chamberonne la concentration en ppm du chrome dans les sédiments ne dépasse pas une seule fois la valeur limite prescrite par l'OSol au cours de la période 2009-2015. La valeur la plus élevée est de 11.65 ppm mesurée à la station 1M en 2011, soit près de cinq fois moins que la limite. Le chrome ne pose donc aucun problème selon les prescriptions helvétiques.

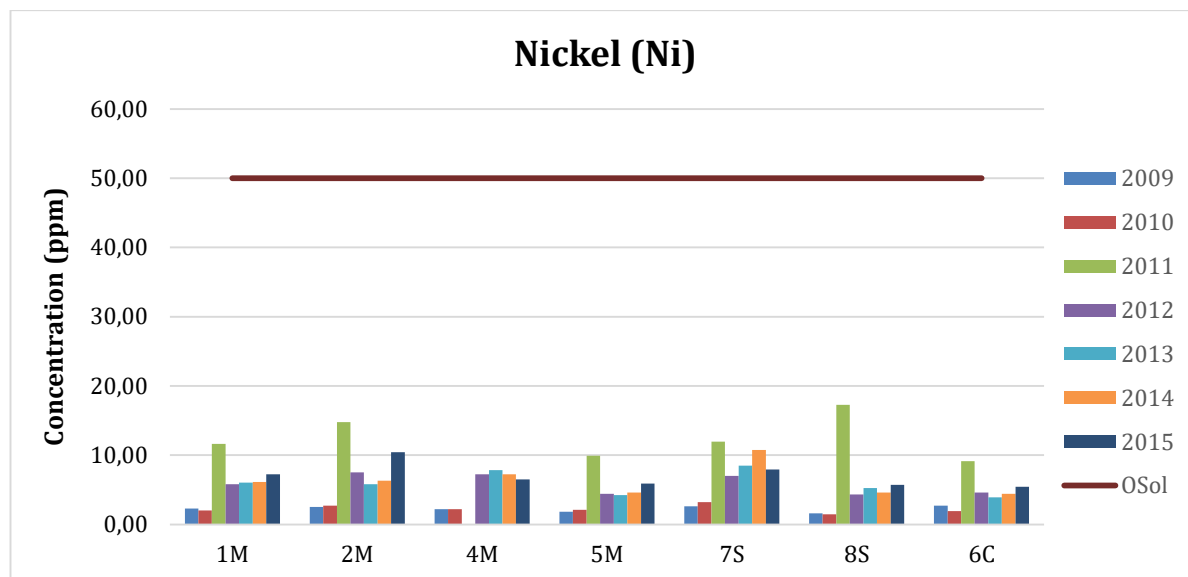
Si l'on s'attarde un peu plus sur l'évolution des concentrations au cours de la rivière pour chaque année, nous pouvons remarquer qu'elles demeurent assez stables. Il est important de noter que nous n'avons pas de donnée pour la station 4M en 2011 et ce pour tous les quatre métaux analysés. Nous ne pouvons en déduire aucune tendance particulière. Il est en revanche étonnant de constater que les valeurs sont très basses avant 2011, qu'elles subissent un pic en 2011 et qu'elles se stabilisent pour les quatre années suivantes. Ce phénomène s'est produit autant dans la Mèbre que dans la Sorge. Nous pouvons en déduire que cette augmentation n'est pas due à l'arrivée d'une nouvelle activité au bord des cours d'eau, car le phénomène serait beaucoup plus local. Cela pourrait être alors causé par un événement particulier survenu cette année-là ou l'arrivée sur le marché d'un nouveau produit riche en chrome qui passerait dans l'environnement de façon généralisée. Les sels de chrome sont utilisés dans tellement de secteurs variés tels que la cimenterie, l'industrie du textile et du cuir, les peintures et les huiles ou encore les détergents. Il est donc très difficile de pouvoir cibler un secteur en particulier. Dans tous les cas il paraît plausible que cette augmentation soit liée à un accroissement de la production des nombreux secteurs industriels utilisant des sels de chrome.



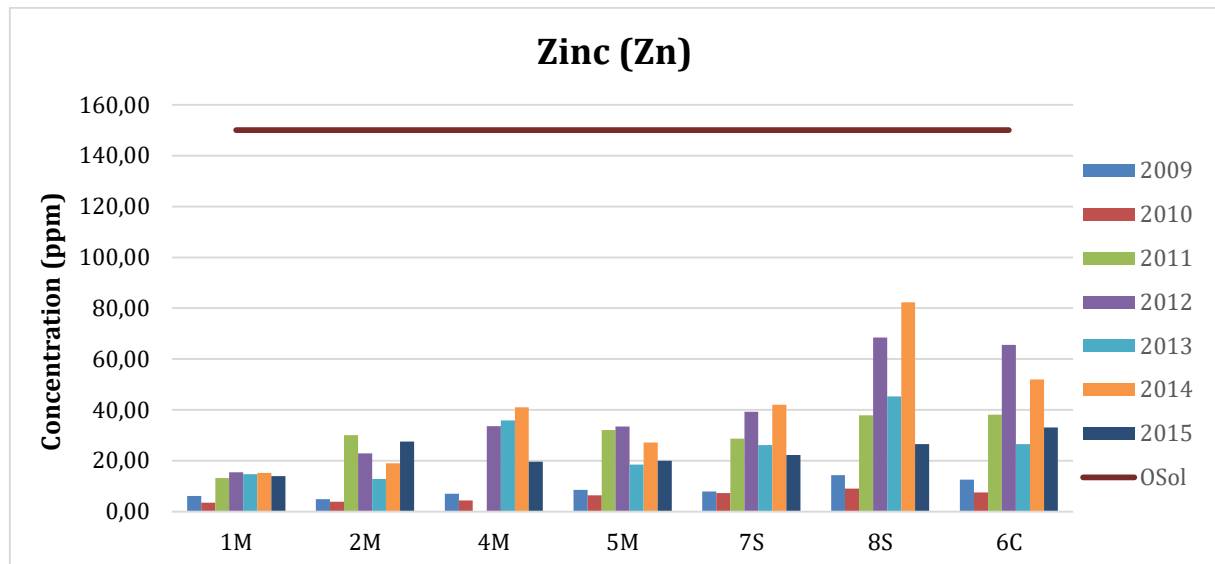
Il ne semble pas évident, au premier coup d'œil, de dégager une tendance pour l'évolution des concentrations du cuivre. Toutefois, en approfondissant nos observations, il semblerait que la teneur en cuivre des sédiments augmente plus ou moins sensiblement aux alentours de la jonction de la Mèbre et de la Sorge. On voit une claire augmentation en 2011 aux stations 8S et 6C, à se demander quels sont les types d'activités qui se trouvent dans les environs. Nous remarquons également une augmentation presque excessive en aval de la Sorge pour 2012 et 2013, au point que la concentration de cuivre mesurée en 2013 atteigne la valeur limite de 40 ppm définie par l'OSol. Ces valeurs surprenantes seraient-elles dues à une erreur de mesure, à une activité anthropique ou à un phénomène naturel ? Surtout que l'on peut observer une grande diminution en 2014 et en 2015, comme si la concentration avait été « progressivement » réduite, à croire que l'hypothèse d'une erreur de mesure est à écarter.

Le cuivre étant principalement utilisé pour les câbles électriques et la plomberie, il est envisageable que ces pics dans l'évolution de la teneur en cuivre aient été causés par un accident, comme une isolation arrachée ou déchirée, une rupture dans la tuyauterie ou encore une vieille conduite qui aurait été particulièrement érodée. Cette cause est tout à fait probable, sachant qu'aux environs de la station 8 la Sorge est canalisée et passe à la fois sous une zone industrielle et sous une zone d'habitations dans la région de Crissier et de Renens. Par ailleurs le sulfate de cuivre est très fréquemment et abondamment utilisé en agriculture pour lutter contre le mildiou et la nécrose bactérienne. Nous pouvons distinguer sur une carte satellite (ex : Google Map) qu'une parcelle agricole se situe à moins de 100 mètres au nord de la Chamberonne, quelque peu en amont de la station 6C. De plus, on peut facilement apercevoir une grande zone agricole située sur le flan de la colline d'Ecublens à l'ouest de la Sorge. Les parcelles au bas de la pente se trouvent à environ 50 mètres de la rivière. Il est donc fort probable que du sulfate de cuivre utilisé à cet endroit ait percolé jusqu'aux berges de la Sorge et ait pollué les sédiments. Cela expliquerait parfaitement l'accroissement observé s'il y a eu une grande augmentation de l'usage de sulfate de cuivre dans cette zone agricole. Mais alors dans ce cas, pourquoi observe-t-on une baisse de la concentration de cuivre entre 2013 et 2015, surtout à la station 8S ? Probablement parce que des normes spéciales ont été appliquées. Selon l'*Ordonnance sur la protection des eaux* (OEaux), de

nouvelles valeurs limites plus restrictives sont en vigueur depuis le 1^{er} juin 2011. Il paraît à présent étonnant que le phénomène d'augmentation brutale ait eu lieu en 2012, soit un an après la nouvelle législation. Qui sait, il a peut-être fallu du temps pour appliquer ces nouvelles normes et en assurer le respect.



Avec le nickel, nous retrouvons une situation très similaire à celle du chrome. C'est-à-dire que les valeurs mesurées sont environ cinq fois plus faibles que la valeur limite et qu'il y a plus ou moins une homogénéité de part et d'autre du pic de 2011. Il est important de rappeler que le nickel est très largement utilisé dans des alliages comme l'acier inoxydable que l'on retrouve autant dans notre cuisine que dans l'industrie ou le domaine de la construction. Le nickel est également utilisé dans la fabrication des batteries rechargeables. Il existe donc de nombreux domaines d'activité qui ont pu participer à cette hausse du nickel dans les sédiments au cours de l'année 2011. Il est donc bien difficile de déterminer l'origine de l'augmentation observée, alors que la Sorge et la Mère se trouvent toutes deux dans une zone très urbanisée et industrialisée.



Quant au zinc, la valeur limite n'est pas dépassée, étant trois fois plus élevée que pour les trois autres métaux. Il faut tout de même préciser que la valeur mesurée la plus élevée est de 82.33 ppm et a été observée en 2014 à la station 8S. La concentration maximale de zinc mesurée est donc deux fois plus élevée que la concentration maximale de cuivre et la plupart des valeurs avoisinent ou dépassent 20 ppm, signe que le zinc est de façon générale beaucoup plus présent dans l'environnement que les autres métaux lourds étudiés. Il est donc logique que la valeur limite soit si haute.

Nous pouvons en outre remarquer que la concentration de zinc tend à augmenter le long de la rivière. On voit aussi de grandes augmentations d'une année à l'autre, comme à la station 8 de la Sorge où l'on constate un fort accroissement de la teneur en zinc des sédiments. Le zinc est tout particulièrement utilisé dans des alliages ou comme protection du fer dans le secteur du bâtiment et dans l'industrie automobile. L'augmentation observée au fil de la Sorge et de la Mèbre pourrait être engendrée par l'activité industrielle (dont l'industrie automobile) de la région de Crissier qui se situe en amont de la station 8. Mais il est de nouveau difficile d'expliquer l'augmentation subite observée entre 2010 et 2011. Y a-t-il eu un changement majeur dans l'industrie ? Une nouvelle utilisation du zinc a-t-elle été découverte ? Il est impossible de répondre à ces questions avec le peu d'informations que nous avons. Par ailleurs, le zinc est aussi utilisé dans l'agriculture comme oligo-élément, particulièrement pour la culture du maïs. Nous avons mentionné plus haut la présence de parcelles agricoles dans les environs des stations 8S et 6C, en revanche nous ne connaissons pas en détail les espèces cultivées. Nous pouvons simplement dire qu'il est probable que le maïs soit cultivé dans la région et que l'apport de zinc soit une méthode utilisée. Nous ne pouvons malheureusement pas en conclure davantage.

5. Analyse biologique : les macrozoobenthos

Une analyse biologique du cours d'eau est importante pour compléter les analyses physico-chimiques car c'est elle qui permettra de déterminer la qualité de l'écosystème de manière globale. En effet, ça n'est pas parce que les valeurs des différents polluants sont très basses que le cours d'eau abrite pour autant un nombre élevé et varié d'organismes vivants. La présence de ceux-ci dépend aussi des paramètres morphologiques et hydrologiques qui définissent un cours d'eau, ce qui n'apparaît pas dans des analyses chimiques. Pour déterminer la qualité biologique de notre rivière, nous allons utiliser une méthode qui consiste à analyser les macro-invertébrés présents dans le cours d'eau. Ces macro-invertébrés sont très sensibles à l'ensemble des paramètres influençant la qualité du cours d'eau. De plus, comme ils sont très peu mobiles, ils permettent de définir la qualité d'un tronçon donné de manière plutôt fiable. Le principe sur lequel s'appuie cette méthode d'analyse de la qualité de l'eau repose sur le fait qu'une biocénose correspond aux facteurs définissant le milieu constituant son habitat. L'indice IBCH intègre ce principe pour attribuer une note en fonction de la qualité biologique d'un tronçon de cours d'eau.

5.1 La méthode IBCH

Cette méthode est utilisée pour normaliser l'analyse biologique des cours d'eau en Suisse. Avant elle, plusieurs démarches étaient utilisées pour étudier la qualité biologique d'un milieu. Le souci était alors de comparer entre elles les valeurs obtenues par différentes méthodes, ainsi que de suivre leur évolution dans le temps. La méthode IBCH comprend un protocole de terrain standardisé permettant de récolter les macrozoobenthos de façon similaire à chaque fois, une liste comprenant les macro-invertébrés utilisés à un certain niveau taxonomique permettant d'évaluer un milieu, ainsi qu'un protocole de laboratoire. Grâce à cela, il est possible de reproduire la démarche menant à l'indice biologique, dans le temps et l'espace, et d'obtenir des résultats qui peuvent être comparés.

5.1.1 Le taxon

Le taxon est l'entité de référence pour déterminer l'indice biologique d'un milieu. Il est une entité abstraite d'organismes vivants partageant une même taxinomie, c'est à dire que ces organismes sont regroupés dans une même classe pouvant être reconnue via des clés de détermination dichotomiques.

5.1.2 L'indice IBCH

L'indice IBCH est la méthode que nous allons utiliser pour relier les macro-invertébrés benthiques à la qualité du milieu. Cette méthode définit de manière très stricte la façon de prélever cette faune benthique et de l'analyser, de manière à pouvoir reproduire la méthode dans toutes les rivières de Suisse et d'obtenir plus ou moins le même indice biologique global pour des rivières de même qualité.

Trente-huit taxons sont utilisés pour déterminer l'indice IBCH d'un tronçon de rivière. Ils sont divisés en neuf groupes, nommés groupes faunistiques indicateurs (GI),

et classés du plus polluo-sensible au moins polluo-sensible. Les groupes GI sélectionnés pour déterminer l'IBCH sont les suivants :

Taxons	Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	Capniidae Brachycentridae Odontoceridae Philopotamidae	Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptophlebiidae	Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae
GI	9	8	7	6	5

Taxons	Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	Limnephilidae Hydropsychidae Ephemerellidae Aphelocheiridae	Baetidae Caenidae Elmidae Gammaridae Mollusca	Chironomidae Asellidae Hirudinea Oligochaeta	
GI	4	3	2	1	

Source : « méthode d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, Macrozoobenthos niveau R »

Plus un taxon appartient à un groupe faunistique indicateur GI élevé, plus il est polluo-sensible. La polluo-sensibilité représente la capacité d'un organisme vivant à se développer dans un environnement plus ou moins pollué. Plus le groupe indicateur aura un chiffre élevé, plus les taxons le composant seront exigeant en terme de concentration d'oxygène dissous, d'azote (nitrate, nitrite, ammonium), de phosphore, etc. Généralement ces organismes se développent préférentiellement dans des milieux oligotrophe, où très peu de matière organique et de nutriments sont présents.

En principe, la rencontre de trois individus d'un groupe faunistique indicateur permet de prendre ce GI comme étant la note de polluo-sensibilité du milieu. Malgré tout, suivant quels sont les organismes trouvés, il en faudra parfois en dénombrer dix au minimum pour que le résultat soit représentatif. Ces taxons se trouvent en gras dans le tableau ci-dessus et appartiennent plutôt aux groupes peu sensibles à la qualité du milieu.

Variété taxonomique :

Il ne suffit pas seulement d'avoir dans la portion de rivière étudiée des taxons présents dans un groupe fortement polluo-sensible pour avoir un indice biotique bon et représentatif de la qualité biologique du milieu. En effet, le nombre de taxons récoltés différents importe beaucoup. Plus les organismes vivants dans un environnement sont diversifiés, meilleur l'indice biologique sera. L'échelle utilisée dans l'IBCH pour tenir compte de la variété taxonomique est la suivante :

Σt	> 50	49-45	44-41	40-37	36-33	32-29	28-25	24-21	20-17	16-13	12-10	9-7	6-4	3-1
Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Source : « méthode d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse, Macrozoobenthos niveau R »

5.1.3 Détermination de l'indice biotique général IBCH

Il y a deux manières équivalentes de déterminer l'indice biotique d'un milieu en se basant sur la variété taxonomique ainsi que sur le groupe de polluo-sensibilité.

Méthode graphique :

Le tableau ci-dessous met en correspondance le groupe faunistique indicateur (GI) avec la variété taxonomique de notre environnement.

Tab. 13 > Tableau de détermination de l'IBCH (IBGN)

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
FAMILLES (groupes)	Σt	>50	45-49	41-44	37-40	33-36	29-32	25-28	21-24	17-20	13-16	10-12	7-9	4-6	1-3
	GI														
Chloroperiidae	9														
Perlidae		20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Perlodidae															
Taeniopterygidae															
Capniidae	8														
Brachycentridae		20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Odontoceridae															
Philopotamidae															
Leuctridae	7														
Glossosomatidae															
Beraeidae		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Goeridae															
Leptophlebiidae	6														
Nemouridae															
Lepidostomatidae		19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Sericostomatidae															
Ephemeridae	5														
Hydroptilidae															
Heptageniidae		18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Polymitarcidae															
Potamanthidae	4														
Leptoceridae															
Polycentropodidae		17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Psychomyidae															
Rhyacophilidae	3														
Limnephilidae *															
Hydropsychidae		16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Ephemereleidae *															
Aphelecheiridae	2														
Baetidae *															
Caenidae *															
Elmidae *		15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Gammaridae *	1														
Mollusca															
Chironomidae *															
Asellidae *		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Hirudinea															
Oligochaeta *															

* Taxons représentés par au moins 10 individus – Les autres par au moins 3 individus

Pour chaque intersection entre une ligne et une colonne, un numéro est attribué. Ce chiffre compris entre 1 et 20 est l'indice biotique général de notre milieu. La note maximale de 20 correspond à un environnement comprenant de nombreux taxons très diversifiés et où certains individus macrozoobenthiques les plus polluo-sensibles sont capables de se développer. En cas d'absence totale de taxons indicateurs, la note IBCH sera de 0.

Méthode mathématique :

Pour arriver au même résultat, on peut aussi bien utiliser la formule suivante :

$$IBCH = GI + Vt - 1$$

Avec :

GI = groupe faunistique indicateur,

Vt = variété taxonomique,

IBCH < 21

Attribution d'une note au tronçon analysé :

Cette note IBCH permet d'évaluer la qualité des eaux d'un point de vue biologique d'une partie de rivière. Il est possible de représenter ce résultat quantitatif qu'est l'IBCH en appréciation qualitative. Pour se faire, nous utiliserons le tableau suivant qui est tiré de la méthode de l'OFEV.

Etat biologique	IBCH	Couleur
très bon	17-20	bleu
Bon	13-16	vert
Moyen	9-12	jaune
Médiocre	5-8	orange
Mauvais	0-4	rouge

Il est ensuite possible d'afficher les résultats sur une carte de manière didactique en utilisant ces couleurs afin de mieux visualiser les tronçons posant problèmes et de les relier aux potentielles sources qui affectent l'indice biotique.

5.1.4 Contraintes de la méthode

Pour assurer une cohérence entre les résultats trouvés lors de différentes campagnes de mesure, il faut respecter certaines contraintes autres que la manière de prélever les échantillons.

Tout d'abord, il est important de ne pas faire de prélèvement d'échantillons lors d'une période de crue ou d'étiage sévère. En effet, ces macrozoobenthos sont sensibles aux variations de courant et en périodes de crue, ils auront donc tendance à se faire arracher à leur milieu et à être emmené en aval au cours de pluies intenses.

De plus, il est important d'effectuer les mesures à la même période de l'année à chaque fois afin que les mêmes individus soient potentiellement présents. La méthode IBCH préconise de suivre le planning suivant :

Mois	Janvier		Fevrier		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet		Août	
15aines/Altitude	01.-15.	16.-31.	01.-15.	16.-28.	01.-15.	16.-31.	01.-15.	16.-30.	01.-15.	16.-31.	01.-15.	16.-30.	01.-15.	16.-31.	01.-15.	16.-31.
200-600 m				T	F	F	T									
601-1000 m						T	F	F	T							
1001-1400 m							T	F	F	T						
1401-1800 m								T	F	F	T					
> 1800 m										T	F	F	T			

F = Fenêtre de prélèvement; T = Tampon pour situation hydrologique particulière

Ce sont les périodes optimales en ce qui concerne le cycle de vie des macrozoobenthos. En effet, c'est au printemps que la plupart des macro-invertébrés se développent et donc c'est à cette période que l'on a le plus de chance de les rencontrer. Nous voyons que l'altitude joue un rôle en ce qui concerne la période d'échantillonnage. En effet, lorsque les conditions sont optimales en plaine pour le développement des macrozoobenthos, à 1500 mètres d'altitude il est encore trop tôt.

5.1.5 Protocole d'échantillonnage

Afin d'obtenir des résultats reproductibles, la façon de prélever les macrozoobenthos est définie rigoureusement dans le protocole d'échantillonnage. Tout ce qui va suivre est résumé dans l'annexe 1 et 2.

Le tronçon de rivière qui va être échantillonné correspond en longueur à dix fois la largeur moyenne du lit de la rivière. Dans cette surface, il faut déterminer huit endroits où seront faits les prélèvements. Ces zones seront sélectionnées de la façon suivante :

- Privilégier les couples substrat-vitesse les plus favorables.
- Privilégier la diversité des substrats avant d'effectuer un deuxième échantillon dans le même substrat avec une vitesse d'écoulement différente.

Les couples substrat-vitesse sont définis dans l'annexe 1.

Les prélèvements se font à l'aide d'un filet normé de 25cm par 25cm, que l'on placera juste en aval de la zone d'échantillonnage afin d'y récolter la majorité des macro-invertébrés qui seront délogés du substrat. Cette zone correspond à une surface d'un pied carré, et le travail dure en moyenne 30 secondes. Les organismes récoltés sont ensuite transférés dans un flacon contenant de l'alcool, afin d'éviter leur dégradation, puis emmenés au laboratoire pour être déterminés.

L'annexe 2 permet de récolter certaines informations concernant le tronçon étudié, notamment :

- Les coordonnées géographiques, l'altitude, la largeur du tronçon, etc.
- L'éco-morphologie
- L'aspect général de la portion étudiée

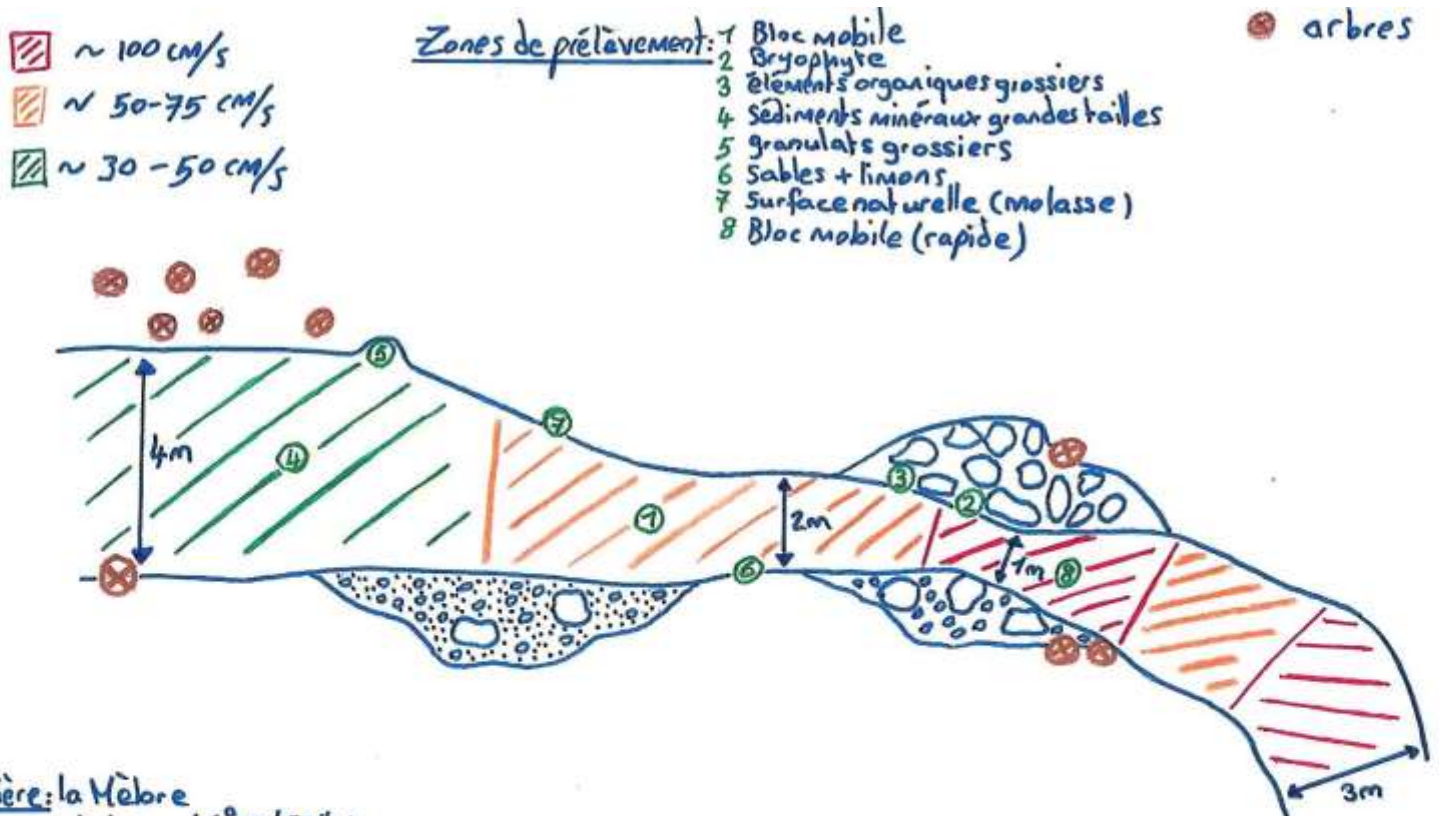
Ces informations servent notamment lors de l'analyse des résultats afin de relier l'IBCH trouvé à certaines causes. De plus, elles peuvent être utiles afin de comparer les différentes campagnes d'échantillonnage qui ont été faites au même endroit mais à des périodes différentes. On peut évaluer la mesure dans laquelle ces résultats peuvent être mis en relation et ce à quoi il faudra faire attention si cela est effectué.

5.2 Nos résultats

5.2.1 Sur le terrain

5.2.1.1 Croquis de la situation

La zone qui nous a été attribuée afin d'en analyser la qualité biologique se trouve sur la rivière Mèbre. Notre tronçon du cours d'eau se situe juste en amont de l'agglomération de Renens, sur la commune de Crissier, fortement urbanisée. Voici ci-dessous un schéma décrivant notre portion de rivière.



Rivière: la Mèbre

Lieu: Crissier, $46^{\circ}32'59''\text{N}$
 $6^{\circ}34'51''\text{E}$

Altitude: 445 m

X/Y: 534226,0; 155803,3

Largeur moyenne du lit maçonné: 2m

Longueur du tronçon: 20m

5.2.1.2 Caractéristiques de la portion de rivière considérée

Ci-dessous figure un tableau récapitulant certaines caractéristiques écomorphologiques de la portion du cours d'eau considérée, ainsi que d'autres données générales utiles à l'interprétation de l'indice biologique qui va lui être attribué.

IBCH		Protocole-terrain-données principales		ID :																																
Cours d'eau : La Mère		Date : 23.09.15	Point de départ (X/Y) : 534226		155803.3																															
Lieu : Crissier		Altitude : 445	Préleveur / se (leg) : A. Baron, S. Hottinger																																	
ECOMORPHOLOGIE (proximité point de départ)		ASPECT GENERAL <small>cochez ce qui convient</small> <input checked="" type="checkbox"/>																																		
Largeur moyenne en mètres <input type="text" value="2"/>		Boue <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td>purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>peu/moyen <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>déversement <input type="checkbox"/></td> <td>drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>beaucoup <input type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input checked="" type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input checked="" type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>	beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>																
présence	ce use	remarques																																		
non <input type="checkbox"/>	naturelle <input checked="" type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>																																	
peu/moyen <input checked="" type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>																																	
beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>																																		
Mise sous terre oui <input type="checkbox"/> non <input checked="" type="checkbox"/>																																				
Nombreux seuils naturels oui <input checked="" type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>																																				
Variabilité de la largeur du lit <table border="0"> <tr> <td>prononcée <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>limitée <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nulle <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		prononcée <input checked="" type="checkbox"/>	limitée <input type="checkbox"/>	nulle <input type="checkbox"/>	Turbidité <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>déversement <input type="checkbox"/></td> <td>marais <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>chantier <input type="checkbox"/></td> <td>exutoire lac <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>forte <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td>centrale hydroélec. <input type="checkbox"/></td> <td>glacier <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>instabilité des rives <input type="checkbox"/></td> <td>torrent <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>petite crue <input type="checkbox"/></td> <td><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input checked="" type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	marais <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	chantier <input type="checkbox"/>	exutoire lac <input type="checkbox"/>	forte <input checked="" type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	centrale hydroélec. <input type="checkbox"/>	glacier <input type="checkbox"/>			instabilité des rives <input type="checkbox"/>	torrent <input type="checkbox"/>			petite crue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>				
prononcée <input checked="" type="checkbox"/>																																				
limitée <input type="checkbox"/>																																				
nulle <input type="checkbox"/>																																				
présence	ce use	remarques																																		
non <input type="checkbox"/>	naturelle <input checked="" type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	marais <input type="checkbox"/>																																	
peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	chantier <input type="checkbox"/>	exutoire lac <input type="checkbox"/>																																	
forte <input checked="" type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	centrale hydroélec. <input type="checkbox"/>	glacier <input type="checkbox"/>																																	
		instabilité des rives <input type="checkbox"/>	torrent <input type="checkbox"/>																																	
		petite crue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>																																	
Variabilité de la profondeur <table border="0"> <tr> <td>prononcée <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>limitée <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nulle <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		prononcée <input type="checkbox"/>	limitée <input checked="" type="checkbox"/>	nulle <input type="checkbox"/>	Coloration <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>colorant dissous <input type="checkbox"/></td> <td>chantier <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>colorant particulaire <input type="checkbox"/></td> <td>marais <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>forte <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td>sédiments transportés <input type="checkbox"/></td> <td>exutoire lac <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input checked="" type="checkbox"/>	colorant dissous <input type="checkbox"/>	chantier <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	colorant particulaire <input type="checkbox"/>	marais <input type="checkbox"/>	forte <input checked="" type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	sédiments transportés <input type="checkbox"/>	exutoire lac <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>									
prononcée <input type="checkbox"/>																																				
limitée <input checked="" type="checkbox"/>																																				
nulle <input type="checkbox"/>																																				
présence	ce use	remarques																																		
non <input type="checkbox"/>	naturelle <input checked="" type="checkbox"/>	colorant dissous <input type="checkbox"/>	chantier <input type="checkbox"/>																																	
peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	colorant particulaire <input type="checkbox"/>	marais <input type="checkbox"/>																																	
forte <input checked="" type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	sédiments transportés <input type="checkbox"/>	exutoire lac <input type="checkbox"/>																																	
		<= autre <input type="checkbox"/>																																		
Aménagement du fond du lit <table border="0"> <tr> <td>nul <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>localisé <10% <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>moyen 10-30% <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>important 30-60% <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>prépondérant >60% <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>total 100% <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		nul <input checked="" type="checkbox"/>	localisé <10% <input type="checkbox"/>	moyen 10-30% <input type="checkbox"/>	important 30-60% <input type="checkbox"/>	prépondérant >60% <input type="checkbox"/>	total 100% <input type="checkbox"/>	Mousse <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input type="checkbox"/></td> <td>forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td>drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>peu/moyen <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>déversement <input type="checkbox"/></td> <td>marais <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>beaucoup <input type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>purin <input type="checkbox"/></td> <td>exutoire lac <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input checked="" type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	marais <input type="checkbox"/>	beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input checked="" type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>	exutoire lac <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>						
nul <input checked="" type="checkbox"/>																																				
localisé <10% <input type="checkbox"/>																																				
moyen 10-30% <input type="checkbox"/>																																				
important 30-60% <input type="checkbox"/>																																				
prépondérant >60% <input type="checkbox"/>																																				
total 100% <input type="checkbox"/>																																				
présence	ce use	remarques																																		
non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>																																	
peu/moyen <input checked="" type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	marais <input type="checkbox"/>																																	
beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input checked="" type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>	exutoire lac <input type="checkbox"/>																																	
		<= autre <input type="checkbox"/>																																		
Matériau de l'aménagement du fond du lit <table border="0"> <tr> <td>empiérement_enrochement <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>autre (imperméable) <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		empiérement_enrochement <input type="checkbox"/>	autre (imperméable) <input type="checkbox"/>	Odeur <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input type="checkbox"/></td> <td>déversement <input type="checkbox"/></td> <td>purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>prod. de nettoyage <input type="checkbox"/></td> <td>pourriture <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>forte <input type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input checked="" type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	prod. de nettoyage <input type="checkbox"/>	pourriture <input type="checkbox"/>	forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>														
empiérement_enrochement <input type="checkbox"/>																																				
autre (imperméable) <input type="checkbox"/>																																				
présence	ce use	remarques																																		
non <input checked="" type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>																																	
peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	prod. de nettoyage <input type="checkbox"/>	pourriture <input type="checkbox"/>																																	
forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>																																		
Bois mort dans le lit <table border="0"> <tr> <td>amas <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>disséminé <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>absent_localisé <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		amas <input type="checkbox"/>	disséminé <input checked="" type="checkbox"/>	absent_localisé <input type="checkbox"/>	Sulfure de fer <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non 0% <input type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input type="checkbox"/></td> <td>forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td>purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>moyen <25% <input type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>déversement <input type="checkbox"/></td> <td>drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>beaucoup >25% <input type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non 0% <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>	moyen <25% <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>	beaucoup >25% <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>													
amas <input type="checkbox"/>																																				
disséminé <input checked="" type="checkbox"/>																																				
absent_localisé <input type="checkbox"/>																																				
présence	ce use	remarques																																		
non 0% <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>																																	
moyen <25% <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>																																	
beaucoup >25% <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	<= autre <input type="checkbox"/>																																		
Renforcement du pied de berge <table border="0"> <tr> <td>rive gauche</td> <td>droite</td> </tr> <tr> <td>nul <input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>localisé <10% <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>moyen 10-30% <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>important 30-60% <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>prépondérant >60% <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>total 100% <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		rive gauche	droite	nul <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	localisé <10% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	moyen 10-30% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	important 30-60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	prépondérant >60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	total 100% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Colmatage <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>fort <input type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>			peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>			fort <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			
rive gauche	droite																																			
nul <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																			
localisé <10% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
moyen 10-30% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
important 30-60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
prépondérant >60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
total 100% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
présence	ce use	remarques																																		
non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>																																			
peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>																																			
fort <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>																																			
Perméabilité du renforcement du pied de berge <table border="0"> <tr> <td>gauche</td> <td>droite</td> </tr> <tr> <td>perméable <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>imperméable <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		gauche	droite	perméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	imperméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Déchets EE* <table border="0"> <tr> <td>aucun <input checked="" type="checkbox"/></td> <td colspan="2">Autres déchets</td> <td>aucun <input type="checkbox"/></td> <td>a.hygiéniques <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>isolés <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>isolés <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>papier -WC <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>nombreux <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>nombreux <input type="checkbox"/></td> <td>sac à ordures <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3">* (déchets provenant de l'évacuation des eaux)</td> <td colspan="2">emballages <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				aucun <input checked="" type="checkbox"/>	Autres déchets		aucun <input type="checkbox"/>	a.hygiéniques <input checked="" type="checkbox"/>	isolés <input type="checkbox"/>			isolés <input checked="" type="checkbox"/>	papier -WC <input type="checkbox"/>	nombreux <input type="checkbox"/>			nombreux <input type="checkbox"/>	sac à ordures <input type="checkbox"/>	* (déchets provenant de l'évacuation des eaux)			emballages <input checked="" type="checkbox"/>					<= autre <input type="checkbox"/>	
gauche	droite																																			
perméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
imperméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
aucun <input checked="" type="checkbox"/>	Autres déchets		aucun <input type="checkbox"/>	a.hygiéniques <input checked="" type="checkbox"/>																																
isolés <input type="checkbox"/>			isolés <input checked="" type="checkbox"/>	papier -WC <input type="checkbox"/>																																
nombreux <input type="checkbox"/>			nombreux <input type="checkbox"/>	sac à ordures <input type="checkbox"/>																																
* (déchets provenant de l'évacuation des eaux)			emballages <input checked="" type="checkbox"/>																																	
			<= autre <input type="checkbox"/>																																	
Largeur des rives <table border="0"> <tr> <td>gauche</td> <td>droite</td> </tr> <tr> <td>indication en [m] <input type="text" value="2"/></td> <td><input type="text" value="4"/></td> </tr> </table>		gauche	droite	indication en [m] <input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="4"/>	Organismes hétérotroph. <table border="0"> <tr> <td>présence</td> <td>ce use</td> <td colspan="2">remarques</td> </tr> <tr> <td>non <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>naturelle <input type="checkbox"/></td> <td>purin <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>isolé <input type="checkbox"/></td> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td>drainage <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>peu <input type="checkbox"/></td> <td>inconnue <input type="checkbox"/></td> <td>forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>moyen <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>déversement <input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>beaucoup <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td colspan="2"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				présence	ce use	remarques		non <input checked="" type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>		isolé <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>		peu <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		moyen <input type="checkbox"/>		déversement <input type="checkbox"/>		beaucoup <input type="checkbox"/>		<= autre <input type="checkbox"/>				
gauche	droite																																			
indication en [m] <input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="4"/>																																			
présence	ce use	remarques																																		
non <input checked="" type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>																																		
isolé <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	drainage <input type="checkbox"/>																																		
peu <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>																																		
moyen <input type="checkbox"/>		déversement <input type="checkbox"/>																																		
beaucoup <input type="checkbox"/>		<= autre <input type="checkbox"/>																																		
Nature des rives <table border="0"> <tr> <td>gauche</td> <td>droite</td> </tr> <tr> <td>typique d'un cours d'eau <input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>atypique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>artificielle <input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		gauche	droite	typique d'un cours d'eau <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	atypique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Végétation <table border="0"> <tr> <td>algues</td> <td>pas ou peu <10%</td> <td>moyen</td> <td>beaucoup >50%</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>mousses</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>macrophytes</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				algues	pas ou peu <10%	moyen	beaucoup >50%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	mousses	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	macrophytes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
gauche	droite																																			
typique d'un cours d'eau <input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																			
atypique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
artificielle <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
algues	pas ou peu <10%	moyen	beaucoup >50%																																	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
mousses	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
macrophytes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																	
Informations supplémentaires (BDM-EPT & NAWA)		Adultes capturés <table border="0"> <tr> <td>Ephemeroptera <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Plecoptera <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Trichoptera <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>				Ephemeroptera <input type="checkbox"/>	Plecoptera <input type="checkbox"/>	Trichoptera <input type="checkbox"/>																												
Ephemeroptera <input type="checkbox"/>																																				
Plecoptera <input type="checkbox"/>																																				
Trichoptera <input type="checkbox"/>																																				
Déplacement de l'échantillonnage <input type="checkbox"/> raison : <input type="text"/>																																				
Abandon de la station <input type="checkbox"/> raison : <input type="text"/>																																				

En quelques mots, nous pouvons dire que l'aspect du cours d'eau et des berges est plutôt naturel, bien qu'en amont une petite chute d'eau artificielle soit présente et qu'en aval une mise sous terre a lieu afin de faire passer sous une route. La largeur de la rivière est d'environ 2 mètres, mais varie de manière conséquente, tout comme la profondeur. Ceci expliquera pourquoi un nombre varié de substrats seront identifiés dans ce tronçon. Lors de la campagne de prélèvement effectuée, nous avons observé une eau un peu trouble, légèrement boueuse. Ceci est dû aux précipitations qui sont tombées les jours précédant notre sortie sur le terrain. Le débit peut être considéré à juste titre comme étant plus élevé que la moyenne, mais sans que cela ait trop d'impact sur la fiabilité et la reproductibilité de la méthode appliquée. Il faut néanmoins préciser que la période d'échantillonnage n'est pas celle prescrite par la méthode IBCH. En effet, nous avons effectué notre prélèvement en septembre, alors que ceux-ci auraient dû se faire entre fin février ou début avril pour être en accord avec le protocole de l'OFEV. Nous pouvons nous attendre à des résultats un peu trop sévères, c'est-à-dire qui sous-estiment le réel indice biologique de la rivière. Pour cause, tous les organismes considérés par la méthode IBCH ne seront peut-être pas présents dans les eaux à cette période de l'année.

Couples substrat-vitesse disponibles pour les prélèvements

Voici maintenant le tableau récapitulatif des couples substrat-vitesse que nous avons trouvé dans la portion de rivière considérée :

BCH : Grille d'échantillonnage

Cours d'eau : La Mère

Date : 23.09.15

Point de départ (X/Y) : 534226.0/155803.3

ID :

Lieu : Crissier

Altitude : 445

Préleveur / se (leg) : A. Baron, S. Hottinger

Vitesse (classes en - cm/s)

V

S**

Habitatilité (Vitesse / S substrat)

V > 150

150 > V > 75

75 > V > 25

25 > V > 5

V < 5

Substrats

recouvrement %

2

4

5

3

1

Remarques

Blocs mobiles > 250 mm	4	10	X	X						
Bryophytes	1	9	X							
Spermatophytes immergées (hydrophytes)		8								
Éléments organiques grossiers (litières, bois, racines)	1	7			X					
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) 250 mm > Ø > 25 mm	3	6			X					
Granulats grossiers 25 mm > Ø > 2.5 mm	2	5			X					
Spermatophytes émergents de strate basse (helophytes)		4								
Sédiments fins +/- organiques "vases" Ø < 0.1 mm gouille marginale		3								
Sables et limons Ø < 2.5 mm	2	2			X					
Surfaces naturelles et artificielles (roches, dalles, sols, parois) blocs scellés	1	1			X					
Agues ou à défaut marnes et argiles		0								

↙

Habitatilité décroissante (0: très bonne, 0: minimale)

Vitesse du courant, S** Substrat

↙

recouvrement: (1) faible (15%) / (2) peu abondant (6-10%) / (3) abondant (11-50%) / (4) très abondant (>50%)

Tronçon échantillonné / largeur moyenne (m) :

2.0

x 10 = longueur du tronçon (m) :

20.0

substrat dominant :

blocs mobiles

Nous observons que de nombreux substrats différents sont présents, comme attendu au regard des caractéristiques éco-morphologiques du cours d'eau. Malheureusement ceux-ci n'étant pas tous observables, nous avons dû prélever deux fois des échantillons sur le substrat « blocs mobiles », mais à des vitesses de courant différentes. Il est donc possible d'augmenter le nombre et la diversité de macrozoobenthos capturés, quand bien même nous effectuons deux prélèvements sur un même type de substrat.

5.2.2 En laboratoire

De retour au laboratoire avec nos divers prélèvements effectués précédemment sur les couples substrats-vitesse trouvés, nous pouvons commencer à déterminer quels sont les macro-invertébrés présents sur notre site. Pour se faire, nous avons utilisé une clé de détermination dichotomique afin de lister les espèces échantillonnées. Voici ci-dessous un tableau récapitulant le nombre d'individus pour chaque espèce trouvée.

IBCH			Protocole-Laboratoire			ID :		
Cours d'eau : La Mèbre			Date : 23.09.15			Point de départ (X/Y) : 534226 155803.3		
Lieu : Crissier			Altitude : 445			Déterminateur(trice) : A. Baron, S. Hottinger		
LISTE DES TAXONS								
PORIFERA								
CNIDARIA								
BRYOZOA								
PLATYHELMINTHES								
Dendrocoellidae								
Dugesidae								
Planariidae								
"NEMATHELMINTHES"								
ANNELIDA								
Hirudinea								
Erpobdellidae								
Glossiphoniidae								
Hirudidae (Tachet)								
Piscicolidae								
Oligochaeta			1 10					
MOLLUSCA								
Gastropoda								
Acroloxidae								
Ancylidae (Tachet)								
Bithyniidae								
Ferrissidae (Tachet)								
Hydrobiidae			1					
Lymnaeidae								
Neritidae								
Physidae								
Planorbidae								
Valvatidae			1					
Viviparidae								
Bivalvia								
Corbiculidae								
Dreissenidae								
Sphaeriidae								
Unionidae								
ARTHROPODA								
Arachnida (Inf.-CL) Acari								
Hydracarina								
Malacostraca (Crustacea)								
Branchiopoda								
Amphipoda								
Corophiidae								
Gammaridae			2 101					
Niphargidae								
Isopoda								
Asellidae								
Janiridae								
Mysida								
Mysidae								
Decapoda								
Astacidae								
Cambaridae								
Insecta								
Ephemeroptera								
Ameletidae								
Baetidae			2 101					
Caenidae								
Ephemerellidae								
Ephemeridae								
Heptageniidae								
Leptophlebiidae								
Oligoneuridae								
Polymitarcyidae								
Potamanthidae								
Siphonuridae								
Odonata								
Aeshnidae								
Calopterygidae								
Coenagrionidae								
Cordulegasteridae								
Corduliidae								
Gomphidae								
Lestidae								
Libellulidae								
Platycnemididae								
Plecoptera								
Capniidae								
Chloroperlidae								
Leuctridae								
Nemouridae								
Perlidae								
Perlodidae								
Taeniopterygidae								
Heteroptera								
Aphelocheiridae								
Corixidae								
Gerridae								
Hebridae								
Hydrometridae								
Mesoveliidae								
Naucoridae								
Nepidae								
Notonectidae								
Pleidae								
Veliidae								
Megaloptera								
Sialidae								
Neuroptera								
Osmiidae								
Sisyridae								
Coleoptera								
Curculionidae								
Chrysomelidae								
Dryopidae								
Dytiscidae								
Elmidae			4					
Gyrinidae								
Halplidae								
Helophoridae								
Hydraenidae								
Hydrochidae								
Hydrophilidae			3					
Hydroscaphidae								
Hygrobiidae								
Noteridae								
Psephenidae								
Scirtidae (=Helodidae)			2					
Spercheidae								
Hymenoptera								
Trichoptera								
Apataniidae								
Beraeniidae								
Brachycentridae								
Ecmonidae								
Glossosomatidae								
Goeridae								
Helicopsychidae								
Hydropsychidae			3 11					
Hydroptilidae								
Lepidostomatidae								
Leptoceridae								
Limnephilidae								
Molannidae								
Odonoceridae								
Philoportamidae								
Phryganeidae								
Polycentropodidae								
Psychomyiidae								
Ptilocolepidae								
Rhyacophilidae			4 5					
Sericostomatidae								
Lepidoptera								
Diptera								
Anthomyiidae/Muscidae								
Athericidae								
Blephariceridae								
Ceratopogonidae								
Chaoboridae								
Chironomidae								
Culicidae								
Cylindrotomidae								
Dixidae								
Dolichopodidae								
Empididae			1					
Ephydriidae								
Limoniidae/Pediciidae								
Psychodidae								
Psychopteridae								
Rhagionidae			1					
Scatophagidae								
Sciomyzidae								
Simuliidae			1					
Stratiomyidae			11					
Syrphidae								
Tabanidae								
Thaumaleidae								
Tipulidae								
Abondances : 1-10 ==> nombre absolu (11-100 ==> 11 (101-1000 ==> 101 (>1000 ==> 1001 ou [x] <input type="checkbox"/> nombres absolus uniquement								
Préleveur/se (leg) modifier si différent			Σ taxons : 14			=> Classe de variété VT		
A. Baron, S. Hottinger			Groupe indicateur GI (max.) : 4			Valeur IBCH		
Résultat indice IBCH						5		
						8		

Ce tableau obtenu sur le site de l'OFEV calcule directement la valeur IBCH du tronçon considéré. Comme mentionné ci-dessus, il est aussi possible de calculer cet indice avec le tableau mettant en relation la variété taxonomique de la placette échantillonnée avec les groupes faunistiques indicateurs.

5.2.3 Résultats et discussion

Les organismes trouvés sur notre placette qui sont les plus exigeants en ce qui concerne la qualité du milieu dans lequel ils peuvent vivre sont les Rhyacophilidae. Ceux-ci, lorsqu'ils sont trouvés en même temps que 14 taxons différents dans un cours d'eau, mènent à une note IBCH de 8. Cette note est qualifiée par la méthode comme médiocre, et définit la portion du cours d'eau considérée comme étant peu apte à abriter un nombre diversifié d'organismes aquatiques.

Voici les notes IBCH trouvées à chaque point considéré au cours des dernières années.

	1M	2M	3P	4M	5M	7S	8S	6C
2007	12	7		5	4	9	7	9
2009	14	8		7	6	8	6	7
2010	8	7		5	7	8	6	3
2011	9	6	6		5	5	3	6
2012	9	5	5	5	5	7	6	5
2013	10	4	7		5	7	6	5
2014	10	7	6	5	5	8	5	7
2015	13	7		8	7	9	7	8

Etat biologique	IBCH	Couleur
très bon	17–20	bleu
Bon	13–16	vert
Moyen	9–12	jaune
Médiocre	5–8	orange
Mauvais	0–4	rouge

Nous voyons que les zones situées en amont de la Mèbre et de la Sorge présentent une note IBCH meilleure que les placettes situées en aval, dans des zones très urbanisées.

Le point 1M présente des notes plutôt suffisantes, qui vont en s'améliorant depuis 2010. Ce lieu se situe avant les rejets effectués par les deux stations d'épurations, et ne souffre pas encore des pollutions liées aux activités industrielles. Les zones rurales situées à proximité sont néanmoins susceptibles de polluer le cours d'eau avec des engrais contenant de l'azote ou du phosphore, et ainsi diminuer la concentration en

oxygène de la rivière. Les organismes les plus exigeants en termes d'oxygène dissous ne seront donc pas présents, d'où une note oscillant entre les qualités bonne et médiocre.

Aux points 2M, 3P, 4M et 5M, nous retrouvons essentiellement des individus capables de supporter des charges polluantes importantes. En effet, la Mèbre traverse des zones agricoles, reçoit des effluents de STEP, des déversoirs d'orages, de l'eau ayant ruisselé sur les routes, etc. Tous ces éléments créent des conditions néfastes au développement d'organismes exigeants en termes d'oxygène dissous.

Le constat est plus ou moins le même en ce qui concerne la placette 7S et 8S. En moyenne, les valeurs trouvées au point 7S sont meilleures qu'au point 8S. Néanmoins, à la station 7S, les notes IBCH oscillent plutôt entre 7 et 9 de par la présence d'une STEP en amont. La faculté d'autoépuration de la rivière est limitée, la charge polluante est trop importante et les organismes la dégradant n'arrivent pas à la réduire suffisamment. Cela implique que plus on va vers l'aval, moins bonnes sont les notes IBCH car le cours d'eau accumule plus de substances polluantes qu'il n'arrive à en épurer.

Il faut encore mentionner que comme les mesures n'ont pas été faites à la période recommandée par le protocole, les résultats obtenus sont susceptibles de sous-estimer la note IBCH réelle, qui aurait dû être évaluée entre le mois de mars et le mois de mai. De par l'absence de certains organismes qui ne sont plus sous forme larvaire par exemple en octobre, les notes trouvées peuvent être augmentées de 1 ou 2 points afin de coller mieux à la réalité.

Les analyses physico-chimiques effectuées précédemment laissaient envisager une eau de meilleure qualité biologique que les résultats trouvés dans cette section. Peu importe les substances retrouvées dans l'eau, si les organismes aquatiques exigeant une pollution faible des eaux pour se développer ne sont pas présents, c'est que la qualité de l'environnement ne leur convient pas. Les mesures faites pour les paramètres physico-chimiques sont ponctuels, tandis qu'un organisme aquatique requiert des conditions favorables tout au long de l'année pour survivre.

6 Conclusion

Au cours de ce rapport, nous avons analysé beaucoup de données et de facteurs différents, d'abord séparément, puis nous avons essayé d'en comprendre l'évolution par catégories de facteurs (macrofaune, macro et micropolluants). Le but de cette conclusion est donc de fournir au mieux une vue d'ensemble de notre travail ainsi que l'évaluation générale de la qualité des trois cours d'eau étudiés.

Nous avons en premier lieu étudié la **qualité chimique** de l'eau. Selon le rapport *De source sûre* sur la qualité des cours d'eau vaudois établi par la Direction Générale de l'Environnement, la qualité générale de la Mèbre et de la Sorge serait mauvaise en aval. Alors que la qualité de la Mèbre ne s'améliore pas en aval, celle de la Sorge est considérée comme bonne juste avant la jonction des deux cours d'eau. Il en résulte que les eaux de la Chamberonne sont de qualité moyenne. Précisons que ces appréciations ont été faites entre 2010 et 2013. En les comparant à nos résultats nous remarquons qu'elles ne correspondent pas à l'évaluation que nous pourrions faire. En analysant nos données, nous avons observé que jusqu'en 2013 la qualité chimique de l'eau était dans l'ensemble assez bonne voire très bonne, sauf pour la teneur en carbone organique total qui nous indique une qualité plutôt moyenne des cours d'eau. Mais nous assistons en 2014 et en 2015 à une grande baisse de la qualité des eaux causée par une augmentation de la quantité de carbone organique présente, essentiellement sous forme dissoute. En effet, un accroissement de la teneur en matière organique des eaux douces indique que le phénomène d'eutrophisation est en train de se produire, processus qui peut mener à mort de la faune et de la flore locale.

Les **PCBs** quant à eux sont présents en quantités très variables et ne dépassent que très peu la limite établie par l'OFEV. Que ce soit pour les PCBs mesurés sur notre portion de la Mèbre ou pour la quantité totale de PCBs mesurée tout au long des différents cours d'eau, aucune des valeurs mesurées cet automne ne dépasse la valeur limite. Le PCB le plus présent dans les sédiments est le *cb 153*, avec plus de 1ng/g sédiments, soit 10 fois moins que la concentration maximale autorisée par l'OFEV. Néanmoins ce composé peut être particulièrement problématique pour les organismes aquatiques car il est suspecté de réduire la fertilité des individus mâles lorsqu'il s'est accumulé dans leur corps en trop grande quantité. Quant à l'évolution des concentrations observées au fil de la rivière et au cours des années, nous remarquons que la teneur en PCBs peut varier fortement. Les concentrations les plus élevées sont évidemment observées aux environs des sites pollués et des sites industriels, mais certains pics surviennent brusquement et de façon inexplicable. Par ailleurs, nous pouvons voir que seulement trois des valeurs observées sur toute la période étudiée dépassent le seuil maximal imposé par l'OFEV, ce qui est plutôt positif. Toutefois nous ne connaissons pas l'effet des différentes concentrations de PCBs sur les organismes de la rivière.

En ce qui concerne les **métaux lourds**, nous avons tenté d'étudier la tendance de l'évolution des quantités de chrome, de cuivre, de nickel et de zinc contenu dans l'eau, ainsi que de comprendre l'origine des variations de concentration. Nous avons découvert que les teneurs en métaux lourds ne dépassaient jamais les valeurs limites de l'OFEV. Plus précisément, la valeur limite autorisée a été atteinte une seule fois sur toute la période étudiée. Cette valeur maximale a été observée pour le cuivre en 2013 à la station 8S. Cette augmentation est tellement subite qu'il est probable qu'elle provienne d'une erreur de mesure. Il faut dire que nous avons à chaque fois essayé d'expliquer les phénomènes observés, que ce soit le long des cours d'eau ou au fil des années. Nous

avons en avons conclu que l'eau contient toujours une certaine quantité de métaux lourds, présente naturellement ou provenant de l'activité humaine, et que les hausses observées sont surtout dues à l'industrie et à l'agriculture.

Lorsque nous analysons la **faune benthique** de la Mèbre et de la Sorse, nous remarquons que la qualité est sensiblement la même sur les huit années d'observation. La zone de meilleure qualité est évidemment la station 1M, celle qui se trouve le plus en amont et qui se situe avant les stations d'épuration. Et encore elle n'est que moyenne, voire bonne. En revanche le reste de Mèbre, tout comme la Sorse, est de qualité médiocre et parfois même mauvaise. Ce résultat est bien différent de celui de la direction générale de l'environnement qui considère en 2011 l'amont de la Mèbre comme étant de très bonne qualité, la source de la Sorse comme moyenne et le début de la Chamberonne, marquée par la jonction des deux autres rivières, comme une eau de qualité moyenne.

En résumé, ce rapport a été pour nous l'occasion de découvrir de manière plus approfondie les enjeux des macro- et des micropolluants ainsi que l'importance de la faune benthique comme indicateur de la qualité des cours d'eau. De plus, l'évaluation des résultats nous a poussé à comprendre l'origine des apports de polluants et nous a confrontés aux difficultés de l'interprétation des résultats. Ce travail a donc servi de première expérience pratique d'analyse des polluants dans l'environnement.

7. Références

<http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lessentiel/s/nitrates-autres-macropolluants-eaux.html>
<http://www.rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/macropolluants-r1113.html>
<http://www.lenntech.fr/applications/ultrapure/conductivite/eau-conductivite.htm>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Conductivit%C3%A9_%C3%A9lectrique
http://www.troussedeslacs.org/pdf/fiche_conductivite.pdf
<http://www.igz.ch/fr/produkte/themes.asp?action=download&fileid=8574>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorure>
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19983281/index.html>
<http://www.doctissimo.fr/html/nutrition/dossiers/eau/articles/13256-chlorures.htm>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Sulfate>
<http://www.universalis.fr/encyclopedie/eutrophisation/>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrate>
<http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/environnement/nitrates/comment-nitrates-sont-ils-utilises>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrite>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrification>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Ammoniac#Toxicologie>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Cycle_de_l'azote
<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/21279/ch01.html>
<http://www.bafu.admin.ch/chemikalien/prtr/07159/07189/index.html?lang=fr>
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01540/index.html?lang=fr&lang=fr>
http://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/eau/fichiers_pdf/qualite_rivieres_SourceSure_mai2015.pdf

<http://www.asef-asso.fr/problematiques-emergentes/nos-syntheses/1535-les-metaux-lourds-quels-risques-pour-la-sante-la-synthese-de-l-asef>
<http://www.lenntech.fr/francais/data-perio/zn.htm>
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19981783/index.html>
http://www.maine-et-loire.chambagri.fr/fileadmin/documents_ca49/internet/Listes_fe/Documents_techniques_viti/115_2012_VITI_utilisation_cuivre.pdf
<https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19970387/index.html>
http://etab.ac-poitiers.fr/coll-sauze-vaussais/IMG/pdf/Chap1_Les_metaux_et_leurs_utilisations-2.pdf
<http://www.sln.nc/quoi-sert-le-nickel>
<https://fr.wikipedia.org/wiki/Zinc#Utilisations>

Annexe 1

NBCH : Grille d'échantillonnage							ID :
Cours d'eau :			Date :	Point de départ (X/Y) :			
Lieu :			Altitude :		Préleveur /se (leg) :		
Vitesses (classes en ~ cm/s)			V > 150	150 > V > 75	75 > V > 25	25 > V > 5	
Habitabilité (V-vitesse / S substrat)			2	4	5	3	
Substrats recouvrement %<			S*			V < 5 1	
Blocs mobiles >250 mm		10					Remarques
Bryophytes		9					
Spermaphytes immergées (hydrophytes)		8					
Eléments organiques grossiers (litières, bois, racines)		7					
Sédiments minéraux de grande taille (pierres, galets) 250 mm > Ø > 25 mm		6					
Granulats grossiers 25 mm > Ø > 2.5 mm		5					
Spermaphytes émergents de strate basse (helophytes)		4					
Sédiments fins +/- organiques "vases" Ø < 0.1 mm gouille marginale		3					
Sables et limons Ø < 2.5 mm		2					
Surfaces naturelles et artificielles (roches, dalles, sols, parois) blocs scellés		1					
Algues ou à défaut marnes et argiles		0					
			V** Vitesse du courant, S** Substrat				substrat dominant :
			habitatité décroissante (10: très bonne, 0: minimale)				x 10 = longueur du tronçon [m]
			recouvrement: (1) faible (1-5%) / (2) peu abondant (6-10%) / (3) abondant (11-50%) / (4) très abondant (>50%)				

Annexe 2

IBCH		Protocole-terrain-données principales				ID :																																																											
Cours d'eau :		Date :		Point de départ (X/Y) :																																																													
Lieu :		Altitude :		Préleveur /se (leg) :																																																													
ECOMORPHOLOGIE (proximité point de départ)		ASPECT GENERAL cochez ce qui convient ☑																																																															
Largeur moyenne en mètres <input style="width: 50px;" type="text"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Boue</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">déversement <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">beaucoup <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Boue	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>		beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>																																				
Boue	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>																																																												
	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>																																																												
	beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>																																																												
Mise sous terre oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Turbidité</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">déversement <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">marais <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">chantier <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">exutoire lac <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">forte <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">centrale hydroélec. <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">glacier <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">instabilité des rives <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">torrent <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Turbidité	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		marais <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	chantier <input type="checkbox"/>		exutoire lac <input type="checkbox"/>		forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	centrale hydroélec. <input type="checkbox"/>		glacier <input type="checkbox"/>				instabilité des rives <input type="checkbox"/>		torrent <input type="checkbox"/>						<= autre <input type="checkbox"/>																								
Turbidité	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		marais <input type="checkbox"/>																																																												
	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	chantier <input type="checkbox"/>		exutoire lac <input type="checkbox"/>																																																												
	forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	centrale hydroélec. <input type="checkbox"/>		glacier <input type="checkbox"/>																																																												
			instabilité des rives <input type="checkbox"/>		torrent <input type="checkbox"/>																																																												
					<= autre <input type="checkbox"/>																																																												
Nombreux seuils naturels oui <input type="checkbox"/> non <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Coloration</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">colorant dissous <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">chantier <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">colorant particulaire <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">marais <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">forte <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">exutoire lac <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Coloration	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	colorant dissous <input type="checkbox"/>		chantier <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	colorant particulaire <input type="checkbox"/>		marais <input type="checkbox"/>		forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			exutoire lac <input type="checkbox"/>						<= autre <input type="checkbox"/>																														
Coloration	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	colorant dissous <input type="checkbox"/>		chantier <input type="checkbox"/>																																																												
	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	colorant particulaire <input type="checkbox"/>		marais <input type="checkbox"/>																																																												
	forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			exutoire lac <input type="checkbox"/>																																																												
					<= autre <input type="checkbox"/>																																																												
Variabilité de la largeur du lit prononcée <input type="checkbox"/> limitée <input type="checkbox"/> nulle <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Mousse</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">déversement <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">marais <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">beaucoup <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">purin <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">exutoire lac <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">Ranunculus <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Mousse	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		marais <input type="checkbox"/>		beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>		exutoire lac <input type="checkbox"/>				<= autre <input type="checkbox"/>		Ranunculus <input type="checkbox"/>																														
Mousse	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>																																																												
	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		marais <input type="checkbox"/>																																																												
	beaucoup <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	purin <input type="checkbox"/>		exutoire lac <input type="checkbox"/>																																																												
			<= autre <input type="checkbox"/>		Ranunculus <input type="checkbox"/>																																																												
Variabilité de la profondeur prononcée <input type="checkbox"/> limitée <input type="checkbox"/> nulle <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Odeur</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">déversement <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">prod. de nettoyage <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">pourriture <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">forte <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Odeur	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	prod. de nettoyage <input type="checkbox"/>		pourriture <input type="checkbox"/>		forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>																																				
Odeur	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>																																																												
	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	prod. de nettoyage <input type="checkbox"/>		pourriture <input type="checkbox"/>																																																												
	forte <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>																																																												
Aménagement du fond du lit nul <input type="checkbox"/> localisé <10% <input type="checkbox"/> moyen 10-30% <input type="checkbox"/> important 30-60% <input type="checkbox"/> prépondérant >60% <input type="checkbox"/> total 100% <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Sulfure de fer</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non 0% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">forte chute de files <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">moyen <25% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">déversement <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">beaucoup >25% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Sulfure de fer	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non 0% <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>	moyen <25% <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>		beaucoup >25% <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>																																				
Sulfure de fer	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non 0% <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	forte chute de files <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>																																																												
	moyen <25% <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	déversement <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>																																																												
	beaucoup >25% <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>			<= autre <input type="checkbox"/>																																																												
Matériau de l'aménagement du fond du lit empierrement_enrochement <input type="checkbox"/> autre (imperméable) <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Colmatage</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">peu/moyen <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">fort <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>					Colmatage	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>				peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>					fort <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>																																					
Colmatage	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>																																																														
	peu/moyen <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>																																																														
	fort <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>																																																															
Bois mort dans le lit amas <input type="checkbox"/> disséminé <input type="checkbox"/> absent_localisé <input type="checkbox"/>		<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Déchets EE*</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">aucun <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Autres déchets</td> <td style="text-align: center;">aucun <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">a.hygiéniques <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">isolés <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">isolés <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">papier -WC <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">nombreux <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">nombreux <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">sac à ordures <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">* (déchets provenant de l'évacuation des eaux)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">emballages <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Déchets EE*	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		aucun <input type="checkbox"/>	Autres déchets		aucun <input type="checkbox"/>	a.hygiéniques <input type="checkbox"/>		isolés <input type="checkbox"/>	isolés <input type="checkbox"/>		papier -WC <input type="checkbox"/>			nombreux <input type="checkbox"/>	nombreux <input type="checkbox"/>		sac à ordures <input type="checkbox"/>				* (déchets provenant de l'évacuation des eaux)		emballages <input type="checkbox"/>						<= autre <input type="checkbox"/>																								
Déchets EE*	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	aucun <input type="checkbox"/>	Autres déchets		aucun <input type="checkbox"/>	a.hygiéniques <input type="checkbox"/>																																																												
	isolés <input type="checkbox"/>	isolés <input type="checkbox"/>		papier -WC <input type="checkbox"/>																																																													
	nombreux <input type="checkbox"/>	nombreux <input type="checkbox"/>		sac à ordures <input type="checkbox"/>																																																													
		* (déchets provenant de l'évacuation des eaux)		emballages <input type="checkbox"/>																																																													
				<= autre <input type="checkbox"/>																																																													
Renforcement du pied de berge <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>rive gauche</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>droite</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">nul <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">localisé <10% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">moyen 10-30% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">important 30-60% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">prépondérant >60% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">total 100% <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		<i>rive gauche</i>	<i>droite</i>	nul <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	localisé <10% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	moyen 10-30% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	important 30-60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	prépondérant >60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	total 100% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Organismes hétérotroph.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>présence</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>cause</i></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>remarques</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">non <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">naturelle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">purin <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">isolé <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">drainage <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">peu <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">inconnue <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">forte chute de files <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">moyen <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">déversement <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">beaucoup <input type="checkbox"/></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><= autre <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Organismes hétérotroph.	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>		non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>		isolé <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>			peu <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>		forte chute de files <input type="checkbox"/>			moyen <input type="checkbox"/>			déversement <input type="checkbox"/>			beaucoup <input type="checkbox"/>										<= autre <input type="checkbox"/>	
<i>rive gauche</i>	<i>droite</i>																																																																
nul <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
localisé <10% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
moyen 10-30% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
important 30-60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
prépondérant >60% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
total 100% <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Organismes hétérotroph.	<i>présence</i>		<i>cause</i>		<i>remarques</i>																																																												
	non <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>	naturelle <input type="checkbox"/>		purin <input type="checkbox"/>																																																												
	isolé <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>		drainage <input type="checkbox"/>																																																												
	peu <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>	inconnue <input type="checkbox"/>		forte chute de files <input type="checkbox"/>																																																												
	moyen <input type="checkbox"/>			déversement <input type="checkbox"/>																																																													
	beaucoup <input type="checkbox"/>																																																																
					<= autre <input type="checkbox"/>																																																												
Perméabilité du renforcement du pied de berge <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>gauche</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>droite</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">perméable <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">imperméable <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		<i>gauche</i>	<i>droite</i>	perméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	imperméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="width: 10%; vertical-align: top;">Végétation</td> <td colspan="2" style="text-align: center;"><i>pas ou peu <10%</i></td> <td style="text-align: center;"><i>moyen</i></td> <td style="text-align: center;"><i>beaucoup >50%</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">algues <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">mousses <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">macrophytes <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>					Végétation	<i>pas ou peu <10%</i>		<i>moyen</i>	<i>beaucoup >50%</i>	algues <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	mousses <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		macrophytes <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																			
<i>gauche</i>	<i>droite</i>																																																																
perméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
imperméable <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Végétation	<i>pas ou peu <10%</i>		<i>moyen</i>	<i>beaucoup >50%</i>																																																													
	algues <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
	mousses <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
	macrophytes <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																													
Largeur des rives <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>gauche</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>droite</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">indication en [m] <input style="width: 50px;" type="text"/></td> <td style="text-align: center;"><input style="width: 50px;" type="text"/></td> </tr> </table>		<i>gauche</i>	<i>droite</i>	indication en [m] <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																												
<i>gauche</i>	<i>droite</i>																																																																
indication en [m] <input style="width: 50px;" type="text"/>	<input style="width: 50px;" type="text"/>																																																																
Nature des rives <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>gauche</i></td> <td style="width: 50%; text-align: center;"><i>droite</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">typique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">atypique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">artificielle <input type="checkbox"/></td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>		<i>gauche</i>	<i>droite</i>	typique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	atypique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	artificielle <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																								
<i>gauche</i>	<i>droite</i>																																																																
typique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
atypique d'un cours d'eau <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
artificielle <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																
Informations supplémentaires (BDM-EPT & NAWA)																																																																	
Déplacement de l'échantillonnage <input type="checkbox"/> raison :		Adultes capturés																																																															
Abandon de la station <input type="checkbox"/> raison :		Ephemeroptera <input type="checkbox"/> Plecoptera <input type="checkbox"/> Trichoptera <input type="checkbox"/>																																																															

AQ/ps_ver_20150128