
Rapport de stage individuel
4^{ème} année
**Expérimentation du flux
écologique de la rivière Mincio
en Italie du Nord**

Université de Parme
Via Università, 12
43121 Parma

Tuteur entreprise :
Marco Bartoli
Professeur associé



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

Tuteur académique :
Stéphane Rodrigues

Camille
Boccagny
IUT
2021-2022

Table des matières

Table des figures	3
Table des abréviations	4
Introduction	5
I. Structure d'accueil	6
1. Une université attentive à son environnement	6
2. Un campus rassemblant les disciplines scientifiques au sud de la ville	6
3. Un laboratoire d'analyse en écologie aquatique	7
II. Projet d'étude du flux écologique d'une rivière italienne	9
1. Introduction du projet	9
• Contexte général du projet	9
• Le Mincio, entre le lac de Garde et le Pô	10
• Le canal Osone	12
• Problématique de l'étude	12
2. Matériels et méthodes	13
• Mesure du débit de la rivière	13
• Identification des communautés	13
• Identification de la pollution chimique	13
3. Résultats observés	15
4. Discussion et conclusion de l'étude	17
IV. Retour sur l'expérience	20
1. Démarche	20
2. Méthode détaillée	21
3. Analyse critique des résultats produits	26
4. Propositions de pistes de changement	27
5. Projection dans un métier	27
Sources	29
Bibliographie	30
VI. Annexes	31
• Annexe 1 – Recherche de points à échantillonner dans la rivière Osone	31
• Annexe 2 – Saisie Excel et calculs	35

Table des figures

Figure 1 : Logo de l'Université de Parme (<https://www.masteretudes.fr/universites/Italie/UParma/> , 30/05/2022)

Figure 2 : Capture d'écran de Parme et ses environs (<https://www.google.fr/maps> , 30/05/2022)

Figure 3 : Photographie de la Cascina Ambolana, campus de l'université de Parme (<https://www.unipr.it/notizie/1-dicembre-seminario-organizzazione-di-un-sistema-di-sicurezza-e-ambiente-aziendale>, 07/06/2022)

Figure 4 : Photographies des locaux du stage

Figure 5 : Capture d'écran de la plaine du Pô (<https://earth.google.com/web/> , 09/06/2022)

Figure 6 : Capture d'écran d'une vue aérienne de la rivière Mincio (projet QGIS, C. Boccagny, 10/06/2022)

Figure 7 : capture d'écran de la séparation à Pozzolo (<https://earth.google.com/web/>, 10/06/2022)

Figure 8 : Capture d'écran d'une vue aérienne de la rivière Mincio et ses canaux (projet QGIS, C. Boccagny, 10/06/2022)

Figure 9 : Vue aérienne du canal Osone se jetant dans le Mincio (<https://earth.google.com/web/>, 10/06/2022)

Figure 10 : Schéma résumant les sous-parties du projet

Figure 11 : Capture d'écran des résultats SRP Mincio (Excel)

Figure 12 : Capture d'écran des résultats Chl a Mincio (Excel)

Figure 13 : Capture d'écran des résultats TSM Mincio (Excel)

Figure 14 : Graphique élaboré à partir des résultats des prélèvements aux stations d'épuration (Excel)

Figure 15 : Graphique élaboré à partir des résultats des prélèvements du canal Osone (Excel)

Figure 16 : Photographies du cahier de notes, résumé d'un article

Figure 17 : Captures d'écran du projet QGIS, les différentes utilisations des sols en couleur

Figure 18 : Capture d'écran de la vue aérienne de l'Osone et annotation des points choisis sur Google Earth

Table des abréviations

Chl a : Chlorophylle a

DIC : Carbone Inorganique Dissout

SRP : Soluble Reactive Phosphorus

TP : Total Phosphorus

TIP : Total Inorganic Phosphorus

TOP : Total Organic Phosphorus

TPP : Total Particulate Phosphorus

TSM : Total Suspended Matter

TSS : Total Suspended Solid

Introduction

Dans le cadre de mes études d'ingénieur, et plus précisément de ma deuxième année à l'école Polytech Tours en Aménagement et Environnement, j'ai souhaité réaliser un stage de 12 semaines à l'Université de Parme. Mon stage s'est déroulé du 2 mai au 22 juillet 2022. J'ai fait le choix de postuler à cette université italienne pour plusieurs raisons. Tout d'abord, afin de valider mon futur diplôme d'ingénieur, puisqu'une expérience dans un pays étranger d'au moins 12 semaines est nécessaire. Le choix de l'Italie était une évidence puisque j'ai fait, dans mon cursus scolaire, 7 années de cours d'italien. Il me paraissait alors plus simple de communiquer avec les personnes si je comprenais un minimum la langue. Cependant, étant plus à l'aise en anglais, j'ai eu la chance de pouvoir communiquer en anglais dans mon stage, tout en comprenant les discussions en italien. Enfin, étant venue quelques fois en vacances en Italie dans le passé, ce pays ne m'était pas inconnu et je ne me suis pas sentie perdue.

Au moment du choix de la structure dans laquelle je voudrai faire un stage, trois solutions s'offraient à moi. La première était d'intégrer un organisme public tel qu'une mairie, un organisme privé comme un bureau d'étude, ou bien une université. Ayant effectué un stage à la Métropole de Nice l'année dernière, et souhaitant réaliser un stage dans un bureau d'étude l'année prochaine, j'espérai acquérir de l'expérience dans une autre structure qu'une mairie publique et qu'une entreprise privée. Dans le but d'avoir de l'expérience dans les trois structures, afin de comprendre ce qui me convient le mieux. Le choix d'une université, où je pourrai avoir de l'expérience, notamment sur le terrain et dans un laboratoire, m'a beaucoup plu.

Suite à l'envoi de ma candidature à plusieurs universités italiennes, c'est M. Bartoli, un professeur de l'Université de Parme qui m'a proposé un stage intitulé "L'expérimentation du flux écologique du fleuve Mincio en Italie du Nord". Nous comprendrons ce que cela signifie plus en détails dans la suite de ce rapport. Ce sujet étant en adéquation avec mes recherches de stage, et me paraissant très intéressant, j'ai accepté sa proposition. Mes attentes pour ce stage étaient alors d'être en immersion dans un projet de recherche d'étude environnementale, où je pourrais découvrir l'organisation de ce projet en diverses tâches de terrain, de laboratoire, d'analyses de données, de rédaction de conclusions, avec de nombreuses personnes impliquées.

Dans ce rapport de stage, je présenterai tout d'abord l'université, la localisation du lieu de mon stage, ses caractéristiques. Puis, j'expliquerai le projet dans lequel j'ai été intégrée : son contexte, ses objectifs et la manière dont nous ferons pour mener le projet. Je présenterai également les différentes missions qui m'ont été confiées dans le cadre du projet, mes activités, les livrables que j'ai réalisés. Enfin, je ferai un retour sur mon expérience dans ce stage et mes ressentis.

I. Structure d'accueil

1. Une université attentive à son environnement

J'ai effectué mon stage à l'université de Parme (figure 1), dans le Nord de l'Italie. Il s'agit d'une grande université regroupant plus de 25 000 étudiants sur divers sites selon les domaines enseignés. Elle compte 1 800 professeurs et personnel administratif. (1)

Cette université est très ancienne, elle a été fondée en 962. Des archives ont notamment été retrouvées datant du XI et XII^{ème} siècle. C'est en 1887 qu'elle devient une université à part entière. De nos jours, Paolo Andrei en est le directeur.



Figure 1 : Logo de l'Université de Parme

(<https://www.masteretudes.fr/universites/Italie/UParma/> , consulté le 30/05/2022)

L'université de Parme ne figure pas dans le classement des meilleures universités d'Italie. Elle n'est pas située dans une grande ville et est surtout qu'à une centaine de kilomètres de l'université de Bologne, deuxième université d'Italie. Cependant, cette université est fortement tournée vers l'environnement et ses disciplines scientifiques y sont très bien expliquées. Elle est, par exemple, intégrée dans un plan de respect de l'environnement depuis de nombreuses années et a eu notamment des actions entre 2020 et 2022 pour que l'université devienne plus durable. (2) Sa localisation entre plaines et rivières, non loin de la chaîne de montagne "les Apennins" et des côtes Méditerranéenne et Adriatique, lui offre de nombreux terrains d'études environnementales. Il est très courant de voir des groupes d'étudiants partir en excursion avec leurs professeurs afin d'appliquer leurs cours sur le terrain.

2. Un campus rassemblant les disciplines scientifiques au sud de la ville

Parmi les 12 facultés, j'ai intégré celle des Sciences naturelles. Cette faculté se situe dans le campus au Sud de la ville, au pôle scientifique, surligné en jaune à la figure 2. Ce campus de 77 hectares comprend des installations sportives, des services pour tous les étudiants et quatre départements scientifiques (agroalimentaire, pharmaceutique, ingénierie et architecture, sciences mathématiques, physiques et naturelles). (1)

Ce campus est à la fois une grande étendue où cela paraît long de traverser à pied et un concentré de lieux rendant la vie agréable aux étudiants. En saison estivale, les grandes étendues d'herbes coupées sous les arbres sont le lieu de regroupement des étudiants à la pause du déjeuner ou bien à la sortie des cours. Sinon, un bar et un self permettent de se restaurer à faible

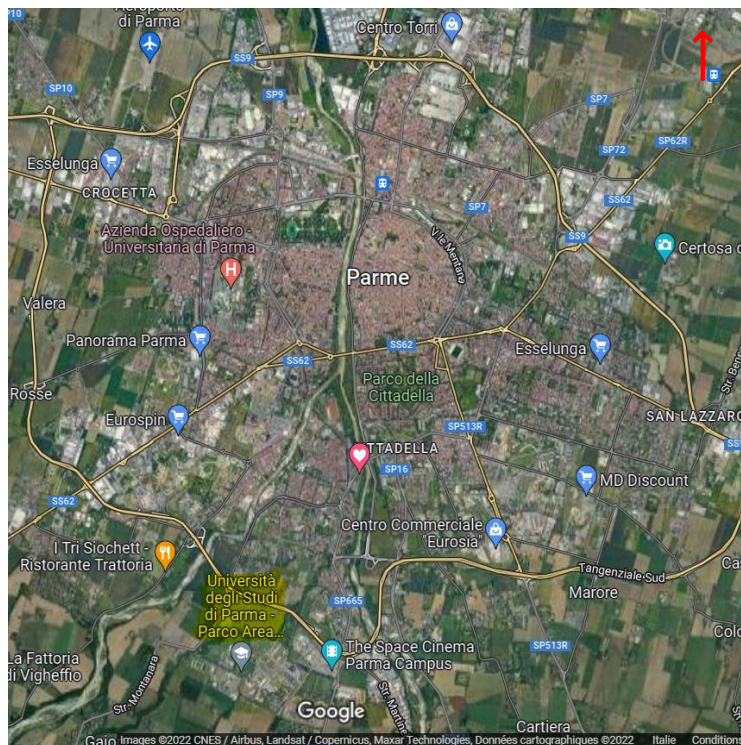


Figure 2 : Capture d'écran d'une vue aérienne de la ville de Parme et ses environs, campus surligné en jaune (<https://www.google.fr/maps> , consulté le 30/05/22)

coût. Le bar ouvre même ses portes le week-end avec sa piscine pour se détendre. De plus, une forte volonté de respect de l'environnement de la part des gérants de l'université peut être observée : installation de nombreuses poubelles de recyclage, pistes cyclables, plantations de jardins, hôtels à insectes, ...

3. Un laboratoire d'analyse en écologie aquatique

Mon stage s'est déroulé dans le bâtiment "La Cascina Ambolana" situé à l'Est du campus (figure 3). Il s'agit d'une ancienne ferme et ce bâtiment fait partie du département des sciences chimiques, de la vie et de l'environnement durable. Il est composé de salles de classes et à l'étage des laboratoires d'écologie aquatique et de biologie végétale. Mon bureau était donc au sein du laboratoire d'écologie aquatique, dirigé par mon maître de stage, M. Marco Bartoli. Ce professeur associé est à la fois chercheur et professeur dans des domaines comme l'écologie aquatique, l'étude du fonctionnement de la biodiversité et des écosystèmes et aussi le management de la restauration des écosystèmes. Il est lui-même diplômé de l'université de Parme, où il a présenté une thèse dans le domaine de l'écologie et de la biogéochimie des lagunes côtières eutrophiques. (3)



Figure 3 : Photographie de la Cascina Ambolana dans le campus de l'université de Parme (<https://www.unipr.it/notizie/1-dicembre-seminario-organizzazione-di-un-sistema-di-sicurezza-e-ambiente-aziendale> , consulté le 07/06/22)

Dans le laboratoire d'analyses chimiques, j'ai pu rencontrer de nombreuses personnes : techniciens de laboratoire, étudiants, doctorants, professeurs. Les personnes avec lesquelles j'ai le plus travaillé ont été Claudio Ferrari un technicien de laboratoire, Edoardo Severini et Monia Magri deux doctorants finissant leur thèse. J'ai également pu échanger avec Sara Benelli (post-doc), Alice Dalla Vecchia (doctorante), Samuele Pagani (doctorant), Mindaudas Zilius (post-doc lituanien) et Rossano Bolpagni (chercheur en botanique aquatique).

Le laboratoire s'organise en plusieurs pièces (figure 4). Une première est dédiée aux expériences d'analyses chimiques, une autre comprend les machines telles que le spectrophotomètre, le pH-mètre. Il y a une pièce servant à nettoyer tout le matériel et où l'on l'incube les sédiments récoltés et des bureaux partagés où l'un d'entre eux sert à la filtration de l'eau.



Figure 4 : Photographies des locaux du stage (de gauche à droite : analyses, spectrophotométrie, incubation / lavage)

Ce laboratoire est le lieu de recherche pour de nombreux projets, faisant intervenir plusieurs personnes dans des domaines différents. Ces travaux de recherches ne sont pas seulement pour l'université de Parme, nous trouvons aussi des partenariats faits avec d'autres universités italiennes (Ferrara, Milano, Bologna, Bergamo) mais aussi à l'étranger notamment avec une université en Lituanie. C'est pour cette raison qu'aucun jour n'est pareil dans ce laboratoire. Certaines personnes partent des semaines en Sardaigne ou un mois en Pologne pour récolter des échantillons, un chercheur lituanien vient un mois à Parme pour travailler, il y a des échantillonnages sur plusieurs jours dans les environs de Parme, ... De plus, nous pouvons parfois rencontrer des chercheurs ou étudiants du laboratoire de biologie végétale qui utilisent les locaux (fours, spectrophotomètres, ...).

Après cette brève description du lieu de mon stage, nous allons présenter le projet dans lequel j'ai pu participer. Nous verrons quelles missions m'ont été confiées afin d'aider à la réalisation du projet dans ce laboratoire.

II. Projet d'étude du flux écologique d'une rivière italienne

1. Introduction du projet

Mon stage s'intègre dans un projet qui fait intervenir plusieurs acteurs et qui demande des connaissances dans différents domaines. Afin de comprendre au mieux les missions qui m'ont été confiées, nous devons tout d'abord élaborer un contexte de l'étude.

- **Contexte général du projet**

Le projet se situe dans le Nord de l'Italie. Nous nous trouvons dans la plaine du plus grand fleuve italien, le "Pô", où se déversent une multitude de rivières provenant de lacs en amont. Ce fleuve, même si nous ne l'étudions pas dans ce projet, est un exutoire, il subit donc tous les dérèglements observés en amont.

Nous pouvons apercevoir sur cette carte ci-dessous (figure 5) le Pô, et la taille de sa plaine. On peut apercevoir également la ville de Mantova (Mantoue), une ville importante et composée de trois lacs, que nous expliquerons par la suite.

Au nord, nous de nombreux lacs se dessinent entre les montagnes. Le lac de Garde, par exemple, est celui le plus à droite et influe sur la distribution de l'eau dans la plaine en aval, et notamment dans les rivières que nous souhaitons étudier dans ce projet. Il a été prouvé qu'aucune des rivières italiennes n'est totalement naturelle. Beaucoup d'entre elles subissent une régulation de leur débit au fil des saisons.

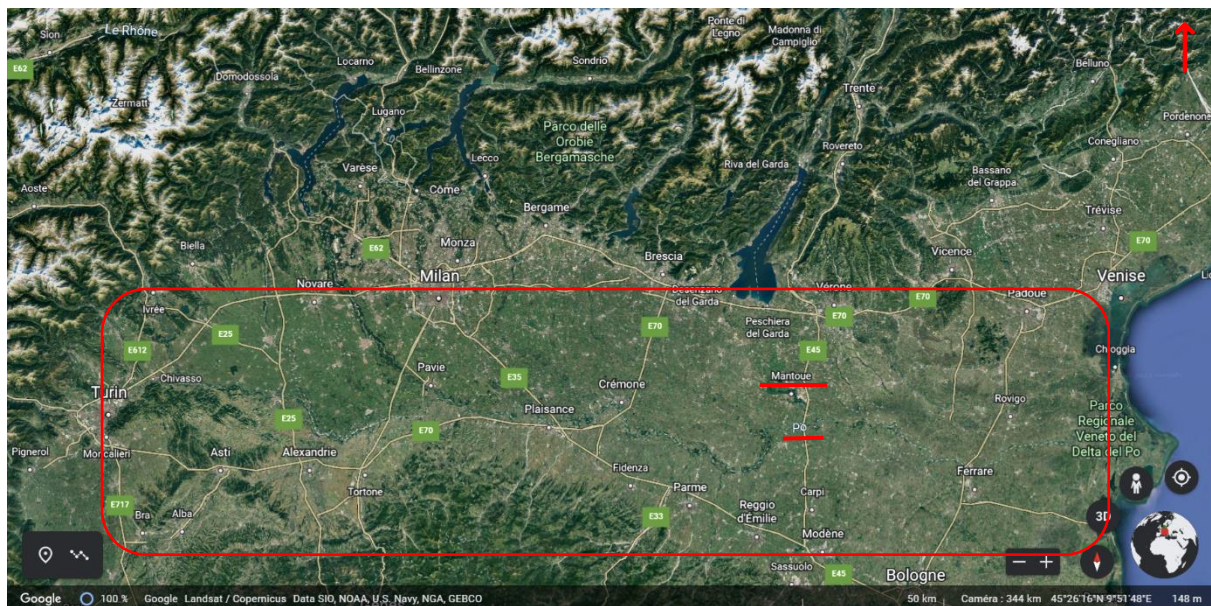


Figure 5 : Capture d'écran d'une vue aérienne de la plaine du Pô (encadrée en rouge) dans le nord de l'Italie (<https://earth.google.com/web/> , consulté le 09/06/2022)

L'objectif des chercheurs en écologie aquatique est d'identifier les conséquences de cette régulation de débit. Certains barrages ne maintiennent que 10% du débit initial de la rivière. Un niveau minimum d'eau étant nécessaire pour la survie et la reproduction de certaines espèces, cette régulation peut entraîner de lourds effets néfastes sur les écosystèmes aussi bien aquatiques que terrestres.

Si les habitants ont commencé à réguler le débit des rivières, c'était pour deux raisons principales. La première, est de protéger les habitations des inondations. La seconde est de récupérer de l'eau pour les activités agricoles. Ces rivières sont des aides précieuses pour les agriculteurs dans une région aussi

chaude. Soit, ils détournent une partie d'une rivière pour irriguer leurs terres, voire inondent leurs terres, soit ils prélèvent l'eau directement de la nappe souterraine. Toute l'eau ruisselant des champs érode les sols et se charge d'éléments chimiques, ce qui finit par contaminer l'eau. Cette contamination peut entraîner une dégradation de la qualité de l'eau et des écosystèmes à proximité. Nous comprenons bien ici que cette régulation de l'eau est pensée pour un intérêt humain et économique, sans y voir les conséquences que cela peut avoir sur la nature. Il est alors important et nécessaire d'étudier cette zone menacée par les activités anthropiques.

- **Le Mincio, entre le lac de Garde et le Pô**

L'essentiel des recherches de ce projet a pour objet d'étude la rivière du Mincio. Il s'agit d'un affluent du Pô et un émissaire du lac de Garde de 73 km. On peut voir sur la figure 6 ci-contre que le Mincio circule vers le sud, traverse quelques petites villes avant d'arriver dans une zone particulière. Nous pouvons voir encadré en rouge, une région très verte au nord de la ville de Mantova, bordée par le Mincio. Il s'agit d'une aire très caractéristique, la plus grande zone humide de la région. Ainsi, afin de préserver ce paysage si naturel en comparaison d'autres rivières italiennes, c'est dans cette zone plus restreinte que se concentreront les recherches.

Nous nous intéressons à la partie "naturelle" du Mincio, celle qui traverse la ville de Mantova. Mais il n'existe pas seulement cette partie naturelle. En effet, il est à noter qu'à la ville de Pozzolo, le fleuve se sépare en deux parties (figure 7).

La première, à l'ouest, est laissée à l'état naturel (en vert). La seconde, à l'est, est un canal artificiel, régulé par l'Homme (en blanc). Ce canal artificiel a été construit en 1950 afin de maîtriser l'eau et de protéger la ville de Mantova des inondations du Mincio. Il est très profond donc il n'y a peu de risques qu'il déborde. Le but est d'ouvrir le barrage à Pozzolo, donc d'ajouter de l'eau dans le canal artificiel lorsque le canal naturel semble être trop plein et risquerait d'inonder Mantova. Le canal artificiel n'est pas utilisé toute l'année, il est alors souvent sec avec de la végétation qui s'y développe sur son fond.

Nous avons placé la ville Pozzolo comme kilomètre 0 pour l'étude approfondie du Mincio. C'est à ce point que débutera l'échantillonnage, il s'agira du point le plus en amont.

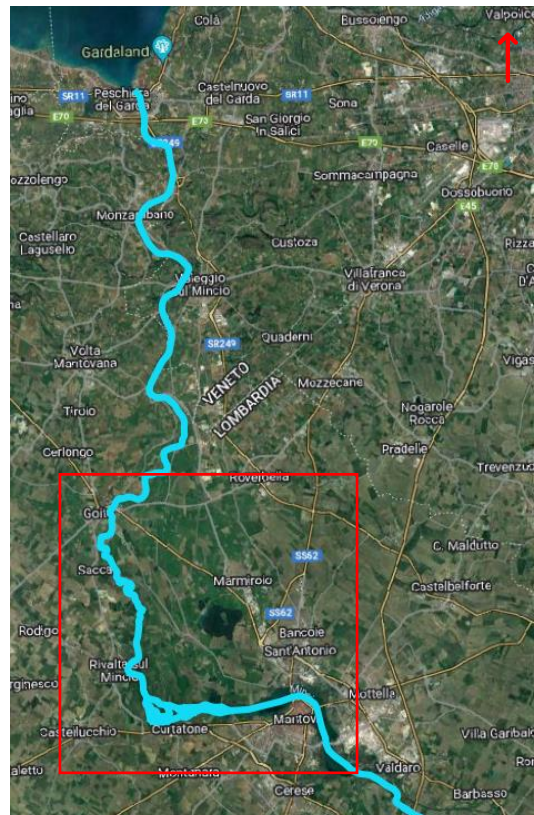


Figure 6 : Capture d'écran d'une vue aérienne de la rivière Mincio, le tracé de la rivière en bleu, la zone humide et naturelle encadrée en rouge (QGIS)



Figure 7 : Capture d'écran de la vue aérienne de la séparation à Pozzolo (canal naturel en vert, artificiel en blanc) (<https://earth.google.com/web/>, consulté le 10/06/22)

Le Mincio circule donc vers le sud jusqu'à traverser la ville de Mantova par ses trois lacs. Cette ville est entourée d'eau depuis des siècles. A l'origine, les habitants avaient trouvé cela judicieux d'utiliser l'eau provenant du Mincio afin d'entourer leurs remparts pour leur protection. Il y avait quatre lacs : le lac supérieur à l'est de la ville, le lac moyen au nord, le lac inférieur à l'ouest et le lac Paiolo au sud. Cependant, depuis le XVII^{ème} siècle, suite au transport de matériaux solides par le Mincio, les lacs se transforment peu à peu en marécages. Les habitants prennent donc la décision d'assécher le dernier lac au sud pour maintenir les trois premiers. Aujourd'hui, nous retrouvons les 3 lacs, appréciés pour les sports aquatiques comme le canoë et pour son impressionnante floraison de fleurs de lotus.

Ces lacs étant remplis par le Mincio et à 8 kilomètres de notre point initial, nous avons défini le début du premier lac comme le point le plus en aval pour notre étude approfondie. L'essentiel de l'échantillonnage se trouvera donc entre Pozzolo et les lacs, sur une distance de 8 kilomètres.

La qualité des eaux du Mincio est bien entendu influencée par les différents canaux se jetant dedans. Comme dit précédemment, le débit est régulé avec le canal artificiel, mais les canaux entrants et sortants du Mincio et la contribution de la nappe phréatique influent sur son débit. Son débit est de 60m³/s mais nous devons identifier le budget total influencé par les canaux et la nappe. Le Mincio possède trois canaux principaux : Osone (violet), Goldone (vert) et Bertone (orange) (figure 8).

- Osone, où nous remarquons une mauvaise qualité des eaux, une apparence claire et trouble en vue aérienne (figure 9)
- Goldone, où nous remarquons également une mauvaise qualité des eaux
- Bertone, où nous voyons une eau de meilleure qualité, des eaux très transparentes et bleues où les massifs de macrophytes forment des tâches sombres en vue aérienne.

Il sera alors intéressant de procéder à des études de ces canaux afin de comprendre l'influence qu'ils ont sur le Mincio.

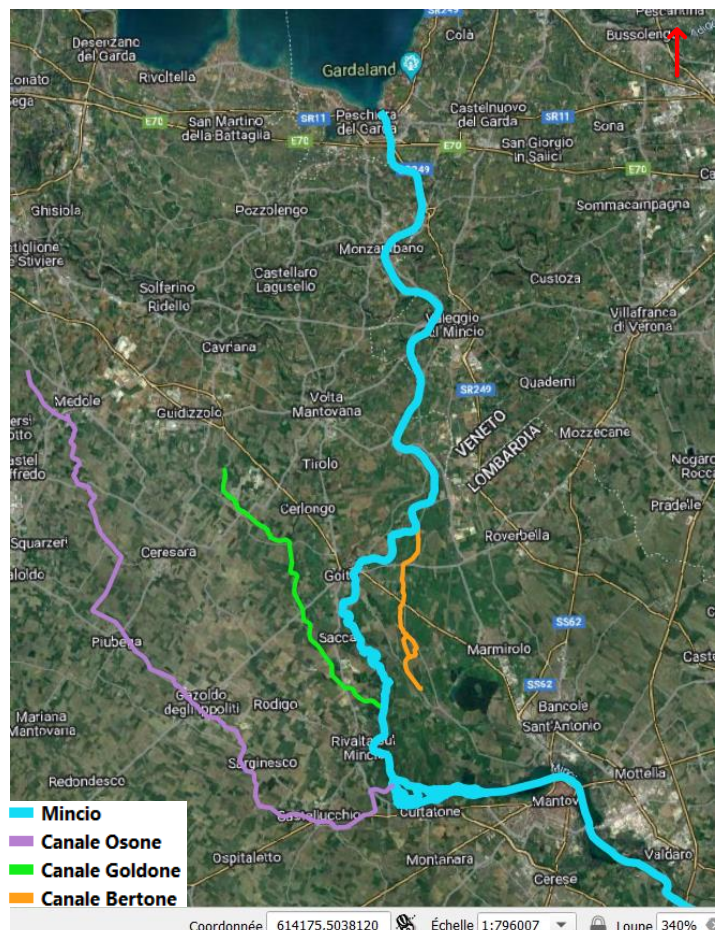


Figure 8 : Capture d'écran d'une vue aérienne de la rivière Mincio et ses canaux (QGIS)



Figure 9 : Capture d'écran d'une vue aérienne du canal Osone se jetant dans le Mincio, entouré en rouge l'Osone se jetant dans le Mincio (<https://earth.google.com/web/>, consulté le 10/06/22)

● Le canal Osone

L'Osone est le canal qui est le plus surveillé dans cette région. C'est un canal qui se jette dans le Mincio seulement quelques kilomètres avant les trois lacs de Mantova. En vue aérienne, comme à la figure 9, un mélange de couleur d'eau est facilement observable. L'Osone paraît blanchâtre et nous ne pouvons pas distinguer le fond tandis que l'eau du Mincio est transparente et bleue et laisse apparaître des tâches noires, témoignant la présence de massifs de macrophytes au fond de l'eau (5).

En effectuant quelques recherches j'ai pu constater que cela fait déjà quelques années que la qualité de l'Osone est discutée. Nous pouvons lire : "La qualité des eaux du canal Osone, l'un des principaux affluents de la rive droite du Mincio, est fortement compromise par la présence de substances organiques et de transports solides d'origine agricole prévalente" dans une étude réalisée par le projet "Ecopay Connect 2020" (6). Cette étude cherche à montrer que la zone humide du Mincio est un patrimoine naturel à sauvegarder. Le projet a pour ambition de créer une structure permettant la filtration de l'eau de l'Osone avant de se déverser dans le Mincio. Comme le dit un article de La Rivista Della Natura, cela pourrait permettre « d'intercepter les grands solides atteignant aujourd'hui la réserve naturelle » (7). Il semblerait que les années 2019 et 2020 ont été des années charnières vers une prise de conscience de l'ampleur de la pollution de l'Osone (8).

Le but de cette recherche sera d'identifier les éléments qui participent à la pollution de l'Osone afin d'en comprendre les causes. Cela fournira les éléments nécessaires à l'imagination de solutions pour réduire cette pollution et, à long terme, de restaurer la qualité écologique de l'Osone et sauvegarder la réserve naturelle du Mincio. C'est pour ces raisons qu'il est nécessaire d'intégrer l'étude de l'Osone dans notre étude du Mincio.

En somme, le but de ce projet est d'identifier l'état écologique du Mincio, des lacs de Mantova et des trois canaux à proximité. Cet état pourra être comparé avec les données antérieures (carte des années 70, par exemple) que nous avons afin d'en déduire une éventuelle dégradation de la qualité des eaux du Mincio. Il sera nécessaire d'étudier le débit le long de la rivière, de repérer d'éventuels changements de communauté animales et végétales entre les différents points, et d'estimer la concentration en polluants à ces mêmes points. Pour cela, la méthode est présentée ci-dessous et expliquée en détail dans la partie III. Méthodes.

Les objectifs de ce projet sont :

- Etudier le débit du Mincio en prenant en compte les canaux entrants et sortants
- Identifier les communautés de macrophytes et poissons, invertébrés
- Mesurer la concentration en éléments chimiques (P, N, ...) du Mincio afin d'en déduire sa pollution à différents points et dans les canaux entrants dans le Mincio

Bien entendu, je n'ai pas pu participer à toutes les activités, étant donné le peu de temps que j'ai passé dans ce laboratoire. Néanmoins nous expliquerons en quelques lignes chacun des objectifs faisant partie intégrante du projet.

● Problématique de l'étude

Plus précisément, dans mon stage, j'ai apporté mon aide dans l'étude de la composition de l'eau des rivières, soit le troisième objectif. Le but était de d'élaborer une méthode afin d'obtenir la concentration en phosphore à partir de la concentration en particules, plus simple à déterminer. Nous cherchions à savoir d'une part, si la quantité en phosphore (TP) était proportionnelle à celle des particules en suspension (TSM). Puis, si cela est le cas, nous cherchions également à savoir si cette relation de proportionnalité changeait en fonction du type d'eau prélevé (eau de rivière, sortant d'une station d'épuration, ...). Nous avons émis l'hypothèse qu'en effet, nous allons sûrement trouver une

relation mais nous ne savons pas encore dans quelle mesure. Si les résultats sont concluants, ils pourraient permettre un véritable gain de temps au laboratoire. Ces résultats seront présentés par la suite.

2. Matériels et méthodes

Pour répondre aux trois objectifs généraux, diverses activités de terrain pourront être réalisées.

- **Mesure du débit de la rivière**

Afin de mesurer le débit d'une rivière assez profonde, où nous ne pouvons pas traverser à pied, nous pouvons utiliser un petit bateau. Si le lieu de notre mesure est traversé par un pont, nous faisons coulisser le petit bateau d'une rive à une autre grâce à une corde à la verticale. Si le lieu de notre mesure ne comporte pas de pont, une personne se place sur la rive gauche et une autre sur la rive droite et nous faisons coulisser le petit bateau grâce à une corde tendue à l'horizontal. Ce bateau, un courantomètre acoustique à effet doppler, ou ADCP, ne fait pas plus que 30 centimètres mais est composé d'un sonar qui, avec une émission acoustique, récupère les informations nécessaires pour créer un graphique pixellisé de la vitesse du courant à différents points de la section de la rivière. Les différents pixels permettent, dans un second temps, de déterminer le débit de la rivière.

Il faudra alors mesurer le débit à de nombreux points du fleuve, de la ville de Pozzolo à Mantova, sur une longueur de 8 kilomètres, afin d'en étudier les différences, et en déduire les contributions des canaux entrants et de la perte des canaux sortants. Cela permettra également d'en déduire les flux avec la nappe phréatique souterraine. Le but sera d'obtenir le budget total d'eau du fleuve.

- **Identification des communautés**

Comme dit précédemment, dans notre étude du flux écologique, nous devons identifier les différentes communautés animales et végétales qui peuplent la rivière.

Pour la partie végétale, les études sont menées par un chercheur, M. Rossano Bolpagni. Il est spécialisé en espèces végétales aquatiques et étudie les massifs de macrophytes à différents points de la rivière. Un cours d'eau en bonne santé aura pour caractéristiques une eau transparente, une faible turbidité afin de laisser passer un maximum de rayons lumineux au fond de l'eau. Cela permettra aux macrophytes de réaliser au mieux la photosynthèse et de se développer de manière optimale. Plus nous trouverons de macrophytes, plus le fleuve sera en bonne santé. Ces plantes sont alors de véritables bio-indicateurs.

Pour la partie animale, de la pêche électrique sera réalisée. Le but n'est pas de tuer les poissons mais de les attirer, les électriser pour qu'ils remontent à la surface et les compter. Il peut y avoir bien entendu des poissons qui ont des séquelles suite à cette technique, de plus, le stress peut entraîner la mort de certains poissons (4). D'une manière générale, elle n'est pas fortement dégradante. L'intérêt de compter les poissons sera de comparer la richesse spécifique actuelle des communautés avec celle observée il y a quelques années. Nous verrons si la richesse a diminué, témoignant d'une dégradation de la qualité des écosystèmes. De plus, il sera intéressant de remarquer si des poissons ont migré vers une autre zone, dans un contexte de changement climatique.

- **Identification de la pollution chimique**

Ce troisième volet est celui dans lequel se trouve ma mission principale. Comme dit précédemment, nous nous trouvons dans une zone agricole où nous pouvons apercevoir des champs

au bord des cours d'eau. Nous nous attendons donc à une présence d'intrants agricoles dans le Mincio. Cependant, plus nous trouvons des éléments chimiques présents dans les intrants comme le phosphore et l'azote dans l'eau, plus cela représente une grande quantité de nutriments disponible. Alors, il y a un risque de prolifération de végétaux comme les algues et les cyanobactéries, créant une véritable marée verte. Cela rend l'eau beaucoup moins transparente, empêche la lumière de pénétrer et l'oxygène de circuler. Ce phénomène, appelé eutrophisation, diminue fortement la qualité des cours d'eau et peut empêcher notamment la survie de certaines espèces. C'est donc une chose qu'il faut véritablement éviter quand nous souhaitons conserver une qualité d'eau correcte. Bien entendu, l'eutrophisation est un phénomène naturel, mais qui est fortement amplifié par les activités humaines, et notamment les activités agricoles.

Il sera alors intéressant de prélever des échantillons d'eau de rivières afin d'en étudier leur composition chimique. Nous pouvons analyser la présence de phosphore, d'azote sous différentes formes, de sels. Pour cela, différentes expériences de laboratoire devront être réalisées. La plupart des expériences ont le même principe qui est de créer des tubes à l'aide des échantillons récoltés, ajouter des réactifs pour faire apparaître une couleur si l'élément chimique est présent dans le tube. Plus cette couleur sera foncée, plus le spectrophotomètre donnera une valeur d'absorbance élevée. Par détermination graphique, à l'aide d'une courbe étalon, la valeur d'absorbance nous permettra de calculer la concentration en élément chimique du tube et aussi de l'eau prélevée. Ces expériences seront réalisées pour deux échantillons : le premier sera un filtre qui aura récupéré les particules en suspension dans l'eau suite à une filtration, le second sera les éléments solubles directement dans l'eau prélevée et à peine filtrée pour retirer les éléments indésirables. L'élément sous forme de particule additionné à celui soluble dans l'eau donnera la composition finale de l'élément, dans l'eau de la rivière.

Nous l'avons abordé précédemment, la méthode se déroule en plusieurs étapes. Le détail de ces différentes étapes se trouve dans la partie III. Méthode.

Dans la réalisation de ma mission, afin de comprendre s'il existe une relation entre TP et TSM, il a fallu élaborer différentes étapes. La première étape consiste à se documenter et rechercher des points intéressants pour le prélèvement d'échantillons. Le document que j'ai produit pour expliquer mon choix se trouve en annexe 1.

La seconde étape est l'échantillonnage sur le terrain. Nous récupérons de l'eau dans différents contenants, des petits tubes prêts pour des expériences de laboratoire, des bidons de 5 litres ou encore des bidons de 20 litres. L'explication de la mise en œuvre est résumée dans le III. Méthode.

La troisième étape se déroule dans le laboratoire. Avec l'eau que nous avons récupérée, trois aspects nous intéressent (figure 10). Nous cherchons à savoir dans un premier temps la concentration totale en particules solides en suspension (TSS) grâce à un filtre nommé TIP pour Phosphore Inorganique Total. Cela nous donnera des informations sur la turbidité de l'eau de l'Osone. Puis, la concentration totale

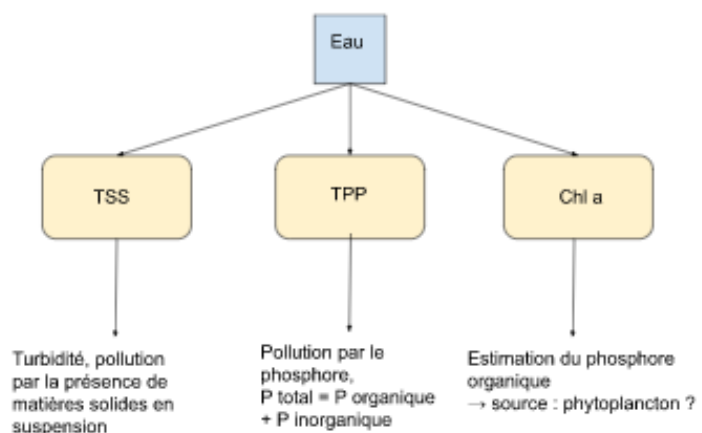


Figure 10 : Schéma résumant les sous-parties du projet

de particules de phosphore (TPP) qui permettra de quantifier la pollution de l'eau par le phosphore. Enfin, l'extraction de la Chlorophylle a (Chl a) présente dans l'eau nous permettra d'estimer la forme organique du phosphore et la proportion de producteurs primaires tels que le phytoplancton dans l'eau de l'Ozone.

Nous filtrons donc l'eau des bidons pour en récupérer les particules dans un filtre et nous procédons à diverses expériences d'identification de la concentration en éléments chimiques. L'explication de la mise en œuvre est résumée dans le III. Méthode. Ces expériences nous donnent des valeurs que nous devons analyser par la suite.

La quatrième étape est une saisie des valeurs dans un tableau Excel et de l'analyse des calculs élaborés. L'explication de la mise en œuvre est résumée dans III. Méthode. L'un des tableaux que j'ai dû confectionner se trouve en annexe 2.

Ces méthodes et ces calculs nous permettent de réaliser des graphiques. Dans le cadre de ma mission, j'ai mis en relation les TP et TSM pour chacun des types d'eau (rivière, canal, station, ...) afin d'étudier leur proportionnalité, et leur différence de coefficient. Ces résultats sont expliqués juste après.

3. Résultats observés

Tout d'abord, nous avons obtenu des résultats généraux. Comme dit précédemment, tout au long du stage j'ai aidé à la réalisation d'expériences (détermination de la concentration en azote, silicates, ...) tout en réalisant ma mission. Ces résultats ne se seront pas développés ici, mais nous avons remarqué une concentration en éléments chimiques plus importante dans les zones à proximité de champs, ou encore à la sortie d'une station d'épuration.

Dans le cadre de ma mission, j'ai obtenu des résultats quant à la concentration en phosphore des différentes eaux prélevées. Nous prenons un exemple des expériences pour un des prélèvements que j'ai réalisés. Pour ce prélèvement, j'ai étudié le phosphore (TP), la Chl a et les particules en suspension (TSM).

Premièrement, nous avons la concentration en phosphore dans l'eau. Nous ne présenterons ici uniquement les résultats du phosphore soluble dans la colonne d'eau (SRP) mais il est à intégrer aux valeurs du phosphore total (TP). Après avoir réalisé la courbe étalon, et élaboré les calculs présentés à dans la partie suivante, nous obtenons des concentrations différentes pour les différents prélèvements du Mincio (figure 11). Les points ayant une concentration en phosphore élevée sont Goldone, Rivalta, Caldane, tandis que les points les plus faibles sont Pozzolo, Vassarina, Vassarone.

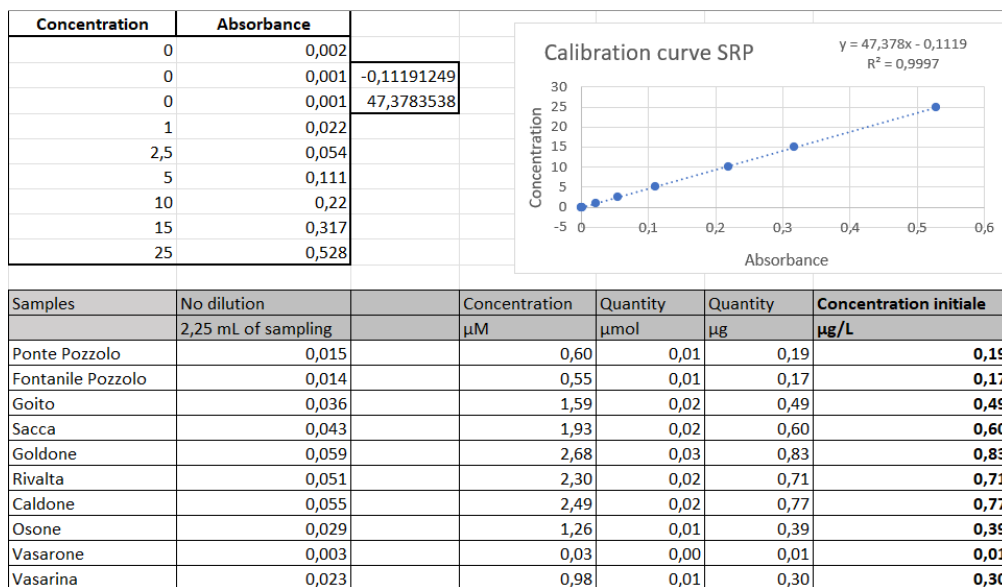


Figure 11 : Capture d'écran des résultats SRP Mincio (Excel)

De plus, pour les mêmes prélèvements, j'ai également réalisé une expérience de détermination de la chlorophylle dans l'eau et les résultats sont indiqués ci-dessous (figure 12). Deux points se démarquent particulièrement, il s'agit de Goldone et Vasarina. Les autres points semblent montrer une quantité de chlorophylle similaires, tout en étant croissante de l'amont (Pozzolo) à l'aval (Vasarone).

Samples	V c (L)	V acetone (mL)	Wave lenth (nm)				Concentration of Chl (μg/L)	Quantity (μg)
			630	647	664	750		
Pozzolo	1	10	0,003	0,005	0,012	0,001	1,240	1,240
Sacca	1	10	0,006	0,007	0,015	0,003	1,358	1,358
Goito	1	10	0,006	0,007	0,015	0,003	1,358	1,358
Rivalta	1	10	0,006	0,007	0,015	0,003	1,358	1,358
Osone	0,5	10	0,006	0,007	0,015	0,003	2,716	1,358
Goldone	0,5	10	0,007	0,001	0,025	0,003	5,269	2,635
Caldone	0,5	10	0,004	0,006	0,016	0,003	2,987	1,494
Vasarina	0,5	10	0,015	0,01	0,027	0,003	5,453	2,727
Vasarone	0,5	10	0,005	0,007	0,019	0,003	3,666	1,833

Figure 12 : Capture d'écran des résultats Chl a Mincio (Excel)

Enfin, dans le but de réaliser ma mission, comprendre si TP et TSM pouvaient avoir une relation de proportionnalité, j'ai également obtenu des résultats pour les particules. Le procédé de pesage et les calculs sont présentés en page 23. Ces résultats (figure 13) montrent une concentration en particules plus importante en aval, au niveau des lacs, que dans les autres points en amont.

Sample	Experiment	Sample	Experiment	n° filter	Weight filter	Volume filtered	Weight dry	Weight ash	TSM	LOI
					g	mL	g	g	mg/L	%
Pozzolo	EXC	Pozzolo	Exc	1	0,1413	1000				
	TIP		TIP	2	0,1376	1000	0,1437		0,0061	
	TPP		TPP	3	0,1387	1000	0,146	0,1441	0,0073	1,301
	Chl a		Chl a			1000				
Sacca	EXC	Sacca	Exc	4	0,1392	1000				
	TIP		TIP	5	0,1389	1000	0,1472		0,0083	
	TPP		TPP	6	0,1389	1000	0,1486	0,145	0,0097	2,423
	Chl a		Chl a			1000				
Goito	TPP	Goito	TPP	7	0,1403	1000	0,1419	0,1408	0,0016	0,775
	TIP		TIP	8	0,1387	1000	0,1388		0,0001	
	EXC		Exc	9	0,1383	1000				
	Chl a		Chl a			1000				
Rivalta	TPP	Rivalta	TPP	10	0,14	1000	0,1471	0,1453	0,0071	1,224
	TIP		TIP	11	0,14	1000	0,1468		0,0068	
	EXC		Exc	12	0,139	1000				
	Chl a		Chl a			1000				
Osone	TPP	Osone	TPP	13	0,1377	500	0,149	0,147	0,0113	1,342
	TIP		TIP	14	0,1398	500	0,1567		0,0169	
	EXC		Exc	15	0,1396	500				
	Chl a		Chl a			500				
Goldone	TPP	Goldone	TPP	16	0,1398	500	0,1589	0,1565	0,0191	1,510
	TIP		TIP	17	0,1394	500	0,1583		0,0189	
	EXC		Exc	18	0,1389	500				
	Chl a		Chl a			500				
Caldone	TPP	Caldone	TPP	19	0,1384	500	0,1421	0,1403	0,0037	1,267
	TIP		TIP	20	0,1388	500	0,1428		0,004	
	EXC		Exc	21	0,1403	500				
	Chl a		Chl a			500				
Vasarina	TPP	Vasarina	TPP	22	0,1387	500	0,1438	0,1407	0,0051	2,156
	TIP		TIP	23	0,1376	500	0,144		0,0064	
	EXC		Exc	24	0,1378	500				
	Chl a		Chl a			500				
Vasarone	TPP	Vasarone	TPP	25	0,1372	500	0,1419	0,138	0,0047	2,748
	Chl a		Chl a			500				

Figure 13 : Capture d'écran des résultats TSM Mincio (Excel)

Ces résultats nous donnent des pistes d'interprétations. Il a été bien entendu très important de comparer les résultats de chaque prélèvement avec ceux aux mêmes points des mois précédents afin de repérer une erreur ou bien un changement remarquable de l'eau.

4. Discussion et conclusion de l'étude

Les trois parties de cette étude sont complémentaires et nous permettent de répondre à la problématique. Toutes les expériences réalisées nous fournissent des informations sur la qualité de l'eau du Mincio et de l'existence ou non de perturbations des écosystèmes tout au long de la rivière.

Au vu de la couleur et de l'aspect de l'eau de certains canaux se jetant dans le Mincio et des pratiques se faisant le long de la rivière, nous en avons déduit que le Mincio subit une pollution d'origine anthropique. Le lieu où le canal Osone rencontre le Mincio est particulièrement flagrant, de l'eau trouble et beige se déverse dans l'eau du Mincio transparente et remplie de macrophytes au fond de l'eau. Durant mon stage j'ai participé à de nombreuses activités et nous avons discuté des déductions suivantes.

Nous avons identifié tout d'abord une augmentation de la turbidité (due à la présence de particules solides) de l'amont à l'aval. Lié à cela, nous avons observé une diminution des particules minérales (due à l'érosion des sols par l'agriculture) au fur et à mesure que nous nous dirigeons vers l'aval. Enfin, nous avons remarqué qu'à l'aval, où la vitesse de l'eau est plus faible, il est plus probable d'observer une concentration élevée nutriments et en chlorophylle entraînant une prolifération d'algues.

Quant au troisième objectif et plus particulièrement à ma mission, nous souhaitons identifier une relation linéaire entre la concentration en phosphore et en particules en suspension. Suite à

l'étude des résultats obtenus, nous les avons interprétés avec des graphiques. Cela nous a permis de visualiser la linéarité. Prenons un exemple et regardons le graphique en figure 14 ci-dessous. Les points noirs représentent les concentrations quand j'ai dû filtrer l'eau d'une station avec des volumes croissants d'eau. Nous remarquons bien que plus j'ai filtré de l'eau, plus j'ai récupéré du phosphore dans mon filtre et également plus j'ai récupéré des particules dans mon filtre. Les triangles vert et rouge sont deux prélèvements à deux autres stations et ils semblent être à proximité de notre droite linéaire. Cette linéarité a un facteur 10 mais ce n'est pas le cas pour tous les types d'eau prélevée.

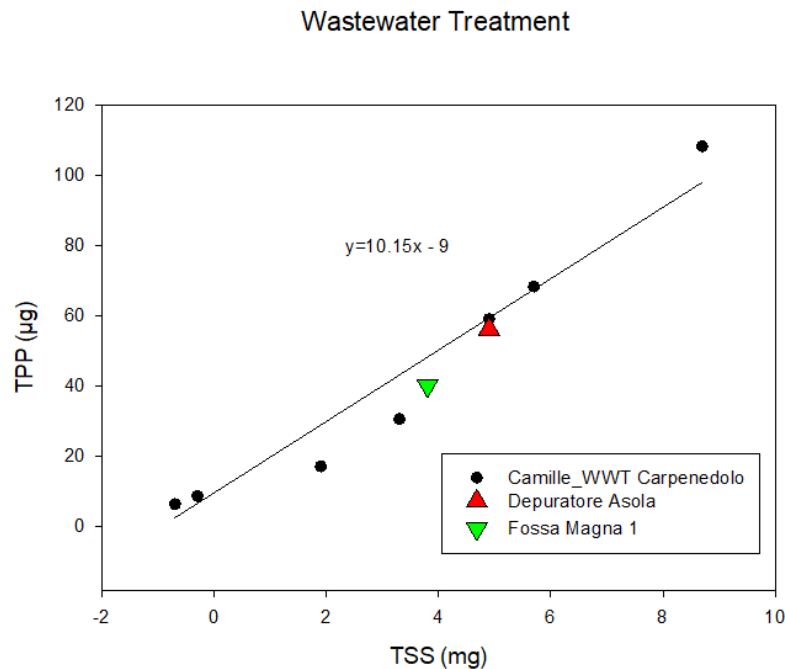


Figure 14 : Graphique élaboré à partir des résultats des prélèvements aux stations d'épuration (Excel)

Nous n'allons pas expliciter chacun des graphiques mais nous pouvons comparer celui de la station avec celui du canal Osone (figure 15), dont nous avons parlé précédemment. Sur ce graphique, la relation linéaire est encore plus importante mais nous remarquons bien que le facteur n'est que d'environ 1. Ce qui représente qu'à chaque fois que nous augmentons d'une valeur pour TSS, alors il y a 10 fois moins de phosphore dans le canal que dans la station d'épuration.

Cela peut s'expliquer par le fait que l'eau en sortant de la station, même si elle semble claire et totalement propre, est chargée des nutriments des eaux usées de la ville. Cela est intéressant car il ne faut pas toujours se fier à la couleur et la turbidité de l'eau pour savoir si elle présente une pollution !

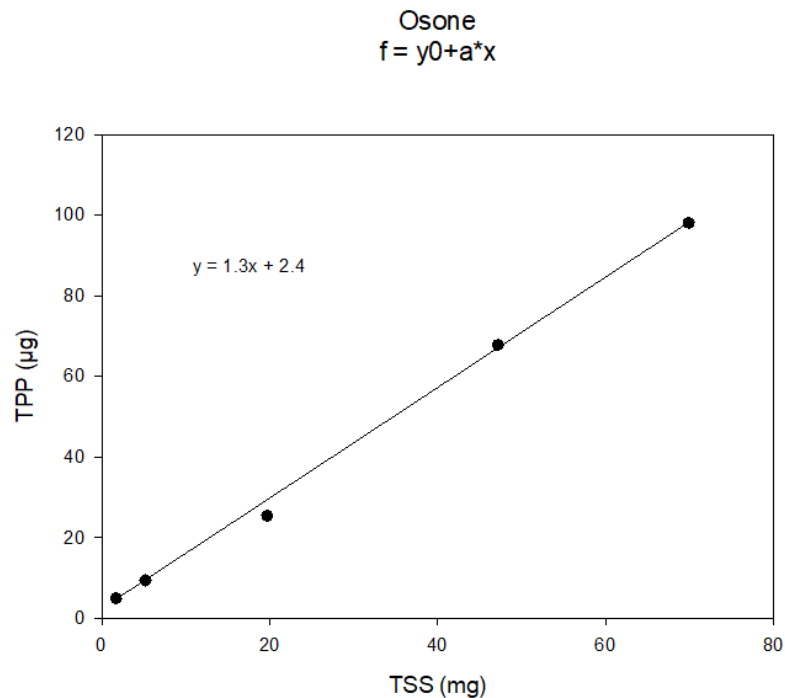


Figure 15 : Graphique élaboré à partir des résultats des prélèvements du canal Ozone (Excel)

Il a été étonnant d'obtenir des facteurs de proportionnalité entre 1 et 2 pour tous les types d'eau sauf pour la station d'épuration. Il sera nécessaire de faire de nouveaux prélèvements afin de vérifier nos résultats. Les personnes qui m'encadreront lors de mon stage vont reprendre le travail que je réalisais et vont continuer leurs recherches. Ils sont néanmoins très contents que nous ayons pu montrer cette relation de proportionnalité et que cette mission a été remplie.

Tout cela nous amène à confirmer que le Mincio subit une pollution d'origine anthropique. Les recherches vont suivre leur cours afin de continuer à identifier cette pollution. Bien entendu, les prélèvements dans le Mincio doivent être réalisés plusieurs fois, afin d'identifier des potentielles erreurs de manipulation, ou une variation non expliquée d'une concentration. Cela doit également permettre de visualiser l'évolution des différentes concentrations en fonction des mois et saisons de l'année. Par exemple, un prélèvement a été réalisé en mai, avant les fortes chaleurs, puis un autre aux mêmes points en juillet, où les températures sont très élevées et où les agriculteurs irriguent le plus leurs terres. Comparer les valeurs entre les deux mois est donc intéressant pour comprendre davantage les processus. De plus, si nous faisons des prélèvements après de fortes pluies, il y a de grandes chances de trouver des facteurs de linéarité différents, mais nous ne savons pas encore dans quelle mesure.

Par la suite, cette étude servira à élaborer des solutions de restauration, de filtration des éléments chimiques avant qu'ils soient transportés dans la rivière.

III. Retour sur l'expérience

1. Démarche

Durant mes premiers jours de stage à l'Université de Parme, j'ai fait preuve de beaucoup d'observation. J'ai pu découvrir comment réaliser la plupart des expériences de laboratoire grâce aux explications du technicien. J'ai compris que cela serait primordial pour être autonome par la suite. Cependant, je ne comprenais pas tout à fait le but de ces expériences, si ce n'est d'identifier la composition chimique de l'eau. Mon maître de stage m'a donc expliqué en détail tout le projet avec à l'appui des photographies, une vue aérienne sur Google Earth, des articles scientifiques. Les explications étant claires, mais tout de même en anglais, j'ai alors demandé à avoir des articles complémentaires que je pourrais lire quand j'ai du temps libre afin de mieux comprendre le projet. J'ai aussi participé à ma première sortie terrain, afin de prélever de l'eau du Mincio. Cela a été pour moi un bon moyen de me rendre compte réellement de l'état de la rivière et de ses caractéristiques.

De plus, j'ai pu également prendre part à d'autres projets pour lesquels les doctorants du laboratoire étaient impliqués. J'ai par exemple observé une culture d'huîtres, une expérience de découpe de couches sédimentaires sur une carotte prélevée au fond de l'eau, des identifications de macrophytes et invertébrés.

Puis, quelques semaines après mon arrivée, mon maître de stage m'a expliqué la mission que je devrai mener. Il m'a montré que je devrai chercher des points du canal Osone (se déversant dans le Mincio) afin de prélever de l'eau et l'analyser par la suite. Le but était de savoir s'il participait à la pollution du Mincio. Il m'a également fait part de ses attentes, il pense que cette eau devrait être de mauvaise qualité, turbide et remplie d'intrants agricoles.

C'est alors dans cette seconde partie de stage que l'on m'a montré comment prélever et filtrer de l'eau et que j'ai appris à réaliser les expériences en autonomie totale. L'eau que j'analysais à ce moment était celle qui avait été collectée lors de précédents travaux de terrain, et il s'agissait d'un bon entraînement en prévision de la réalisation de ma mission. A chaque nouvel échantillon collecté j'ai dû filtrer l'eau pour en récupérer les filtres, réaliser des expériences afin de détecter la concentration de phosphore (grâce à la chlorophylle, aux particules sur un filtre ou encore en suspension dans l'eau), nitrate, nitrite, silicate, pour ensuite produire des tableaux Excel et des graphiques montrant les concentrations. Toute la partie analyse de données et conclusions ne m'a pas été confiée mais l'on m'a expliqué la raison pour laquelle nous avons obtenu ces résultats.

Enfin, lors du dernier mois de mon stage, mon emploi du temps a changé. J'ai passé tout d'abord un peu de temps au bureau. En effet, peu d'expériences de laboratoire étaient à réaliser à cette période. J'ai pu avancer sur mon rapport de stage et effectuer des recherches sur différents aspects du projet. J'ai également pu échanger avec un doctorant au sujet des points d'échantillonnage que nous allions prélever plus tard. Je lui ai transmis mon travail et nous en avons discuté plus tard avec mon maître de stage et les doctorants.

Nous nous sommes alors rendus sur le terrain afin de collecter les échantillons aux points que nous avons déterminé pour l'Osone mais également différents points des deux autres canaux, Bertone et Goldone. Ceci, afin de comparer leurs caractéristiques et de se rendre compte d'un éventuel impact sur leur jetée dans le Mincio. Puis, nous avons procédé aux différentes analyses de ces eaux. Les méthodes détaillées des analyses sont décrites à partir de la page suivante.

C'est lors des dernières semaines de mon stage que nous sommes allés une nouvelle fois récolter des échantillons dans le Mincio, tout comme en mai. Le but était de comparer les différents résultats avec ceux produits deux mois auparavant. J'ai finalisé mes dernières expériences pendant ma dernière semaine alors je n'ai pas pu me rendre compte des résultats de notre prélèvement. Les doctorants s'en occuperont durant le mois d'Août.

Ce que j'ai beaucoup apprécié dans cette démarche est d'une part, le temps d'adaptation au début du stage qui m'a permis de me former et de comprendre tout ce qui se réalisait dans le laboratoire. D'autre part, j'ai trouvé particulièrement intéressant de me donner une véritable mission, m'intégrant dans l'équipe et me permettant de visualiser le quotidien des doctorants et d'un chercheur. Je pense que ce stage aurait même pu durer plus longtemps, j'aurai probablement eu de nouvelles analyses à faire afin de participer à l'avancement du projet. J'ai fortement apprécié la dynamique d'activités de terrain, puis d'analyse en laboratoire puis d'analyse de données.

2. Méthode détaillée

Lors de mon stage j'ai essayé d'être la plus méthodique possible. Le sujet des projets me plaisait beaucoup et je souhaitais acquérir de nombreuses connaissances dans ce domaine. J'ai donc essayé le plus possible de me documenter, poser des questions, observer les personnes et prendre des notes.

- **Ecrire un journal de bord**

Afin de ne perdre aucune information, j'ai commencé par écrire un journal de bord avec chacune des activités qui se déroulaient chaque jour, pour résumer toutes les explications qu'on me donnait et que j'avais notées sur un carnet. Ce document ne sera pas fourni en annexe, du fait de son nombre de page important (40 pages) et de son exhaustivité. Toutes les informations importantes sont résumées dans ce rapport. Ecrire ce que je faisais de manière très détaillée m'a permis par exemple de me souvenir un mois plus tard, d'une expérience que je n'avais pas réalisée depuis le début du stage. Aussi, j'ai pu apercevoir l'évolution de ma compréhension du projet, tout au long des trois mois.

- **Acquérir des connaissances lors du temps libre**

Je peux retrouver également dans ce journal de bord certaines informations qui m'avaient paru pertinentes dans les différents articles que l'on m'avait conseillé de lire. Les articles, en anglais, n'étaient pas simples à comprendre, je prenais beaucoup de temps avant d'intégrer les informations. Tout d'abord, je les lisais une première fois afin de comprendre les grandes lignes. Je notais sur un cahier les mots inconnus que je devais traduire. Puis je relisais chaque partie avec le nouveau vocabulaire que j'avais et je résumais quelques phrases à l'écrit (figure 16).

Acquérir ces connaissances était primordial si je voulais comprendre toutes les explications que l'on me donnait à l'oral au laboratoire ou au terrain.

Il s'agissait surtout de comprendre le contexte du projet, dans une région et un pays que je ne connaissais pas. J'ai donc également réalisé des recherches complémentaires sur des expériences, le fonctionnement d'une machine, les causes d'un phénomène, les caractéristiques écologiques de la région, ...

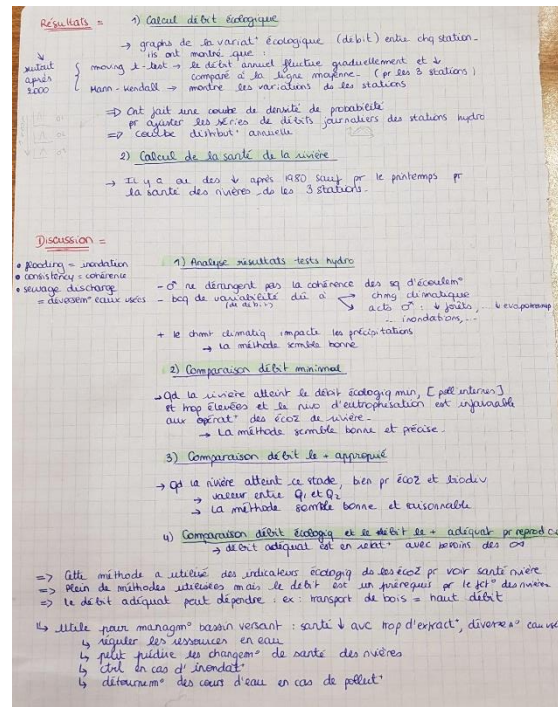
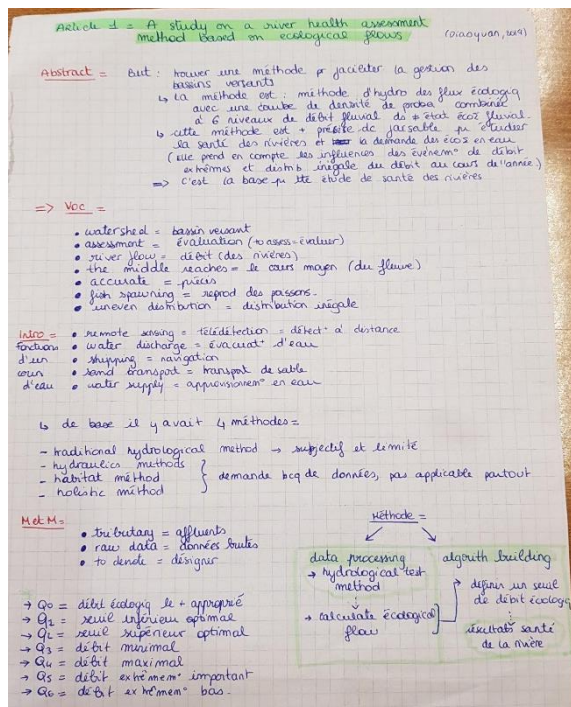
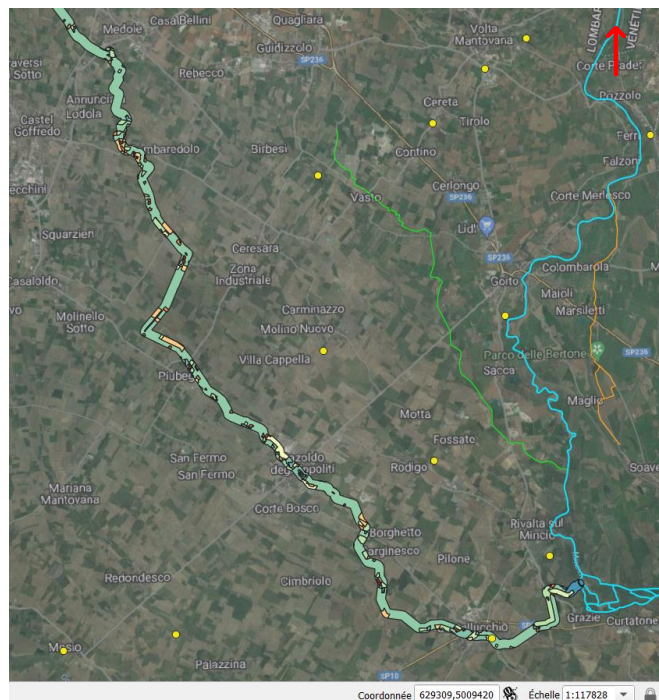


Figure 16 : Photographies du cahier de notes, résumé d'un article

• Préparer le terrain en amont

Une étape primordiale, après avoir récolté des informations sur le contexte du projet, est d'étudier le terrain, avant de s'y rendre. Un doctorant m'a transmis des couches QGIS avec notamment les tracés des rivières qui nous intéressent, l'utilisation des sols autour de la rivière Osone (aires de différentes couleurs) et les points montrant des stations d'épuration (points jaunes) (figure 17). Ma mission a d'abord été d'identifier des points qui pouvaient être intéressants lors d'une collecte d'échantillons afin de se rendre compte de la qualité de l'eau de l'Osone. Pour cela, j'ai réfléchi à 7 points :

- Un point de départ, en amont
- Un point après une zone d'herbe
- Un point après une zone de végétation
- Un point après une zone urbaine
- Un point dans les terres arables
- Un point juste après une station d'épuration
- Un point final, en aval



Ces points peuvent nous donner des informations sur l'influence de chacun des milieux sur la qualité de l'eau de l'Osonne. Par exemple, nous pouvons nous attendre à une meilleure qualité d'eau après une zone de végétation qu'avant. J'ai utilisé QGIS afin de créer une zone tampon autour de l'Osonne qui m'a permis de montrer l'utilisation des sols à 150 mètres de part et d'autre de la rivière (figure 18). J'ai ensuite identifié des points accessibles facilement en voiture et qui se situaient juste après les zones d'intérêt. J'ai ajouté mes points sur Google Earth pour vérifier qu'ils soient suffisamment loin les uns des autres (figure 15). En effet, afin de ne pas multiplier les causes lors d'un résultat particulier, il est préférable de séparer les différents points d'échantillons de plusieurs centaines de mètres. L'explication des points choisis et le lien Google Earth se trouvent en annexe 1.

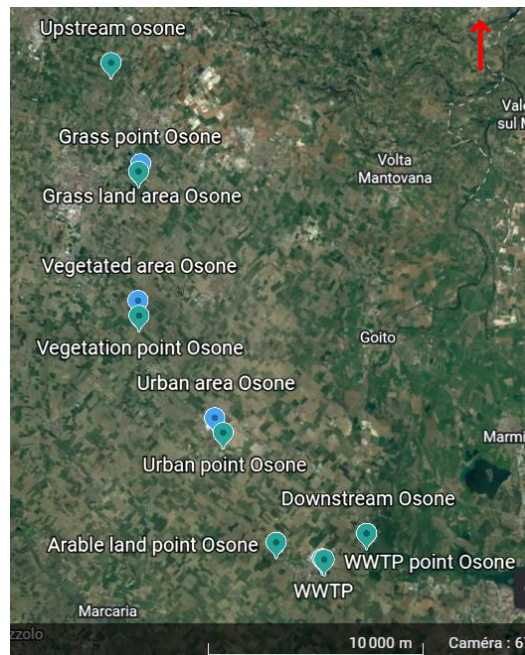


Figure 18 : Capture d'écran de la vue aérienne de l'Osonne et annotation des points choisis sur Google Earth

- **Être active sur le terrain**

Lorsque le travail a été réalisé au préalable, nous pouvons alors nous rendre sur le terrain pour prélever l'eau. Lors du travail de terrain, j'ai choisi de prendre des notes sur les lieux où nous nous trouvions, sur les explications qu'on me donnait (cause d'une eau turbide dans une portion de rivière, cause d'une faible profondeur d'eau, identification d'animaux et de macrophytes, conséquences des activités agricoles, ...). J'ai essayé de poser le plus de questions possibles, cela m'intéressait beaucoup de comprendre le fonctionnement des écosystèmes autour des rivières. En effet, lors de mes études à la faculté de Biologie de Nice, je n'ai pas eu de cours spécifiques sur les écosystèmes d'eau douce, plutôt sur les écosystèmes marins dû à la proximité avec la mer Méditerranée. Ce sont seulement les cours que j'ai suivi à Polytech l'année dernière qui m'ont donné des connaissances dans ce domaine. Ce manque de connaissance a également été la raison pour laquelle j'ai lu beaucoup d'articles scientifiques au début de mon stage.

Les activités sur le terrain sont multiples. Il y a deux manières pour récupérer l'eau : remonter de l'eau avec un seau et une corde à partir d'un pont ou grâce au seau directement de la berge. Il y a différentes étapes à réaliser. Premièrement, l'eau est directement prélevée pour remplir les tubes pour étudier la proportion de gaz présents dans l'eau. Nous ajoutons quelques gouttes de ZnCl afin de stopper toute activité bactérienne qui pourrait modifier la proportion des gaz. Puis, nous filtrons de l'eau avec un filtre à grands pores afin de remplir une petite bouteille en plastique de 100 mL, elle sera utilisée au laboratoire pour réaliser les expériences de nutriments. Aussi, un petit tube pour identifier le phosphore soluble dans l'eau et une petite fiole en verre qui servira à mesurer le Carbone Inorganique Dissout (DIC) grâce à un pH-mètre. Enfin, l'eau est filtrée avec un filtre à plus petits pores pour créer des tubes où on analysera plus tard les cations et les anions présents dans l'eau. Tous ces différents prélèvements seront placés au frais dans une glacière et, une fois rentrés au laboratoire, dans le congélateur afin qu'ils restent dans leur état initial.

Nous pouvons également prélever des bidons de 5 litres qui nous serviront à récupérer les particules retenues lors de la filtration d'un litre de cette eau. Enfin, des bidons de 20 litres serviront à récupérer les particules retenues lors de la filtration de volumes croissants d'eau (100 mL, 250 mL, 500 mL, 750 mL, 1L, 1,25L, ...). Tous ces filtres serviront à identifier la composition des particules en suspension dans l'eau. Il y aura plusieurs filtres réalisés avec l'eau, un pour la chl a, un pour le TPP, un pour le TSS, comme expliqué plus haut.

- **Être précise au laboratoire**

Ma méthode pour réaliser les expériences de laboratoire a été assez simple. J'ai, dans un premier temps, suivi ce que le technicien me disait de faire et il inspectait tous les gestes que je faisais afin de vérifier que je sois la plus précise possible. Puis, je les ai réalisées en autonomie, en suivant les protocoles à la lettre. D'une manière globale, quelle que soit l'expérience à réaliser, le processus est plus ou moins le même :

- 1) Nous vérifions que les réactifs sont déjà préparés, et qu'ils ne dépassent pas la date de péremption
- 2) Sinon, nous préparons les réactifs nécessaires
- 3) Nous créons une solution mère B (100 M) à partir d'une solution mère A (10 000 M)
- 4) A partir de la solution mère B, nous remplissons des fioles jaugées de concentrations suivantes : 1 ; 2,5 ; 5 ; 10 ; 15 ; 25. Pour faire le 1, par exemple, on verse 1 mL de solution mère B et on remplit la fiole jusqu'au trait de 100mL (au ménisque).
- 5) Nous préparons des tubes en plastique pour verser 2,5 mL d'eau pour les contrôles ou 2,5 mL des différentes concentrations connues
- 6) Nous ajoutons les réactifs
- 7) Nous attendons un certain temps (15 min ou 2 heures, cela dépend)
- 8) Nous lisons les valeurs d'absorbance pour chacun des tubes à une certaine longueur d'onde
- 9) Si la courbe possède un R^2 proche de 1 (supérieur à 0,9900) et que la valeur de la pente est proche de celle notée sur le protocole, alors cette courbe étalon est correcte
- 10) Nous pouvons alors ajouter 2,5 mL d'échantillons dans des nouveaux tubes, puis les réactifs, attendre, et procéder à la lecture au spectrophotomètre

Si nous remarquons que notre tube est très foncé à l'origine, nous pouvons diluer l'échantillon. Avec une dilution 1:5, par exemple, nous ne mettons plus que 0,5 mL d'échantillon complété de 2 mL d'eau. Il faudra prendre en compte cette dilution dans les calculs de concentration.

Bien entendu, ce procédé est applicable à la plupart des expériences mais chaque expérience à sa spécificité. Cette méthode s'applique donc aux expériences de Phosphore Soluble Réactif (SRP), Phosphore Total (TP), NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , Silicates, ...

Ce ne sont pas les seules expériences que j'ai pu réaliser dans ce stage. L'élément que j'ai dû particulièrement détecter est le phosphore, comme dit précédemment. Il a fallu étudier sa concentration totale (TPP), qui est l'addition du phosphore inorganique (TIP) et organique (TOP). Ces deux types de phosphore s'obtiennent de manière différente. Une partie du phosphore est également présente dans la chlorophylle a, nous l'avons donc extraite et observé les solutions au spectrophotomètre, comme nous avons l'habitude de faire.

Un tube de TPP s'obtient en mettant le filtre dans le four pour retirer l'eau, puis dans le four à moufle pour retirer la partie organique, tandis qu'un tube de TIP s'obtient en mettant le filtre dans le four pour retirer uniquement l'eau. C'est en pesant le filtre avant filtration, après le four et après le moufle que nous avons la masse de particules dans les différentes étapes. Puis, nous ajoutons de l'HCl et nous pouvons réaliser les expériences chimiques le lendemain.

La dernière étape au laboratoire consiste à ranger tout le matériel que nous avons utilisé lors de nos expériences et de procéder au nettoyage. Les étapes sont les suivantes :

- Ranger le matériel qui était en train de sécher
- Rincer le matériel qui était depuis 24 heures dans un bac d'eau et le mettre à sécher
- Rincer le matériel qui était depuis 24 heures dans un bac d'eau et d'acide et le mettre dans le bac d'eau

- Rincer 4 à 5 fois le matériel que nous avons utilisé et le mettre dans le bac d'eau et d'acide
Si le nettoyage n'a pas déjà été réalisé par une personne du laboratoire avant nous pour ce jour, alors nous lavons tout ce qu'il y a dans les bacs, peu importe si ce sont nos expériences ou non.

- **Analyser les données par le biais de tableaux et graphiques**

L'étape suivante est d'analyser les données que nous avons collectées. Les valeurs d'absorbance doivent être saisies dans un fichier excel afin d'une part, réaliser une courbe d'étalonnage la plus précise possible, et d'autre part, calculer la concentration de nos échantillons. Nous créons un graphique avec en abscisse les valeurs d'absorbance et en ordonnée les concentrations correspondantes pour nos trois contrôles et nos 6 solutions filles de concentrations connues (1 2,5 5 10 15 25). Le graphique obtenu devra avoir une pente proche de la valeur notée sur le protocole et un R^2 d'environ 1 (supérieur à 0,9900). Puis nous calculons la concentration de nos échantillons avec le calcul suivant :

$$\text{Concentration } (\mu\text{M}) = \text{absorbance} \times \text{pente} + \text{ordonnée à l'origine}$$

Si nous avons dilué l'échantillon avec une dilution 1:5, alors nous devons réaliser le calcul suivant :

$$\text{Concentration } (\mu\text{M}) = 5 \times (\text{absorbance de l'échantillon dilué} \times \text{pente} + \text{ordonnée à l'origine})$$

Nous avons, grâce à ce calcul, obtenu une valeur en μM . Nous voulons, de manière plus intuitive, obtenir un résultat en $\mu\text{g/L}$ donc nous faisons ces calculs intermédiaires :

$$\text{Quantité } (\mu\text{mol}) = \text{Concentration } (\mu\text{M}) \times (10/1000)$$

Nous multiplions par la masse molaire de l'élément chimique, par exemple P :

$$\text{Quantité } (\mu\text{g}) = \text{Quantité } (\mu\text{mol}) \times 30,973762$$

Enfin, nous déterminons la concentration initiale dans l'eau prélevée :

$$\text{Concentration initiale } (\mu\text{g/L}) = \text{Quantité } (\mu\text{g}) / \text{Volume filtré (L)}$$

Ces calculs peuvent être réalisés pour toutes les expériences pour connaître la concentration d'un certain élément dans l'eau que nous avons prélevée. L'excel des expériences de l'eau des canaux Osone, Bertone et Goldone est en annexe 1.

Il y a également les calculs pour déterminer les particules en suspension (TSM) où il faut seulement soustraire à la masse du filtre séché après la filtration, la masse du filtre à l'origine avant la filtration.

Enfin, nous calculons aussi le LOI, Loss On Ignition en Anglais, qui représente le pourcentage de perte lors du chauffage au four à moufle. Cela nous donne la proportion de particules organiques qui étaient présentes dans notre échantillon et qui s'est évaporée au chauffage à 400°C. Pour cela nous faisons seulement un pourcentage de la masse du filtre après passage au moufle sur la masse du filtre après le four.

- **Proposer une explication aux observations**

La dernière étape consiste à analyser les valeurs obtenues grâce aux calculs, et à construire des graphiques afin de les interpréter. Je n'ai pas pu réaliser cette partie car je n'ai pas pu avoir accès aux graphiques qui sont créés et analysés par les doctorants. Néanmoins, on m'a expliqué les différents résultats qu'on avait obtenu, notamment la réussite de la recherche. En effet, nous cherchions à déterminer la concentration de phosphore sans utiliser la méthode très longue (sur plusieurs jours) de la pesée de filtres et toutes les expériences chimiques. Nous avons réussi à obtenir une relation proportionnelle entre quantité de particules filtrées et quantité de phosphore. Cela va alléger les expérimentations et permettra de connaître la concentration en phosphore plus simplement et plus rapidement.

3. Analyse critique des résultats produits

Il est certain qu'entre le moment où nous prélevons l'eau, et le moment où nous obtenons des résultats sous forme de valeurs et de graphiques, nous devons procéder à de nombreuses étapes intermédiaires qui peuvent prendre des jours et qui peuvent demander beaucoup de précision. Il est alors nécessaire de s'appliquer à chaque tâche, pour ne pas devoir recommencer ce que l'on a déjà fait.

Cependant, nous avons identifié que certains facteurs peuvent diminuer la précision d'une valeur.

Par exemple, il est préférable d'utiliser la balance tôt le matin (avant 8h30) ou tard le soir (après 18h00) pour éviter que les valeurs oscillent et qu'il y ait une différence de poids. Cela a par exemple impacté des résultats où le poids d'un filtre après passage dans le four à moufle était supérieur à avant son passage au four, ce qui faisait un pourcentage de phosphore de -1%. Nous avons conclu que les manipulations avec la balance doivent être réalisées avec précaution.

De plus, lorsque nous filtrons l'eau selon différents volumes croissants, nous avons remarqué qu'il n'y a anormalement peu de phosphore dans les filtres ayant récupéré les particules de 100 et 250 mL d'eau. Nous pensons qu'il y a pu y avoir une sous-évaluation et que cela pourrait provenir du fait que lorsque l'on verse de l'eau dans l'appareil à filtration, il faut secouer l'eau du bidon à chaque fois afin de resuspendre toutes les particules tombées au fond. C'était un geste que nous faisions, mais nous pensons que pour ces deux filtres, il serait judicieux de le faire avec plus de vigueur, et plus souvent. Enfin, pour déterminer la concentration en phosphore, nous utilisons deux techniques simultanément (SRP et TP) et nous nous attendons à des résultats relativement similaires. Or, après plusieurs échantillons, nous avons pu constater que les valeurs ne sont pas identiques, et même parfois l'une est le double de l'autre. Nous avons donc fait attention à être davantage précis lors des manipulations avec les pipetman (s'assurer que tout le liquide est présent dans la pipette avant de la verser), les volumes ajoutés au ménisque, les dilutions, ... C'est pour cette raison qu'à la fin de mon stage, on m'a dit de réaliser uniquement l'expérience TP sur les filtres, apportant des résultats plus logiques.

J'ai pu remarquer que malgré la grande précision des expériences, il y a souvent des résultats qui ne concordent pas, et qu'il faut trouver des solutions. D'une manière générale, il est recommandé de réaliser des réplicats, c'est-à-dire de prélever les mêmes échantillons plusieurs fois afin de vérifier si nos valeurs sont bonnes ou si les expériences ont faussé les résultats. Les protocoles ne sont pas tous utilisables tels quels. Souvent, il est nécessaire d'améliorer quelques techniques ou d'essayer de procéder différemment si nous observons que nos gestes sont moins précis que ce qu'il faudrait.

4. Propositions de pistes de changement

D'un point de vue général, ce stage s'est très bien déroulé, les personnes y ont été très accueillantes et chaleureuses. J'ai apprécié le fait que l'on prenait le temps de m'expliquer tout ce qu'il fallait faire et pourquoi on le faisait et qu'on prenait le temps de répondre à mes questions. Mon maître de stage a toujours fait en sorte de me mettre à l'aise et de me résumer en anglais les discours en italien que je ne comprenais pas totalement. Cependant, dans le déroulement de mes missions, j'ai pu remarquer qu'il y a certains moments où les personnes communiquent moins que d'autres.

Par exemple, il est arrivé qu'une personne nous donne des indications pour la réalisation d'une tâche et qu'au moment où nous en parlions avec une autre personne, elle nous dise qu'il fallait le faire d'une autre manière. Il serait peut-être judicieux d'échanger parfois tous ensemble afin d'être certains que toutes les personnes sont d'accord avec la démarche à réaliser. Cela n'a pas eu de grandes conséquences, mais cela peut faire perdre du temps et éviter les erreurs. Si nous arrivons à l'éviter, cela peut être intéressant.

De plus, j'ai pu remarquer qu'à part les protocoles précis pour les expériences, il n'y a pas de méthodes écrites. A chaque fois, les personnes expliquent à l'oral ce qu'il faut faire et je dois comprendre et noter tout ce que j'entends pour ne rien oublier. L'anglais n'étant pas ma langue maternelle, il a fallu parfois que je redemande plusieurs fois confirmation aux personnes afin d'être sûre d'avoir bien compris. Etant donné que les expériences du laboratoire sont des tâches reproduites très souvent, je pense qu'il serait judicieux d'écrire les étapes à suivre afin d'avoir un fil conducteur. Je suis consciente que cela peut prendre du temps à rédiger mais au vu du nombre de stagiaires chaque année dans le laboratoire, je pense que cette tâche pourrait leur être attribuée. On aurait pu par exemple me demander de résumer les étapes d'une filtration, j'aurais rédigé cela grâce à mes notes écrites et demandé à une personne de vérifier. Cela pourrait aider les personnes qui viendront dans le laboratoire dans le futur.

Enfin, l'organisation des activités de terrain n'est pas simple. Coordonner les emplois du temps de plusieurs personnes afin de trouver une date a été parfois difficile. Il est arrivé la veille que l'on m'annonce que j'irai sur le terrain le lendemain. Cela ne m'a pas affectée, mais j'ai pu percevoir que des personnes souhaiteraient davantage de communication. Il est sans doute difficile au vu des emplois du temps chargés de réaliser des réunions par exemple une fois par semaine afin de prévoir les activités, mais je pense que cela pourrait faciliter l'organisation.

5. Projection dans un métier

Ce stage a été pour moi l'occasion de découvrir les métiers dans une université. J'ai pu observer le quotidien de trois types de personnes : un technicien, des doctorants et un enseignant-chercheur.

Tout d'abord, j'ai pu échanger avec un technicien de laboratoire. Certes, mon futur diplôme d'ingénieur n'est pas destiné à me tourner vers une carrière de technicienne, cependant j'ai été surprise du métier pour différents points. Par exemple, je ne savais pas qu'un technicien donnait des cours à des étudiants et travaillait si étroitement avec un chercheur. Surtout, j'ai été surprise de la précision dont il faisait preuve lors des expériences, chaque goutte ajoutée à une solution avait son importance. De plus, dans sa journée, il était à son bureau, en cours, ou au laboratoire, et quand je le voyais au laboratoire, il prenait que quelques minutes de pause pour manger et allait s'occuper du rangement et du nettoyage du matériel, même s'il ne fait, lui-même, pas beaucoup d'expériences au laboratoire. Je savais qu'un chercheur travaillait beaucoup mais je ne savais pas qu'il en était de même pour un technicien.

Bien entendu, j'ai pu découvrir le métier de chercheur, avec mon maître de stage qui est chercheur et professeur associé. La plus grande particularité de ce métier est de ne pas avoir d'horaires. Certains doctorants m'ont dit que mon maître de stage travaillait la plupart du temps de 6-7h00 du matin à 20h00 sans s'être rendu compte du temps qu'il avait passé à l'université. Pour exercer ce métier il est donc important d'être passionné par ses activités, c'est ce que j'ai pu remarquer. Un aspect intéressant est qu'un chercheur n'a pas véritablement de routine comme la plupart des travailleurs. Mon maître de stage, par exemple, partage son temps entre activités de terrain, supervision d'expériences de laboratoire, lecture d'articles scientifiques, rédaction de conclusions, rendez-vous, enseignements et sorties avec les étudiants. Ce que j'ai particulièrement apprécié est le nombre de connaissances qu'il a pu me transmettre durant ces quelques mois de stage. Peu importe si je posais des questions ou non, il m'expliquait tout ce qu'on remarquait sur le terrain, même si ce n'était pas directement lié à l'activité en elle-même. Un chercheur est donc quelqu'un d'extrêmement passionné par son métier et qui cherche par-dessus tout à transmettre son savoir aux autres. Côté ce type de personne est très enrichissant.

Pour accéder au métier de chercheur, un doctorat est nécessaire. J'ai pu connaître également le quotidien de deux doctorants qui ont présenté leur défense en mai 2022. J'ai eu la chance d'assister à la présentation de leurs travaux de thèse devant le jury. En posant des questions aux doctorants, j'ai compris que les années de doctorat ne sont pas si faciles, les journées sont également très chargées. Si le doctorant veut avoir assez de temps pour faire toutes les recherches qu'il souhaite, ses journées sont également très longues (arrivée avant 9h00 et départ après 18h00). Il n'y a également pas de routine : laboratoire, terrain, travaux avec des étudiants, analyses de données, rédaction de conclusions et de rapports, ... Ils m'ont souvent demandé si je voulais par la suite réaliser un doctorat et m'ont beaucoup expliqué leur quotidien pour que je puisse me faire une idée du métier.

Sources

- (1) <https://www.unipr.it/ateneo/chi-siamo>
- (2) [https://www.unipr.it/sites/default/files/albo_pretorio/allegati/14-10-2021/rapporto di sostenibilita unipr 2019 - ottobre2021.pdf](https://www.unipr.it/sites/default/files/albo_pretorio/allegati/14-10-2021/rapporto_di_sostenibilita_unipr_2019_-_ottobre2021.pdf)
- (3) <https://studylibit.com/doc/5240605/bartoli-marco---università-degli-studi-di-parma>
- (4) <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/electrofishing>
- (5) <https://youtu.be/0J9BJdgJdul>
- (6) <http://www.ecopayconnect2020.it/pagina.php?id=9>
- (7) <https://rivistanatura.com/anche-i-parchi-si-preparano-al-dopo-covid/>
- (8) <http://www.parks.it/parco.mincio/dettaglio.php?id=58232>

Bibliographie

- Acreman, M. C., & Dunbar, M. J. (2004). Defining environmental river flow requirements – a review. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8(5), 861-876. <https://doi.org/10.5194/hess-8-861-2004>
- Anderson, K. E., Paul, A. J., McCauley, E., Jackson, L. J., Post, J. R., & Nisbet, R. M. (2006). Instream flow needs in streams and rivers : The importance of understanding ecological dynamics. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(6), 309-318. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)4\[309:IFNISA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)4[309:IFNISA]2.0.CO;2)
- Arthington, A. H., Naiman, R. J., McClain, M. E., & Nilsson, C. (2010). Preserving the biodiversity and ecological services of rivers : New challenges and research opportunities: Preserving the biodiversity and ecological services of rivers. *Freshwater Biology*, 55(1), 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02340.x>
- Johnson, J. A., Sivakumar, K., & Rosenfeld, J. (2017). Ecological Flow Requirement for Fishes of Godavari River:Flow Estimation Using the PHABSIM Method. *Current Science*, 113(11), 2187. <https://doi.org/10.18520/cs/v113/i11/2187-2193>
- Ma, D., Luo, W., Yang, G., Lu, J., & Fan, Y. (2019). A study on a river health assessment method based on ecological flow. *Ecological Modelling*, 401, 144-154. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.11.023>
- Poff, N. L., Allan, J. D., Palmer, M. A., Hart, D. D., Richter, B. D., Arthington, A. H., Rogers, K. H., Meyer, J. L., & Stanford, J. A. (2003). River flows and water wars : Emerging science for environmental decision making. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(6), 298-306. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2003\)001\[0298:RFAWWE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2003)001[0298:RFAWWE]2.0.CO;2)
- Richter, B. D., Mathews, R., Harrison, D. L., & Wigington, R. (2003). ECOLOGICALLY SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT : MANAGING RIVER FLOWS FOR ECOLOGICAL INTEGRITY. *Ecological Applications*, 13(1), 206-224. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2003\)013\[0206:ESWMMR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2003)013[0206:ESWMMR]2.0.CO;2)

IV. Annexes

- Annexe 1 – Recherche de points à échantillonner dans la rivière Osone

Sampling points on the Osone river

The goal is to find 7 interesting points on the Osone river to go sampling and analyse the water.

The 7 points are:

- 1) A starting point, upstream
- 2) A point after grass land area
- 3) A point after a lot of vegetation
- 4) A point after urban area
- 5) A point in arable lands
- 6) A point just after a Wastewater Treatment Plan
- 7) An ending point, downstream

You will find the information for the 7 selected points in the table below and the localisation on the picture 5.

Point	Goal	Localisation	GPS point	Note
1) Starting point	To compare the water upstream with the downstream	Via selva, 2	45.3398096290676, 10.483947546914608	Easy access, dirt road
2) Grass (Picture 1)	To analyse water that has passed through a grass land area	Strada Baldese, 12	45.296792205122, 10.511114389627819	Easy access (Prati permanenti)
3) Vegetation (Picture 2)	To analyse water that has passed through a vegetated area	Strada Selva Bergamasca	45.23668785230458, 10.52575843575344	Easy access, road between the fields (Vegetazione degli argini sopraelevati)
4) Urban (Picture 3)	To analyse water that has passed through an urbanized area	Via S. Miniato, 4	45.19418118199959, 10.586563177285392	Easy access (Tessuto residenziale)
5) Arable	To analyse water that has passed through an arable land area	Next to Via Carobbio	45.152241134276295, 10.628448464011026	Easy access, road between the fields (Seminativi semplici)
6) WWTP	To analyse water that has passed through a WWTP	Via Giovanni Falcone (in the WWTP if it's open)	45.14837325584956, 10.658371826689361	Easy access, but not open every day (picture 4)
7) Ending point	To compare the water downstream with the upstream	Via della Francesca, Curtatone (on the bridge next to Agriturismo Monte Perego)	45.16224278365893, 10.680815357611552	Easy access, we can take the water from the bridge or park and approach the river

NB: 97% of the area around the Osone River is arable land






Figure 1 : Grass land point, screenshot QGIS

- Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
- Canale Osone



Figure 2 : Vegetation point, screenshot QGIS

- Vegetazione degli argini sopraelevati

-  Tessuto residenziale discontinuo
-  Tessuto residenziale rado e nucleiforme
-  Tessuto residenziale sparso

comune di CASTELLUCCHIO
provincia di MANTOVA

**centro raccolta
differenziata
dei rifiuti**

orario di apertura al pubblico:
lunedì - venerdì - sabato
dalle ore 8.30 alle ore 11.30
martedì
dalle ore 14.30 alle ore 16.30

vietato abbandonare materiale
fuori dagli appositi contenitori
e all'esterno della recinzione

33

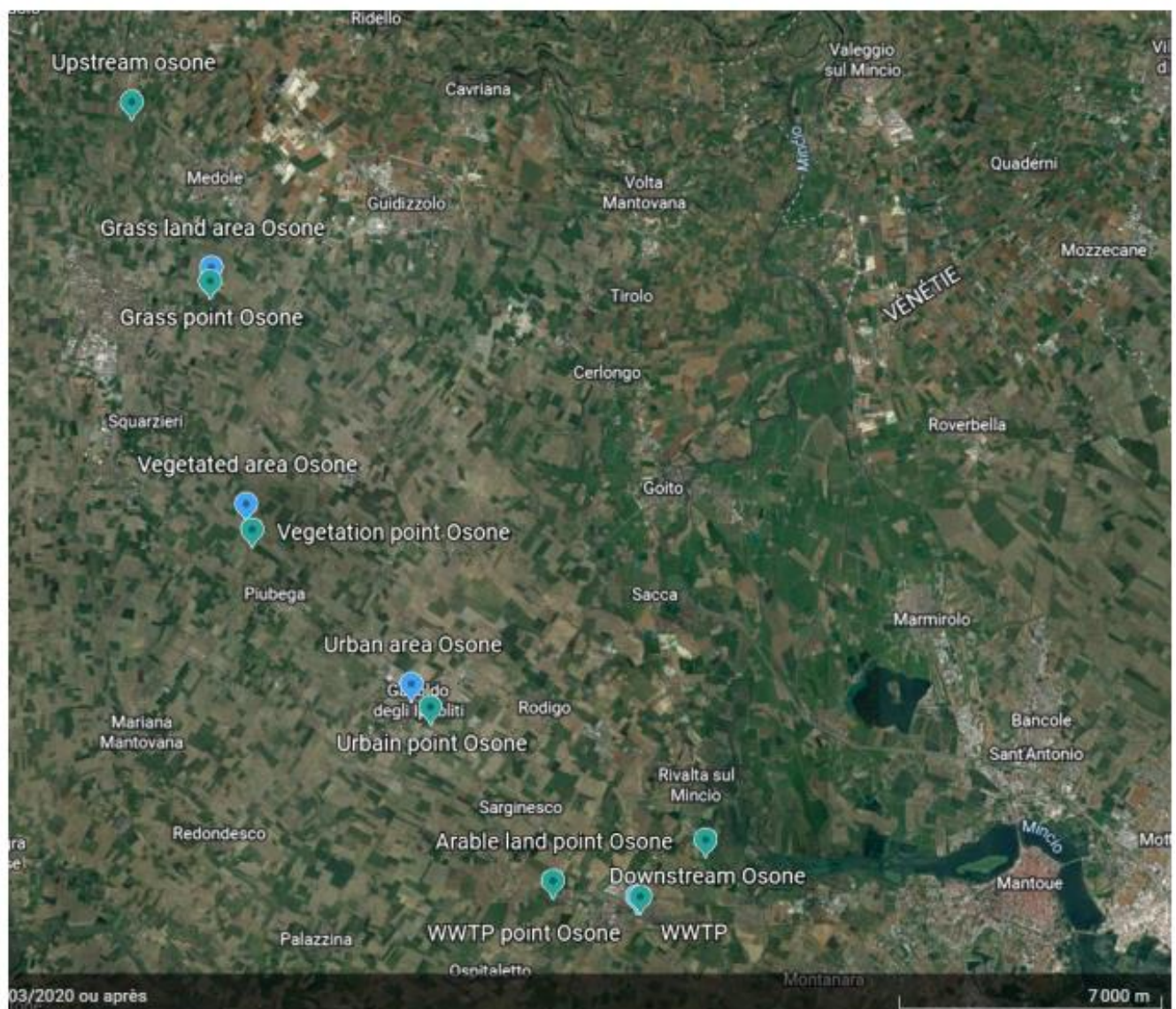


Figure 5 : Map of all the sampling points, screenshot Google Earth (points in green)

<https://earth.google.com/earth/d/1kl0lNtfO13OoYL8ox1ML1Mw2mLem7KGg?usp=sharing>

● Annexe 2 – Saisie Excel et calculs

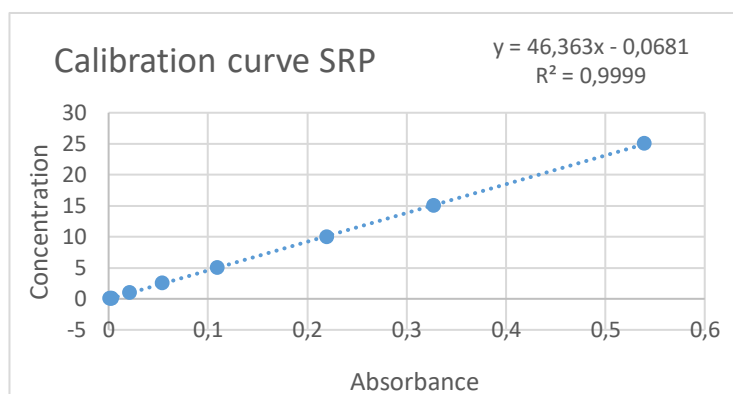
Filtration :

Sample	Experiment	n° filter	Weight filter	Volume filtered	Weight dry	Weight ash	TSM	LOI
			g	mL	g	g	g/L	%
Bertone 1	TPP	1	0,1274	1000	0,1302	0,1288	0,0028	1,0753
	TIP	2	0,1267	1000	0,129		0,0023	
	EXC	3	0,1273	1000				
	Chl a			1000				
Bertone 2	TPP	4	0,1273	1000	0,1294	0,1283	0,0021	0,8501
	TIP	5	0,1297	1000	0,1313		0,0016	
	EXC	6	0,1293	1000				
	Chl a			1000				
Bertone 3	TPP	7	0,1303	1000	0,1313	0,1305	0,001	0,6093
	TIP	8	0,1298	1000	0,1309		0,0011	
	EXC	9	0,1264	1000				
	Chl a			1000				
Prato stabile	TPP	10	0,1298	500	0,1312	0,1302	0,0014	0,7622
	TIP	11	0,1276	500	0,1294		0,0018	
	EXC	12	0,1285	500				
	Chl a			500				
Goldone 1	TPP	16	0,1373	750	0,1586	0,1552	0,0213	2,1438
	TIP	17	0,1378	750	0,1576		0,0198	
	EXC	18	0,1377	750				
	Chl a			750				
Goldone 2	TPP	13	0,1383	750	0,1708	0,1673	0,0325	2,0492
	TIP	14	0,138	750	0,1792		0,0412	
	EXC	15	0,1383	500				
	Chl a			500				
Goldone 3	TPP	19	0,1385	500	0,1617	0,1589	0,0232	1,7316
	TIP	20	0,1376	500	0,1711		0,0335	
	EXC	21	0,1376	500				
	Chl a			500				
Goldone 4	TPP	22	0,1375	500	0,162	0,1586	0,0245	2,0988
	TIP	23	0,1374	500	0,1613		0,0239	
	EXC	24	0,1374	500				
	Chl a			500				
	TP	25	0,1378	650	0,172	0,168	0,0342	2,3256
	Chl a			650				
	TPP	26	0,1381	100	0,1435	0,1415	0,0054	1,3937
	Chl a			100				
	TPP	27	0,1389	250	0,153	0,1513	0,0141	1,1111
	Chl a			250				
	TPP	28	0,1374	350	0,1563	0,1536	0,0189	1,7274
	Chl a			350				
Osone 1	TPP	29	0,1377	500	0,1544	0,1518	0,0167	1,6839
	TIP	30	0,1381	500	0,1566		0,0185	

	EXC	31	0,1383	500				
	Chl a			500				
Osone 2	TPP	32	0,1385	500	0,1621	0,1596	0,0236	1,5423
	TIP	33	0,1386	500	0,164		0,0254	
	EXC	34	0,1372	500				
	Chl a			500			0	
Osone 3	TPP	35	0,1383	500	0,1692	0,1654	0,0309	2,2459
	TIP	36	0,1385	500	0,1728		0,0343	
	EXC	37	0,1373	500				
	Chl a			500				
	TPP	38	0,1383	100	0,1455	0,1446	0,0072	0,6186
	Chl a			100				
	TPP	39	0,1378	250	0,1545	0,152	0,0167	1,6181
	Chl a			250				
	TPP	40	0,1372	350	0,1621	0,1594	0,0249	1,6656
	Chl a			350				
	TPP	41	0,1379	650	0,1767	0,1715	0,0388	2,9428
	Chl a			650				

Expérience SRP :

Concentration	Absorbance	
0	0,003	
0	0,001	-0,068141347
0	0,002	46,36335069
1	0,021	
2,5	0,054	
5	0,109	
10	0,219	
15	0,327	
25	0,539	

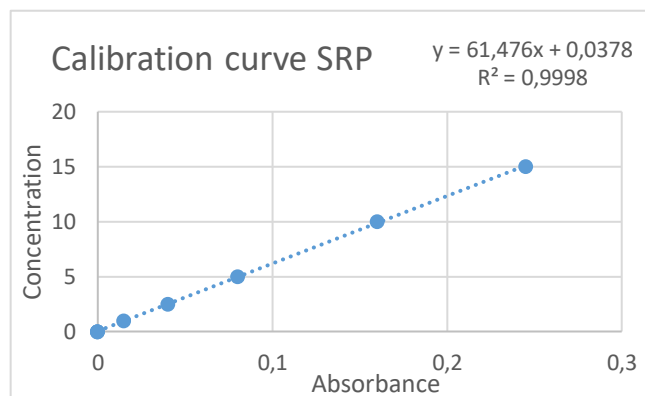


Samples	No dilution	Dilution 1 : 2	Concentration	Quantity	Quantity	Concentration
	2,25 mL of sampling	1,25 mL of sampling	n			n initiale
			μM	μmol	μg	μg/L
Bertone 1	0,023		1,00	0,01	0,31	0,31
Bertone 2	0,028		1,23	0,01	0,38	0,38
Bertone 3	0,109		4,99	0,05	1,54	1,54
Prato 1	0,075		3,41	0,03	1,06	1,06
Prato 2	0,612	0,308	56,61	0,57	17,54	17,54
Prato 3	0,5		23,11	0,23	7,16	7,16
Prato 4 (fine)	0,708	0,368	65,51	0,66	20,29	20,29
Goldone 1	0,094		4,29	0,04	1,33	1,33
Goldone 2	0,076		3,46	0,03	1,07	1,07
Goldone 3	0,102		4,66	0,05	1,44	1,44
Goldone 4	0,09		4,10	0,04	1,27	1,27
Osone 1	0,021		0,91	0,01	0,28	0,28
Osone 2	0,038		1,69	0,02	0,52	0,52
Osone 3	0,059		2,67	0,03	0,83	0,83

Expérience TP :

Concentration	Absorbance
0	0
0	0
0	0
1	0,015
2,5	0,04
5	0,08
10	0,16
15	0,245

0,037837544
61,47648084



	Samples	Volume	Dilution 1 : 10	Concentration	Quantit y	Quantit y	Concentration initiale
		L	1 mL of sampling	μM	μmol	μg	μg/L
TIP	Bertone 1	1	0,014	8,99	0,09	2,78	2,78
	Bertone 2	1	0,011	7,14	0,07	2,21	2,21
	Bertone 3	1	0,014	8,99	0,09	2,78	2,78
TPP	Bertone 1	1	0,044	27,43	0,27	8,50	8,50
	Bertone 2	1	0,046	28,66	0,29	8,88	8,88
	Bertone 3	1	0,036	22,51	0,23	6,97	6,97
TIP	Prato Stabile	0,5	0,041	25,58	0,26	7,92	15,85
TPP	Prato Stabile	0,5	0,129	79,68	0,80	24,68	49,36
TIP	Goldone 1	0,5	0,088	54,48	0,54	16,87	33,75
	Goldone 2	0,5	0,176	108,58	1,09	33,63	67,26
	Goldone 3	0,5	0,135	83,37	0,83	25,82	51,65
	Goldone 4	0,5	0,117	72,31	0,72	22,40	44,79
TPP	Goldone 1	0,5	0,172	106,12	1,06	32,87	65,74
	Goldone 2	0,5	0,263	162,06	1,62	50,20	100,39
	Goldone 3	0,5	0,173	106,73	1,07	33,06	66,12
	Goldone 4	0,5	0,203	125,18	1,25	38,77	77,54
Increasing among of water	Goldone 4	0,1	0,046	28,66	0,29	8,88	88,76
	Goldone 4	0,25	0,119	73,54	0,74	22,78	91,11
	Goldone 4	0,35	0,155	95,67	0,96	29,63	84,66
	Goldone 4	0,5	0,203	125,18	1,25	38,77	77,54
	Goldone 4	0,65	0,286	176,20	1,76	54,58	83,96

TIP	Ozone 1	0,5	0,075	46,49	0,46	14,40	28,80
	Ozone 2	0,5	0,096	59,40	0,59	18,40	36,79
	Ozone 3	0,5	0,145	89,52	0,90	27,73	55,45

TPP	Ozone 1	0,5	0,129	79,68	0,80	24,68	49,36
	Ozone 2	0,5	0,171	105,50	1,06	32,68	65,36
	Ozone 3	0,5	0,252	155,30	1,55	48,10	96,20

Increasing among of water	Ozone 3	0,1	0,058	36,03	0,36	11,16	111,61
	Ozone 3	0,25	0,142	87,67	0,88	27,16	108,62
	Ozone 3	0,35	0,188	115,95	1,16	35,92	102,62
	Ozone 3	0,5	0,252	155,30	1,55	48,10	96,20
	Ozone 3	0,65	0,278	171,28	1,71	53,05	81,62

Expérience Chl a :

Samples	V c (L)	V acetone (mL)	Wave lenth (nm)				Concentration of Chl (µg/L)	Quantity (µg)	Mean (µg/L)
			630	647	664	750			
Bertone 1	1	10	0,004	0,005	0,012	0,002	1,137	1,137	1,245
Bertone 2	1	10	0,003	0,005	0,012	0,001	1,240	1,240	
Bertone 3	1	10	0,006	0,007	0,015	0,003	1,358	1,358	
Prato Stabile	0,5	10	0,013	0,01	0,014	0,007	1,557	0,779	0,779
Goldone 1	0,5	10	0,007	0,001	0,025	0,003	5,269	2,635	2,172
Goldone 2	0,5	10	0,004	0,006	0,016	0,003	2,987	1,494	
Goldone 3	0,5	10	0,015	0,01	0,027	0,003	5,453	2,727	
Goldone 4	0,5	10	0,005	0,007	0,019	0,003	3,666	1,833	
Goldone 4	0,1	10	0,014	0,014	0,017	0,011	6,624	0,662	2,177
Goldone 4	0,25	10	0,008	0,01	0,02	0,006	6,383	1,596	
Goldone 4	0,35	10	0,012	0,014	0,028	0,007	6,791	2,377	
Goldone 4	0,5	10	0,005	0,007	0,019	0,003	3,666	1,833	
Goldone 4	0,65	10	0,013	0,018	0,044	0,005	6,792	4,415	
Osone 1	0,5	10	0,007	0,008	0,026	0,002	5,495	2,748	2,625
Osone 2	0,5	10	0,004	0,006	0,019	0,001	4,107	2,054	
Osone 3	0,5	10	0,008	0,011	0,03	0,003	6,145	3,072	
Osone 3	0,1	10	0,002	0,003	0,005	0,002	3,401	0,340	1,616
Osone 3	0,25	10	0,003	0,004	0,01	0,003	3,256	0,814	
Osone 3	0,35	10	0,004	0,006	0,014	0,002	3,882	1,359	
Osone 3	0,5	10	0,008	0,011	0,03	0,003	6,145	3,072	
Osone 3	0,65	10	0,009	0,012	0,027	0,005	3,840	2,496	



Expérimentation du flux écologique de la rivière Mincio en Italie du Nord

Camille BOCCAGNY

2021-2022

Résumé :

Lors de mon stage de trois mois à l'université de Parme, j'ai pu participer à un projet d'étude de la qualité des eaux du Mincio vis-à-vis des activités agricoles de la région. Entre cartographie, échantillonnage sur le terrain, expériences de laboratoire et analyse de données, j'ai pu découvrir toutes les activités des personnes du laboratoire d'écologie aquatique. Cela m'a permis d'acquérir des connaissances pratiques et théoriques dans ce domaine qui m'était peu familier.

During my three-month-long internship at the University of Parma, I was given the opportunity to participate to a research project on the impact of local agricultural activities on the water quality of the Mincio river. From GIS and field sampling to laboratory experiments and data analysis, I was able to discover the various occupations of the aquatic ecology laboratory's personnel. This allowed me to acquire theoretical and practical knowledge in a field I was unfamiliar with.

Mots Clés : Ecologie aquatique – Cycles biogéochimiques – Changement climatique

Université de Parme - Via delle Scienze, 181/a, 43124 Parma

Tuteur entreprise :

Marco Bartoli

Professeur Associé

Tuteur académique :

Stéphane Rodrigues