

FRUITI'FILTRE

Etudiants :

Samuel BLOOMFIELD

Cassandre DEBURE

Camille GENIN

Aude ILLY

Maxine ROSSIGNOL

Enseignant-responsable du projet :

Isabelle DELAROCHE

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **14/06/2024**

Référence du projet : **STPI/P6/2024 – 22**

Intitulé du projet : ***Pelures de fruits pour dépolluer l'eau : conception d'un TP pour les étudiants STPI1 (suite projet 2023)***

Type de projet : ***Expérimental***

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

L'objectif est de créer un TP dans le cadre de l'EC CTP qui permettrait de faire découvrir aux étudiants de STPI 1 une méthode innovante de dépollution de l'eau à partir de pelures de fruits. Il permettra la découverte d'une technique d'analyse, la spectrométrie d'absorption atomique, et d'amener les étudiants à réfléchir aux enjeux environnementaux actuels. Ce TP permettra de revoir les bases de la chimie avec des manipulations accessibles et non dangereuses. Il s'agira d'utiliser des pelures de fruits pour purifier une eau polluée, colorée ou contenant des résidus métalliques, et d'étudier la purification de l'eau selon les pelures, de conclure sur l'efficacité de la méthode et de développer un esprit critique. Ce projet a aussi pour objectif de développer notre autonomie, notre capacité d'organisation et de travail en équipe.

Mots-clefs du projet : ***Pelures de fruits – Eau – Métaux lourds – Molécules organiques***

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	6
2.	Méthodologie / Organisation du travail	7
3.	Travail réalisé et résultats	9
3.1.	Etude préliminaire	9
3.1.1.	Cahier des charges	9
3.1.2.	Méthodes d'analyse utilisées.....	10
3.1.3.	Manipulations préparatoires	12
3.1.4.	Incertitudes sur les solutions	15
3.2.	Test du TP et ajustements.....	16
4.	Conclusions et perspectives.....	17
4.1.	Conclusion sur le travail réalisé.....	17
4.2.	Conclusions sur l'apport personnel de cet EC. Projet.....	18
4.3.	Perspectives pour la poursuite de ce projet.....	20
5.	Bibliographie	21
6.	Annexes.....	22
6.1.	Résultats de dépollution d'une eau contenant du Nickel (22/03)	22
6.2.	Résultats de dépollution d'une eau contenant du Cuivre (29/03).....	23
6.3.	Derniers résultats pour une eau contenant soit du Nickel soit du Cuivre (12/04)	24
6.4.	Etude de vieillissement de la solution mère de Nickel	25
6.5.	Feuille de sécurité des produits utilisés	26
6.6.	Résultats de dépollution d'une eau contenant du Bleu de Méthylène (16/04).....	27
6.7.	Incertitudes sur les mesures : exemple type.....	29
6.8.	Documents relatifs au TP	30
6.9.	Informations du TP et documents pour les techniciens du laboratoire de chimie	43

NOTATIONS, ACRONYMES

BM : Acronyme du « Bleu de Méthylène »

Cu : Symbole du Cuivre

Ni : Symbole du Nickel

CMR : Espèces chimiques cancérogènes, mutagènes et/ou toxiques pour la reproduction

P.B. : Poudre Bouillie

P.NB. : Poudre Non Bouillie

SM. B: Semi-Mixé Bouilli

SM.NB: Semi-Mixé Non Bouilli

M.B. : Morceaux Bouillis

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons tout d'abord remercier Madame Isabelle DELAROCHE, notre enseignante encadrante dans le cadre de ce Projet Scientifique Encadré. Son encadrement et ses conseils ont été essentiels pour la rédaction de ce rapport et tout au long des manipulations que nous avons mises en place. Nous avons ainsi pu réaliser ce projet, préparer la soutenance orale et le poster dans les meilleures conditions possibles. Nous tenons aussi à la remercier pour tous les moyens mis à disposition concernant la gestion de l'organisation pour mener à bien ce projet.

Ensuite, nous aimerions remercier Madame Sarah LANDRIN, la responsable des TP de STPI 1, et l'équipe de techniciens du laboratoire de chimie pour l'aide apportée et toutes les réponses à nos questions.

Finalement, nous voudrions remercier *Les Serres Stéphanaïses* à Saint-Etienne du Rouvray, où nous avons réalisé nos photos, pour leur accueil et leur gentillesse, ainsi que le groupe 21 du Projet Scientifique Encadré pour la mise en commun de certains de leurs résultats.

1. INTRODUCTION

Contexte du travail¹

Troisième planète du système solaire par la distance, la Terre est encore pour l'instant la seule planète capable d'accueillir la vie, grâce à son atmosphère mais aussi à sa parfaite distance au soleil qui autorise la présence de l'eau sous forme liquide. Ainsi, la surface de la planète Terre est couverte à 71% d'eau environ, lui conférant son surnom de « planète bleue ». Cependant, en réalité, moins de 1% des ressources en eau sont disponibles pour la consommation humaine et ne sont pas accessibles par tous. Avec le réchauffement climatique, la pollution des eaux et l'augmentation de la population humaine mondiale, nous sommes actuellement environ 8 milliards sur Terre et selon les estimations nous devrions être 10 milliards en 2050, les ressources en eau sont de plus en plus menacées. Ainsi, environ 3% des décès dans le monde sont expliqués par une mauvaise qualité de l'eau, selon l'OMS, et « la pollution de l'eau représente un défi majeur pour la santé humaine et l'environnement dans de nombreux pays » d'après le site des Nations Unies.²

La préservation des ressources en eau est donc un enjeu majeur, l'eau constituant la base de la vie sur Terre, et relève de la responsabilité de tous. Il s'agit ainsi pour les individus et les entreprises de limiter la pollution des eaux, en faisant attention aux déchets rejetés dans l'environnement (par exemple, les bouteilles en plastique jetées par les individus ou les eaux polluées, par des produits néfastes pour l'environnement comme des métaux lourds, rejetées par les entreprises pour faire des économies en raison du coût élevé du traitement des eaux polluées). Mais compter exclusivement sur la responsabilité de chacun apparaît utopique, et c'est pourquoi il est également essentiel de chercher et de développer des solutions innovantes pour la dépollution des eaux, pour recycler l'eau une fois que celle-ci a été polluée par des éléments chimiques. Serait-il possible d'utiliser nos pelures de fruits afin de dépolluer l'eau ?

Dans le prolongement de l'étude réalisée par nos prédécesseurs et dans le but d'introduire cette idée auprès des futurs ingénieurs, nous allons donc chercher à concevoir un TP à destination des étudiants de STPI 1.

Objectifs à atteindre pour le projet

Afin de concevoir un TP réalisable par les étudiants de STPI 1 et donc pour réaliser nos expériences, nous allons donc nous appuyer sur une étude réalisée en 2015 par des chercheurs du département de chimie de l'Université de Singapour, en utilisant l'article de R. Mallampati, L. Xuanjun, A. Adin et S. Valiyaveetil, « Fruit Peels as Efficient Renewable Adsorbents for Removal of Dissolved Heavy Metals and Dyes from Water », *ACS sustainable Chemistry & Engineering*, publié le 8 avril 2015³, ainsi que les résultats obtenus par nos prédécesseurs⁴. On cherchera donc à comparer les résultats obtenus en fonction des différents paramètres énoncés dans le cahier des charges (voir 3.1.1). L'idée est donc de concevoir un TP d'une durée de 2h45 en réalisant l'énoncé, les questions préliminaires pour la préparation du TP par les étudiants, ainsi que le compte-rendu du TP. Les manipulations devront être accessibles et non dangereuses afin de (re)découvrir les bases de la chimie, puisqu'il s'agit de remplacer le premier TP de STPI 1. Le but de ce projet est aussi finalement de sensibiliser aux enjeux environnementaux qui nous concernent tous, de développer nos compétences expérimentales et analytiques, notre esprit critique mais aussi notre autonomie.

2. METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Description de l'organisation adoptée pour le déroulement du travail

Concernant l'organisation adoptée pour le déroulement du travail, nous nous réunissons sur le créneau de 1h30 réservé à notre projet le vendredi après-midi de 15h à 16h30. Les pelures de fruits à faire sécher étaient déposées en début de semaine. Pour les manipulations, elles étaient réalisées en grande majorité le vendredi de 13h15 à 17h30, avant et après notre créneau horaire. Les analyses étaient régulièrement effectuées juste après ce créneau horaire ou dans le week-end : les résultats étaient ainsi analysés avant le créneau suivant, pour pouvoir appliquer, par la suite, des modifications.

Pour communiquer, les outils mis à disposition ont été utilisés : un diagramme de Gantt et une application s'appelant TRELLO. Le Gantt est un diagramme permettant de représenter l'avancée du travail dans le temps, de façon organisée par l'utilisation de couleurs : rouge pour « à faire », jaune pour « en cours » et vert pour les tâches qui ont été effectuées. Cet outil permet de ne pas se laisser submerger par le travail, grâce à la visualisation dans le temps des tâches à faire, quand et pendant combien de temps. La communication, le partage de documents et le tri des informations selon différentes catégories ont, eux, surtout été permis par l'utilisation du Trello. Enfin, Google Drive était utilisé pour regrouper tous les documents nécessaires au groupe.

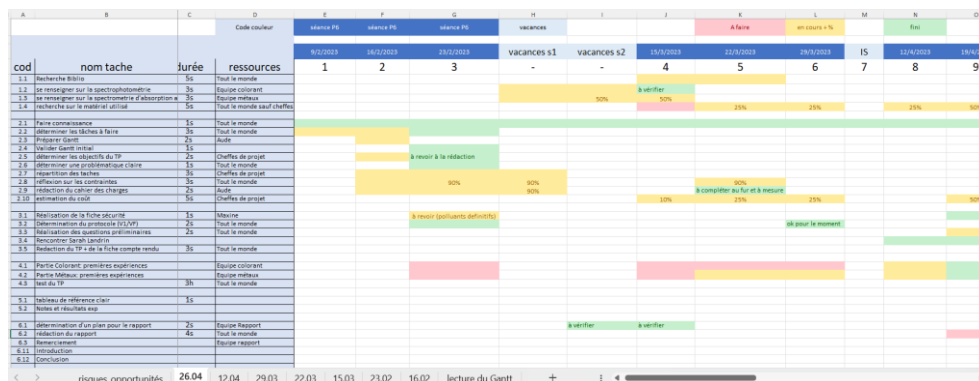


Image 1 : Aperçu du Diagramme de Gantt

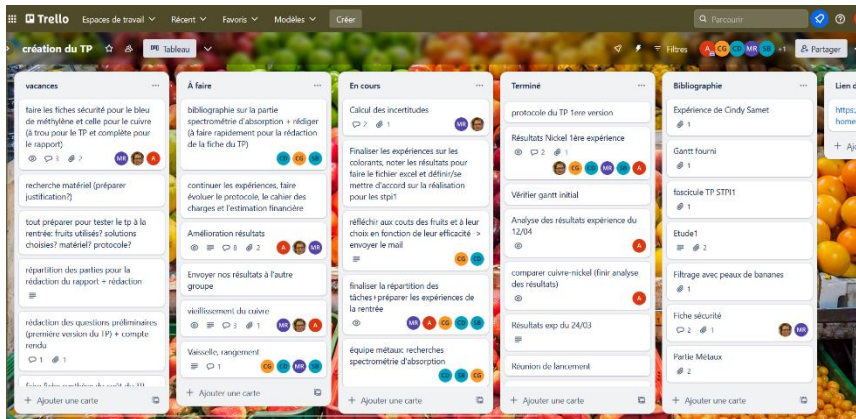


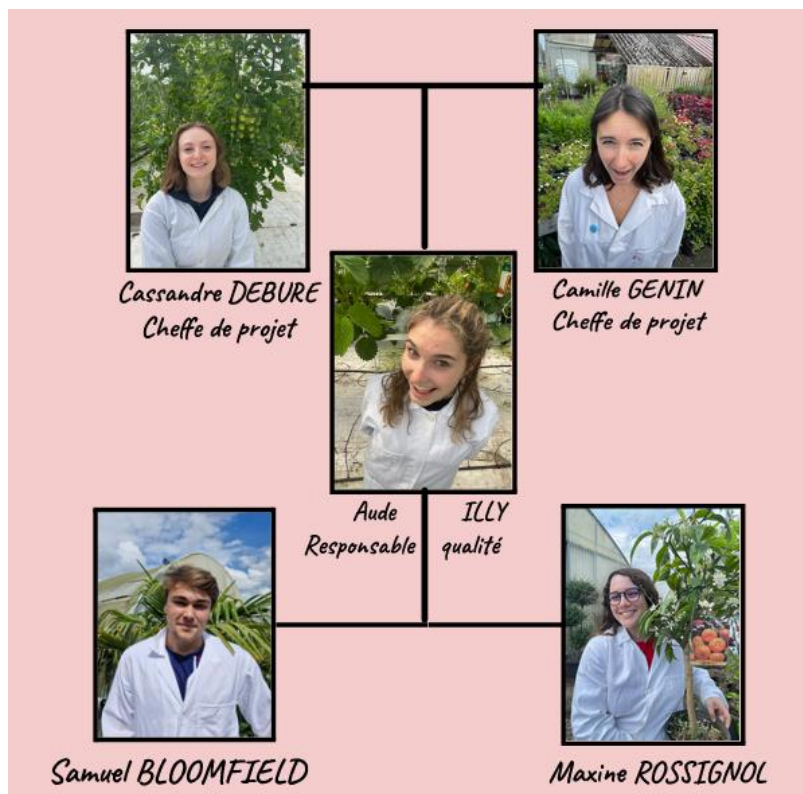
Image 2 : Aperçu du Trello

Organigramme des tâches réalisées et des étudiants concernés

Concernant l’organisation de groupe pour ce projet, nous avons choisi deux cheffes de projet et une responsable qualité. Les cheffes de projet ont pour rôle de communiquer, afin d’obtenir ou de fournir des informations auprès, par exemple, des techniciens du laboratoire ou de faire le lien avec Madame Delaroche, et de définir les étapes du projet. La décision de mettre deux personnes en tant que cheffe de projet a été prise dans le but de partager le rôle d’un chef en deux c’est-à-dire que nous avons une cheffe de projet plutôt pour la partie manipulation et une autre pour la partie analyse des données et contact avec les techniciens notamment pour se mettre d’accord sur le matériel utilisé et son budget.

La responsable qualité s’occupe quant-à-elle de la planification, de l’organisation et du suivi, afin de s’assurer du bon avancement du projet.

Nous avons principalement réalisé les expériences et l’analyse des résultats ensemble, en fonction des disponibilités de chacun, et nous nous sommes réparti les éléments autres que les expériences, comme la détermination du plan du rapport ou la réalisation des fiches de sécurité. On peut donner l’organigramme suivant pour le groupe :



3. TRAVAIL REALISE ET RESULTATS

3.1. Etude préliminaire

3.1.1. *Cahier des charges*

Afin de construire et de réaliser notre TP, il a été nécessaire de rédiger un cahier des charges nous permettant ainsi d'avoir un fil conducteur tout au long de notre projet, et donc de la construction du TP, pour prendre des décisions et faire des choix.

Un cahier des charges est un document permettant de cadrer un projet et précisant les spécifications attendues. Le cahier des charges sert de ligne directrice lors de la conception d'un projet, ici la conception d'un TP de chimie et il permet donc de formaliser précisément les besoins du client, ses exigences et les contraintes.

Ainsi, les objectifs et les contraintes ont été définis par ce cahier. Les contraintes prises en compte pour la construction de ce TP sont donc les suivantes :

- **Contraintes de temps et de manipulations** : Il agit d'un TP de 2h45, il faut donc prendre en compte les éventuels retards, le nettoyage de la paillasse, les temps d'explication et les temps de rédaction.
 - Les pelures choisies doivent permettre d'observer des résultats clairs, dans des temps de réaction assez courts pour que les élèves puissent les analyser.
- **Contraintes pédagogiques** : Ce TP doit permettre de reprendre les objectifs et apporter les connaissances et les savoir-faire du TP actuel qu'il pourrait remplacer, c'est-à-dire la révision des dilutions pour les étudiants de STPI 1 (il s'agirait du premier de chimie de l'année, sachant que les dilutions constituent une des bases les plus importantes de la chimie). Mais ce TP doit aussi permettre de découvrir une nouvelle méthode d'analyse : la spectrométrie d'absorption atomique.
- **Contraintes financières** : Il faut que le coût de ce TP soit minimal ce qui suppose de :
 - Estimer le coût pour la mise en œuvre : utiliser des fruits dont le prix n'est pas trop élevé, des polluants (métal-colorant) et du matériel pas trop coûteux.
 - Penser au traitement des déchets produits par ce TP (solutions, matériel).
- **Contraintes de praticité** : (pour les techniciens du laboratoire) Il faut que la préparation soit faisable par l'équipe technique et ne soit pas trop contraignante. Elle nécessite donc d'échanger avec les techniciens. Nous avons donc échangé avec Sarah Landrin, la technicienne responsable des TP de STPI, puis nous l'avons ensuite rencontrée, afin de mieux cerner les contraintes énoncées ci-dessous :
 - Elaborer une préparation des pelures pas trop contraignante : rapide, la plus simple et facile possible.
 - Etudier la stabilité des solutions mères utilisées : choisir les polluants en fonction de la stabilité sur deux semaines (durée pendant laquelle le TP sera réalisé par les étudiants de STPI 1).
- **Contraintes environnementales** : limiter les déchets et limiter la dangerosité pour l'environnement des déchets
- **Contraintes de sécurité** : (pour les élèves et le personnel) Il s'agit de limiter la dangerosité pour la santé humaine du TP en choisissant des polluants les moins dangereux possible.
 - Choix de polluants peu toxiques

Finalement, la construction de ce TP nécessite donc de tester et de comparer les capacités et l'efficacité des pelures, choisies selon des critères précis (par exemple financiers), à retirer des polluants présents dans l'eau, dans l'objectif de réaliser un TP le plus compatible possible avec les contraintes énoncées précédemment.

3.1.2. Méthodes d'analyse utilisées

Dans le cadre de notre projet, la méthode d'analyse par spectrophotométrie UV-Visible a été utilisée pour étudier l'absorption du BM, espèce colorée (bleue), par les pelures d'avocats et de pommes dans l'objectif de comparer les résultats d'élimination de cette espèce lorsqu'elle est présente dans l'eau. Le but étant de sélectionner le fruit le plus adapté pour la mise en œuvre de ce TP, conformément au cahier des charges.

La deuxième méthode d'analyse, méthode par spectrométrie d'absorption atomique, a été utilisée afin d'analyser l'adsorption du cuivre et du nickel, deux métaux, par les pelures d'avocats et de pommes dans le même objectif que pour le bleu de méthylène. Le but étant de sélectionner le type de préparation de ces fruits et le métal le plus adapté pour la mise en œuvre de ce TP, conformément au cahier des charges.

➤ La spectrophotométrie UV-Visible⁵

La spectrophotométrie est une méthode d'analyse consistant à mesurer l'absorbance d'une solution colorée, donc absorbant dans l'UV-visible (molécules organiques conjuguées, ions, complexes), afin de déterminer la concentration des espèces responsables de l'absorption dans la solution. En effet, sa concentration est liée à sa capacité à absorber la lumière. Ainsi, plus la concentration de l'échantillon est élevée, plus il absorbe la lumière. L'absorbance d'une espèce chimique dépend alors de la nature de l'espèce et du solvant, de la concentration de l'espèce dans la solution et de la longueur d'onde de la lumière absorbée.



Image 3 : Spectrophotomètre, appareil permettant de réaliser une analyse de spectrophotométrie

Principe :

Le spectrophotomètre est composé d'une lampe permettant d'émettre le rayon lumineux, d'un élément dispersif (monochromateur) pour séparer le faisceau de lumière en ses différentes longueurs d'onde pour que le sélectionneur récupère celle de travail choisie, et d'un détecteur (cellule photoélectrique). L'appareil va, grâce au détecteur, réaliser une mesure de l'intensité lumineuse de la lumière, après son passage à travers la cuve contenant la solution à analyser, à la longueur d'onde donnée (absorbance et concentration sont proportionnelles à condition de se placer à une longueur d'onde où la substance absorbe les rayons lumineux). Il est donc important de choisir au préalable cette longueur d'onde de manière cohérente. On choisit de se placer à la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorption de l'espèce pour maximiser la précision du résultat. L'intensité de la lumière émise est connue, on note I_0 , et elle est mesurée sur le solvant lorsqu'on mesure le blanc (solvant seul dans la cuve permettant d'étalonner l'appareil). A partir de la mesure de l'intensité lumineuse récupérée, l'appareil affiche l'absorbance de la solution selon la relation :

$$\text{eq 1.} \quad A = \log \left(\frac{I_0}{I} \right)$$

La concentration en espèce colorée de la solution se détermine avec la loi de Beer-Lambert : donnée par le mathématicien alsacien Jean Henri Lambert en 1760, cette loi énonce une relation de proportionnalité entre l'absorbance et l'épaisseur du milieu traversé. En 1852, le physicien allemand August Beer ajoute à la loi de Lambert la relation de proportionnalité entre l'absorbance et les concentrations des constituants physico-chimiques responsables de l'atténuation du faisceau lumineux. Ceci a finalement donné à la loi la forme qu'on lui connaît actuellement :

$$\text{eq 2.} \quad A = \varepsilon * C * l$$

Avec :

- A l'absorbance de la solution (sans dimension)
- ϵ le coefficient d'extinction molaire, dépend de la longueur d'onde, du solvant et de la température de travail (L/(mol.cm))
- C la concentration de la solution (mol/L)
- l le trajet optique (cm)

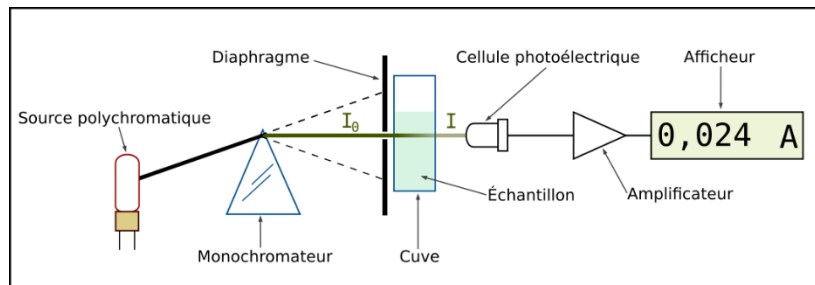


Image 4 : Schéma du fonctionnement du spectrophotomètre

La méthode d'analyse par spectrophotométrie est principalement utilisée pour :

- Déterminer la concentration d'une solution colorée de concentration inconnue
- Mesurer les taux d'avancement de réactions chimiques

Le spectrophotomètre utilisé ici est le PRIM Light de SECOMAM avec des cuves de trajet optique de 10mm.

➤ La spectrométrie d'absorption atomique⁶

La spectrométrie d'absorption atomique permet de déterminer la concentration d'éléments spécifiques dans un échantillon. Tout d'abord, l'échantillon est converti en une phase atomique libre grâce à une flamme ou un four graphite. Une lampe à cathode creuse (la source), constituée de l'élément dosé, émet les longueurs d'onde spécifiques de cet élément, qui traversent le nuage d'atomes, lesquels absorbent cette lumière. Ensuite, la lumière non absorbée est mesurée par un détecteur, et la diminution de son intensité permet de déterminer la concentration de la solution. En effet, l'absorbance, liée à l'intensité par l'équation 1 ci-dessus, est proportionnelle à c, et en comparant à des solutions étalons, la concentration de l'élément peut être quantifiée. Cette technique est très précise et sensible, bien qu'elle puisse être affectée par des interférences chimiques et spectrales.

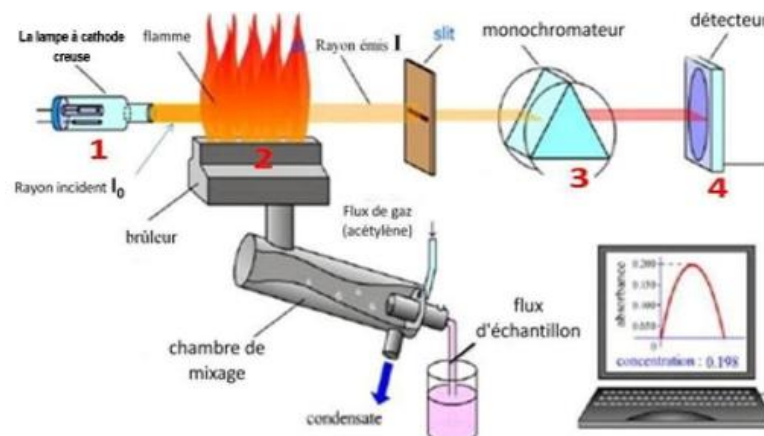


Image 5 : Schéma du fonctionnement du spectromètre d'absorption atomique

La spectrométrie d'absorption atomique est basée sur la théorie de la quantification de l'énergie de l'atome :

eq 3.

$$\Delta E = h\nu$$

L'analyse par absorption atomique utilise la loi de Beer-Lambert, ici grâce à la formule : $a=k \cdot [\text{Elément dosé en solution}]$. S'il y a plusieurs éléments à doser, on réalise cette manipulation pour chaque élément de l'échantillon en se plaçant à une longueur d'onde fixée, caractéristique de l'élément. Il faut donc, à chaque manipulation, sélectionner une source adaptée pour éclairer l'élément que l'on cherche à exciter. Cette technique est très précise et sensible, bien qu'elle puisse être affectée par des interférences chimiques et spectrales. Le montage expérimental utilisé pour l'absorption atomique est décrit par l'image 5.

3.1.3. Manipulations préparatoires

Plusieurs manipulations préparatoires ont été réalisées en vue de l'élaboration du TP, afin de respecter au maximum les contraintes déterminées dans le cahier des charges. Plusieurs paramètres ont ainsi été testés au cours de ces premières manipulations, en se basant sur une étude³ et les résultats de nos prédécesseurs, afin de vérifier leur nécessité dans notre TP.

La pomme et l'avocat ont donc été choisis et comparés, dans l'optique de disposer de deux fruits à faire comparer aux étudiants de STPI 1 au cours du TP. Il est donc nécessaire qu'ils présentent des résultats assez différents et de vérifier le fonctionnement avec ces pelures. Plusieurs paramètres ont été testés afin de choisir la meilleure méthode de préparation des pelures. Ensuite, le Cuivre et le Nickel ont été comparés, afin de choisir le plus adapté au TP. Enfin, pour l'étude des solutions colorées, le bleu de méthylène a été utilisé, suivant cette étude et les expériences de l'année précédente.

➤ **Etude des solutions de Nickel et de Cuivre**

Solutions de Nickel à 10mg/L agitées pendant 1h avec les pelures le 22/03

Voir annexe numéro 1

L'objectif est de comparer les différentes manières de préparer les pelures de fruits pour le TP, en se basant sur l'avocat, fruit qui, selon l'étude citée ci-dessus et le groupe de l'année dernière, donne de bons résultats.

Trois types de préparation des pelures ont été étudiés : en poudre semblable à du sable fin, en morceaux semblables à des petits copeaux, et enfin semi-mixé, mélange de morceaux de pelure et de poudre.

Les pelures sont soit bouillies avant séchage soit non bouillies avant séchage.

Lors de cette expérience, nous avons observé que des projections peuvent avoir lieu lors des manipulations, il est donc important d'insister sur la sécurité et le port des équipements de sécurité (blouse, lunette, gants).

Selon les résultats obtenus, la poudre apparaît être le type de préparation des pelures qui fonctionne le mieux : des meilleurs résultats sont obtenus en comparaison avec les résultats obtenus pour des pelures en morceaux ou des pelures semi-mixées. De plus, la poudre présente un avantage considérable concernant la préparation préalable à réaliser par les techniciens puisque la poudre est réalisée en mixant les pelures à l'aide d'un mixeur.

Enfin selon ces résultats, il ne semble pas indispensable de faire bouillir les pelures avant leur séchage, et les résultats obtenus sont même meilleurs lorsque les pelures ne sont pas bouillies. Si les pelures ne sont pas préalablement bouillies, cela allège également le temps de préparation pour les techniciens.

Solutions de Cuivre à 10mg/L agitées pendant 1h avec les pelures le 29/03

Voir annexe numéro 2

Après l'expérience précédente, il a été décidé de refaire les expériences avec la poudre afin de comparer le Cuivre et le Nickel, sur des pelures en majorité non-bouillies pour déterminer s'il est vraiment nécessaire de faire bouillir les pelures avant le séchage comme indiqué dans

l'étude sur laquelle nous nous appuyons, dans l'optique de diminuer le temps de préparation des pelures par les techniciens. Ensuite, il a été décidé de refaire les expériences avec des pelures de pommes pour éliminer le Cuivre.

Cette fois encore les résultats obtenus pour des pelures non-bouillies avant séchage sont plus élevés : le cuivre est mieux éliminé par adsorption lorsque les pelures n'ont pas été préalablement bouillies avant leur séchage. Par exemple, pour la pomme, le taux d'adsorption moyen du cuivre est de 94,2% contre 82,8%. D'après, les résultats obtenus pour les deux fruits, le taux d'adsorption moyen du cuivre présent dans une solution aqueuse par des pelures de pommes est environ 1,5 fois plus élevé que celui obtenu avec l'avocat. Cette différence pourrait s'expliquer par le fait que lorsqu'on pèle une pomme, il reste toujours un peu de fruit, augmentant alors la capacité d'adsorption de la pelure. On peut aussi supposer que les résultats varient en fonction du batch duquel provient la pomme ou encore de sa variété. Enfin, en comparant les taux d'adsorption du Cuivre et du Nickel (obtenu le 22/03) par l'avocat bouilli en poudre, la capacité d'adsorption moyenne des pelures d'avocats est de 0,646 mg de Nickel par gramme de pelures d'avocats contre 0,55 mg de Cuivre par gramme de pelures d'avocats.

D'après nos observations, il semble donc plus intéressant de ne pas faire bouillir les pelures avant le séchage, enlevant ainsi une contrainte technique aux techniciens. De plus, les pelures d'avocats sembleraient mieux adsorber le Nickel que le Cuivre, avec une capacité d'adsorption du Nickel environ 1,2 fois supérieure à la capacité d'adsorption du Cuivre.

Solutions de Cuivre et de Nickel à 10mg/L agitées pendant 1h avec les pelures le 12/04

Voir annexe numéro 3

L'idée a été pour finir d'étudier le taux d'adsorption pour des pelures de pommes non bouillies et en poudre avec le Nickel afin de pouvoir comparer avec les résultats obtenus pour le Cuivre, pour choisir le métal le plus adapté à la réalisation de ce TP.

D'après les résultats du 29 mars 2024, une meilleure capacité d'adsorption des pelures d'avocats a été observée avec le Nickel.

Cependant, la capacité d'adsorption du Cuivre pour les pelures de pommes est meilleure que celle pour le Nickel. En effet : la capacité d'adsorption moyenne de la pomme est de 0,81 mg de Nickel par gramme de pelure contre une capacité d'adsorption moyenne de la pomme de 0,848mg/g avec le Cuivre. Pour autant cet écart de capacité d'adsorption reste faible et pourrait aussi s'expliquer par la variété de la pomme dont provient la pelure ou la quantité de résidus de fruit présent sur la pelure de pomme par exemple. Dans les deux cas (avocat ou pomme) les résultats restent globalement assez proches, et le choix de l'utilisation de l'un ou l'autre des métaux reposera ainsi plus sur des questions de sécurité, de praticité pour les techniciens (vieillessement des solutions mères) et de prix, conformément aux contraintes énoncées plus haut. Enfin, les résultats donnés par ces fruits sont exploitables dans des temps cohérents avec la durée du TP et ils sont assez différents pour que les étudiants puissent conclure sur la pelure la plus efficace par exemple.

Vieillessement des solutions étalons

Une étude du vieillissement des solutions étalons a été effectuée afin de vérifier leur conservation dans le temps. En effet, une contrainte essentielle du cahier des charges est de savoir si les solutions étalons peuvent être utilisées sur toute la durée du TP, équivalente à deux semaines, ou si elles doivent être refaites avant chaque TP par les techniciens.

Cette étude a été établie sur deux semaines, correspondant à trois mesures, pour le Nickel.

L'absorbance des solutions étalons de Nickel a été mesurée le jour de la fabrication des solutions puis les deux semaines suivantes. Le tableau ci-dessous présente ainsi les résultats obtenus en fonction de la date des mesures. En analysant ces données, nous pouvons remarquer que l'absorbance des solutions de Nickel, même faiblement concentrées, reste relativement constant au cours du temps. Les courbes d'étalonnage de ces mesures ont été tracées sur un seul graphique dans l'optique de les comparer.

Voir graphique Annexe 4

Sur ce dernier, les droites se superposent presque parfaitement. De plus, afficher les équations de ces trois courbes a permis de confirmer, grâce aux coefficients directeurs identiques à 10^{-2} près, que les solutions diluées de Nickel se conservent très bien, durant les deux semaines que dure le TP pour les STPI 1.

Concentration (mg/L)	Absorbance			Coefficient de variation (%)
	13-mars	22-mars	29-mars	
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000
1,00	0,034	0,038	0,036	5,556
2,00	0,081	0,071	0,083	8,207
5,00	0,200	0,204	0,164	11,636
10,00	0,380	0,390	0,381	1,436

Tableau 2 : Evolution de l'absorbance des solutions de Ni au cours du temps

Le Cuivre étant déjà utilisé actuellement pour un TP de STPI 1, sa stabilité dans le temps est donc connue, et plus particulièrement vérifiée. Ainsi les solutions diluées de Cuivre servant de solutions étalons se conservent le temps du TP.

Choix du métal en fonction des contraintes

En comparant le Cuivre et le Nickel selon les critères relatifs aux contraintes énoncées dans le cahier des charges, on remarque que :

- Sur le plan de la sécurité et de l'environnement, le Nickel est un CMR avéré et il est irritant, en plus d'être, à l'instar du Cuivre, nocif, corrosif et dangereux pour l'environnement. C'est pourquoi dans une première approche le Cuivre semble être plus approprié pour la mise en place de ce TP.
Voir fiche sécurité annexe 5
- Sur le plan de la praticité, les deux solutions mère de Cuivre et de Nickel se conservent bien sur deux semaines, ce qui correspond à la période de réalisation du TP par les STPI 1.
- Concernant le prix, le Cuivre est moins cher que le Nickel car le Sulfate de Cuivre pentahydraté coûte environ 50€ le kg et le Nitrate de Nickel hexahydraté coûte environ 100€ le kg.

Nous avons donc choisi le Cuivre qui répondait mieux aux contraintes du cahier des charges.

➤ Etude d'une solution de Bleu de Méthylène les 15/04 et 19/04

Voir annexe numéro 6

L'objectif de cette étude est de déterminer quel est le meilleur fruit pour « dépolluer » l'eau du bleu de méthylène (BM).

Grâce aux expériences du 15/04, il a été possible de déterminer le maximum d'absorption du BM qui se situe à $\lambda=663\text{nm}$, ainsi que de tracer une courbe d'étalonnage donnant l'absorbance d'une solution plus ou moins concentrée en BM grâce à des solutions étalons.

Cette courbe qui est en réalité une droite a pour équation $y=0,1333x + 0,0452$ et son coefficient de corrélation est $R^2=0,99965$. Le coefficient directeur correspond donc à $k=0,1333 \text{ L/mg}$ et il sera utile pour déterminer les concentrations des solutions qui auront été mélangées avec les pelures de fruits.

Enfin, le 19/04 il a été possible de déterminer quelles étaient les pelures de fruits les plus efficaces pour diminuer la concentration en BM d'une solution. La conclusion est la suivante : les pelures de pommes sont plus efficaces que celles d'avocats dans cet objectif. En effet, après les 15 minutes d'agitation et la filtration, la solution concentrée en BM qui était en contact avec des pelures de pommes avait une absorbance plus faible que celle avec les pelures d'avocats, et donc une concentration en BM plus faible d'après la loi de Beer-Lambert.

Dans le TP, il a été décidé, pour des raisons de durée du TP, que les STPI 1 auront juste à constater que, à la fin de cette manipulation, le mélange filtré s'est décoloré – le mélange original étant de couleur bleu foncé – et qu'il est devenu presque transparent comme une eau claire. Par conséquent, l'idée est qu'ils constatent que les pelures de pommes ont bien adsorbé *BM*.

Notons qu'il aurait été aussi possible de réaliser cette manipulation avec de l'avocat car même si la concentration finale est plus élevée, le résultat visuel est sensiblement le même. Cependant, si on prend d'autres paramètres en considération, par exemple la question du coût, l'avocat coûte plus cher que la pomme, ce qui le rend donc moins intéressant.

3.1.4. Incertitudes sur les solutions

Les incertitudes liées à la manipulation de la verrerie et à l'utilisation du spectromètre d'absorption atomique ont été calculées pour tous les résultats concernant la dépollution de l'eau, analysés précédemment dans les paragraphes concernant l'étude des résultats d'adsorption du Cuivre et du Nickel par les pelures de fruits. La formule qui a permis le calcul d'incertitude sur la concentration ($U(c)$) par approche statistique est la suivante :

$$\text{eq 4.} \quad x_{\text{calculé}} \pm \frac{t(1-\frac{\alpha}{2}, n-2) s}{|a_1|} \sqrt{\frac{1}{k} + \frac{1}{n} + \frac{(x_{\text{calculé}} - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

Ensuite, pour obtenir les incertitudes de la capacité d'adsorption des pelures de fruits (q_e) et du taux d'adsorption des polluants (τ), voici ci-dessous les calculs effectués :

$$\text{eq 5.} \quad U(q_e) = \frac{U(c) * V_{\text{eau polluée}}}{\bar{m}_{\text{fruit}}}$$

$$\text{eq 6.} \quad U(\tau) = \frac{U(c)}{c_{\text{initiale}}}$$

La feuille de calcul type, ayant permis de mesurer la concentration, la capacité d'adsorption et le taux d'adsorption ainsi que leurs incertitudes respectives, est disponible en Annexe 7.

La capacité d'adsorption (mg/g) des pelures a été calculée selon la formule :

$$\text{eq 7.} \quad q_e = \frac{(C_0 - C)V}{m}$$

Le taux d'adsorption de polluant par les pelures a lui été calculé selon la formule :

$$\text{eq 8.} \quad \tau = \frac{(C_0 - C) * 100}{C_0}$$

Où C_0 est la concentration initiale en polluant et C la concentration finale obtenue (mg/L), V est le volume de solution (L) et m la masse de pelures (g).

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus, c'est à dire le taux d'adsorption des polluants et la capacité d'adsorption des pelures de fruits avec leurs incertitudes respectives :

Ce tableau permet de constater que les incertitudes sont toutes de 4 % pour le taux d'adsorption et 0,04 mg/g pour la capacité d'adsorption. Ces valeurs sont très raisonnables

Date	Fruit	Type	Métal	Taux d'adsorption des polluants (%)	Capacité d'adsorption des pelures de fruits (mg/g)
22/03/24	Avocat	P.B.	Nickel	65 ± 4	0,65 ± 0,04
22/03/24	Avocat	SM.B.	Nickel	37 ± 4	0,36 ± 0,04
22/03/24	Avocat	M.B.	Nickel	31 ± 4	0,31 ± 0,04
22/03/24	Avocat	SM.NB.	Nickel	44 ± 4	0,43 ± 0,04
12/04/24	Pomme	P.NB.	Nickel	82 ± 9	0,81 ± 0,09
29/03/24	Avocat	P.B.	Cuivre	56 ± 4	0,55 ± 0,04
29/03/24	Avocat	P.NB.	Cuivre	61 ± 4	0,60 ± 0,04
29/03/24	Pomme	P.B.	Cuivre	85 ± 4	0,84 ± 0,04
29/03/24	Pomme	P.NB.	Cuivre	94 ± 4	0,94 ± 0,04
12/04/24	Pomme	P.NB.	Cuivre	86 ± 6	0,85 ± 0,06

Tableau 1 : Présentation des résultats avec incertitudes

pour des valeurs d'incertitudes. Seules les deux mesures datant du 12 avril, la pomme en poudre non bouillie dans le Nickel et dans le Cuivre, ont des incertitudes bien plus élevées, respectivement 9 % et 6 % pour le taux d'adsorption et, 0,09 mg/g et 0,06 mg/g pour la capacité d'adsorption. Ces valeurs ne sont cependant pas significatives car les valeurs données par l'appareil ce jour étaient erronées, en raison d'un encrassement de l'appareil.

3.2. Test du TP et ajustements

Pour la réalisation de ce TP, il a été nécessaire de vérifier son bon fonctionnement en réalisant un essai du TP le 23 mai 2024. Les documents relatifs au TP se trouvent en annexe numéro 8. Cet essai a permis de rectifier plusieurs problèmes dont les principaux sont indiqués ci-dessous avec la solution apportée.

Courbe d'étalonnage et concentration des solutions :

Une solution de cuivre a été initialement préparée à une concentration de 10 mg/L pour l'étalonnage sur le spectromètre d'absorption atomique. Cependant, il a été constaté que la courbe d'étalonnage dépassait la linéarité à cette concentration. Pour résoudre ce problème, la solution a été rediluée à une concentration plus faible, 5 mg/L, permettant ainsi d'obtenir une mesure présente sur la courbe d'étalonnage linéaire et d'améliorer la précision des mesures.

Filtration des solutions :

Pour filtrer les solutions après l'ajout des pelures de fruits, plusieurs méthodes ont été testées. Des filtres en nylon ont été utilisés initialement, mais l'utilisation de coton a également été expérimentée, dans l'idée de réduire le coût du TP, les filtres en nylon étant plus chers. Cependant, il a été constaté que le coton absorbait le bleu de méthylène, biaisant ainsi les résultats en réduisant artificiellement la concentration de la solution filtrée. Par conséquent, il a été décidé de se limiter à l'utilisation des filtres en nylon pour éviter cette absorption indésirable.

Cependant, il a tout de même été nécessaire de vérifier que les filtres en nylon n'absorbent ni le BM, ni le cuivre. Pour cela, une solution concentrée à 20 mg/L en BM et une solution concentrée à 5 mg/L en cuivre ont été filtrées grâce à ces filtres en nylon. Heureusement, il a été constaté après filtration que la solution concentrée en BM a gardé sa couleur bleue permettant de voir une différence entre celle-ci et celle dépolluée, de plus celle de cuivre a conservé sa concentration (mesurée à l'aide du spectromètre). Si cela n'avait pas été le cas, il aurait été nécessaire de trouver un autre type de filtre capable de séparer les pelures de fruits des solutions concentrées en BM et Cu, sans adsorber ces deux derniers.

Gestion du temps, manipulation :

Le TP s'est bien déroulé en termes de gestion du temps. Les différentes étapes, de la préparation des solutions à la filtration et à l'analyse, ont été réalisées sans retards significatifs. Les manipulations, y compris la dilution des solutions et l'utilisation du spectromètre, ont été effectuées avec précision et rigueur, contribuant ainsi à la fiabilité des résultats obtenus.

Une observation importante a été faite concernant les feuilles de réponses utilisées par les étudiants. Il a été constaté qu'un espace insuffisant était initialement alloué pour permettre aux étudiants d'écrire leurs réponses de manière claire et détaillée. Par conséquent, il a été décidé d'augmenter l'espace disponible sur les feuilles de réponses afin de faciliter la prise de notes et d'améliorer la lisibilité des réponses des étudiants.

Ajustements du protocole :

- Dilution de la solution mère de Cuivre

La décision a également été prise de diluer la solution mère de cuivre initialement préparée pour avoir une concentration d'un gramme par litre. Cette décision a été motivée par le souci de faciliter le dosage pour les étudiants, puisque les pipettes de 1mL qui devaient initialement être utilisées sont très fines rendant ainsi leur utilisation avec la propipette assez difficile, mais aussi de limiter les quantités de métaux lourds manipulés puis récupérés dans le bidon de déchets. En effet, en réduisant la concentration de la solution, il est évité que les étudiants aient à prélever de petites quantités, telles qu'un millilitre, ce qui aurait pu entraîner un gaspillage de produit ou une difficulté de dosage. Cette adaptation a permis de simplifier le protocole expérimental, tout en maintenant la fiabilité des résultats.

- Utilisation d'une solution témoin dans la partie solution colorée :

Lorsque les STPI 1 arriveront aux manipulations sur le BM, une solution témoin concentrée en BM sera préparée par un des groupes du TP en respectant les consignes du responsable présent. L'objectif est de montrer aux étudiants que ce sont bien les pelures de fruits qui adsorbent le BM et pas le filtre en nylon. Pour obtenir cette solution témoin, il sera nécessaire de réaliser la même expérience, cette fois-ci sans ajouter de pelures de pomme et sans agiter pendant 15 minutes sur le multi-agitateur, mais juste en filtrant grâce à un filtre en nylon – même type que les autres filtres utilisés donc – une solution concentrée de 20 mg/L en BM. La solution témoin gardera la même couleur bleutée après filtration tandis que les solutions des étudiants contenant les pelures de pommes seront, après filtration, presque transparentes. Cela montre ainsi bien aux élèves que ce sont les pelures de pommes, qu'ils ont ajoutées dans leur solution, qui ont adsorbé le BM et non le filtre en nylon.

Conclusion :

Le test du TP a permis de mettre en évidence les ajustements nécessaires pour garantir des résultats précis et reproductibles. Les défis rencontrés, tels que la courbe d'étalonnage non linéaire et le choix des matériaux de filtration appropriés, ont été surmontés grâce à des adaptations judicieuses du protocole expérimental. Les décisions prises, telles que la dilution de la solution mère de cuivre pour faciliter le dosage par exemple, ont permis d'optimiser le déroulement du TP et d'assurer la qualité des résultats obtenus, tout en évitant le gaspillage.

En conclusion, le test du TP a été une étape essentielle dans le processus de validation du protocole expérimental. Les ajustements apportés ont permis de garantir la fiabilité des résultats et d'identifier les meilleures pratiques à inclure dans les instructions destinées aux étudiants. Ce travail préliminaire constitue une base solide pour la mise en œuvre future du TP dans le cadre de l'enseignement de la dépollution de l'eau par des méthodes écologiques et durables.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES**4.1. Conclusion sur le travail réalisé**

Durant ce projet, notre objectif a été de mettre en place un TP utilisant des pelures de fruits pour dépolluer l'eau répondant à un cahier des charges précis. De nombreuses contraintes sont apparues et l'objectif a été de trouver des solutions pour chacune d'entre elles. La première étape a été de sélectionner les fruits les plus adaptés à des résultats rapides et exploitables. Deux types de pelures ont ainsi été retenus et ce fut la pomme et l'avocat qui se sont révélés les plus aptes à ces contraintes. Dans un second temps, les métaux à dépolluer ont été testés puis notre choix s'est porté sur le Cuivre qui répondait mieux à la

contrainte environnementale. Ensuite, la question de la gestion du temps a suscité notre intérêt. En effet, dans le cadre d'un TP, les différentes expériences ont dû être mises en place sur des temps restreints afin que des étudiants puissent les réaliser ainsi qu'analyser ces résultats. C'est dans ces conditions que le test de dépollution de molécules organiques (BM dans notre cas) par les pelures a été remis en question. Ainsi, un test du TP entier a été nécessaire pour se rendre compte de la faisabilité de ces expériences dans les temps impartis. Dans un dernier temps, l'écriture et le test de l'énoncé du TP écrits ont été réalisés, avant le test du TP final, ainsi que les questions préliminaires et les feuilles réponses. Finalement, un compromis entre résultats analysables et durée limitée a été trouvé avec la pomme et l'avocat, afin d'avoir des résultats pouvant être comparés entre binômes lors du TP, dépolluant ainsi, pour les deux fruits, le Cuivre, et seulement pour la pomme, le bleu de méthylène tout cela en tenant compte du budget.

4.2. Conclusions sur l'apport personnel de cet EC. Projet

Cassandra DEBURE : J'ai choisi ce projet dans le but de travailler sur une solution écologique et innovante pour un problème environnemental crucial. Ce projet m'a donné l'opportunité de tester et d'identifier quels types de pelures de fruits étaient les plus efficaces pour adsorber différents polluants. En réalisant ces tests, j'ai approfondi mes connaissances en chimie et en techniques de dépollution, en préparant et en utilisant divers échantillons, et en analysant les résultats pour déterminer les meilleures options de traitement. La réalisation de ce projet m'a également permis de développer mes compétences en gestion de projet, de la conception des tests à l'analyse des résultats. J'ai dû planifier les différentes étapes, gérer les ressources nécessaires et coordonner les activités pour assurer la réussite des expérimentations. Travailler en équipe a été une partie essentielle de ce projet, nécessitant une collaboration efficace, la répartition des tâches, et une communication constante pour surmonter les défis et atteindre nos objectifs communs. Ce projet a renforcé ma conscience écologique et mon engagement pour les pratiques durables. Travailler sur une méthode de dépollution naturelle et réutiliser des déchets organiques m'a sensibilisé à l'importance de trouver des solutions innovantes et respectueuses de l'environnement. Globalement, cette expérience a consolidé mon intérêt pour la chimie environnementale et m'a motivé à continuer à explorer des méthodes écologiques pour protéger notre environnement. Elle m'a permis de développer des compétences pratiques et techniques, de renforcer mon engagement personnel envers la protection de notre planète, et d'apprécier l'importance du travail en équipe pour réussir des projets complexes.

Aude ILLY : Les questions environnementales m'ont toujours préoccupée et, lorsque j'ai vu son intitulé, ce projet m'a tout de suite intriguée. En effet, l'idée de pouvoir dépolluer l'eau à partir de nos déchets m'est apparue intéressante et originale. Cet aspect-là, ainsi que la possibilité de découvrir les coulisses de la création et de la conception d'un TP et l'idée de réaliser un travail qui permettrait de faire découvrir cette problématique à d'autres étudiants, m'ont donc motivée à demander ce projet. Ainsi, j'ai pu, au cours de celui-ci, découvrir en quoi consistait cette méthode mais surtout en quoi consistait la conception d'un TP, qui implique bien plus de paramètres à prendre en considération que je n'aurais pu l'imaginer en premier lieu. Ce projet m'a ainsi prouvé qu'il y a sûrement de nombreuses autres méthodes qui existent afin de lutter contre le dérèglement climatique et qui n'attendent que d'être découvertes. Ceci m'a permis de confirmer mon envie d'avoir à terme un métier qui soit lié avec le domaine de l'environnement, et par conséquent mon envie d'avoir un métier dans lequel je puisse me sentir utile. Enfin, au cours de ce projet, j'ai également pu développer mes capacités de planification et d'organisation – aspects dans un travail qui me plaisent particulièrement – qui me seront essentielles dans la conduite de mes futurs projets, mais aussi de me rendre compte que la bonne ambiance n'était pas incompatible avec un travail de groupe consciencieux. En effet, la bonne ambiance au sein de notre groupe nous a permis d'être motivés et de faire de notre mieux pour, ensemble, mener à bien ce projet.

Maxine ROSSIGNOL : L'idée de créer un TP ayant une problématique écologique et environnementale m'a immédiatement semblée intéressante. En effet, savoir que nous pouvons dépolluer l'eau à l'aide de nos pelures de fruits est, selon moi, une potentielle solution pour l'avenir. Ce projet m'a permis d'ouvrir les yeux sur le fait qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un budget colossal pour lutter, à notre échelle, contre le dérèglement climatique. De plus, pouvoir partager nos découvertes à d'autres étudiants au travers d'un TP et éventuellement susciter chez eux l'envie de continuer dans cette filière m'ont décidée à choisir ce sujet. Durant ce projet, j'ai pris conscience que la conception d'un TP n'est pas aussi simple qu'il n'y paraît. Beaucoup d'aspects, tels que la préparation de l'énoncé, se sont avérés plus complexes que je ne le pensais. J'ai également pu découvrir cette technique de dépollution et surtout développer le travail en équipe. En effet, j'ai pu me rendre compte que la cohésion d'équipe, la motivation et la bienveillance de tous les membres du groupe ont permis une bonne ambiance lors des séances de travail et ainsi cette dernière n'a été que bénéfique sur l'avancée de notre projet. Ce projet m'a donné l'occasion d'améliorer mes capacités et mes connaissances sur la manipulation en laboratoire et sur les techniques d'analyse existantes. Finalement travailler sur un seul projet pendant plusieurs mois est très captivant car cela permet de vraiment tester nos idées à 100 %, de les modifier nous-même en fonction de nos observations et résultats, ce qui n'est pas le cas lors de TP. Ainsi, ce projet m'a conforté dans mon envie de continuer ma scolarité dans le département CGC et par la suite de travailler dans un milieu se souciant de l'environnement.

Samuel BLOOMFIELD : Ce projet de conception d'un TP pour les STPI 1 permettant de dépolluer l'eau à partir de pelures de fruits pour les étudiants de première année m'a apporté une expérience inestimable. Personnellement, bien qu'ayant initialement décidé de choisir le département Mécanique, ce projet me fait actuellement grandement hésiter à choisir le département CFI. Le plaisir que j'ai eu à travailler sur ce sujet innovant et enrichissant m'incite sérieusement à envisager une orientation dans le domaine de la chimie et cela pour différentes raisons. Tout d'abord, ce projet a non seulement renforcé mes compétences techniques et connaissances en chimie, mais aussi confirmé mon engagement envers la protection de l'environnement et l'innovation durable. J'ai aussi pu constater la difficulté de concevoir un TP du début à la fin puisque nous avons dû faire face à de nombreuses contraintes comme celles énoncées précédemment dans le cahier des charges. Cependant, nous avons été tout de même capable de mener à bien ce projet en surmontant les difficultés du travail en groupe. Cela a été facilité par l'utilisation et la découverte pour ma part lors de ce projet de différents outils informatiques qui ont rendu plus simple la répartition et l'organisation du travail (Trello et Gantt). De plus j'ai pu constater que la bonne ambiance dans notre groupe a été bénéfique pour la motivation et l'implication de nous tous dans ce projet et elle a permis de développer l'écoute et la prise en compte de différents points de vue. Enfin, savoir que l'année prochaine, les étudiants de première année réaliseront un TP qui leur donnera l'occasion d'apprendre ou de revoir les bases de la chimie tout en les sensibilisant aux problèmes environnementaux (ici la pollution de l'eau) est, je trouve, très satisfaisant. Je suis content d'avoir atteint cet objectif et j'espère que cela les encouragera à choisir le département CFI pour répondre aux problèmes environnementaux actuels et futurs.

Camille GENIN : La problématique environnementale est un sujet particulièrement important, notamment aujourd'hui, c'est pourquoi ce sujet m'a interpellé lorsque je l'ai vu. De plus, utiliser la chimie et nos déchets pour dépolluer l'eau et ainsi tenter de réduire l'impact de la pollution sur l'environnement m'a d'autant plus plu. En effet, nous avons pu voir que de nombreux efforts et innovations peuvent être faits pour essayer de préserver la planète. Mêler l'idée étonnante et innovante de dépolluer l'eau grâce aux pelures de fruit, à la découverte de la conception d'un TP fut également bénéfique surtout dans la mesure où ce sujet est bon à partager et d'autant plus de manière pédagogique afin de sensibiliser les futurs étudiants. J'ai ainsi pu réaliser la difficulté de créer entièrement un TP du fait des nombreuses contraintes à suivre et des diverses possibilités de mise en place. Pendant ce projet, j'ai également appris comment cette méthode de dépollution fonctionnait et il a été très bénéfique pour moi de me rendre compte qu'il peut exister de nombreuses méthodes pour lutter contre le changement

climatique. Réaliser ce projet a renforcé mon envie de travailler dans un domaine touchant l'environnement mais aussi mon désir de m'investir au sein d'un groupe et d'avancer ensemble dans une ambiance de travail bienveillante. Du fait de mon rôle de cheffe de projet, j'ai également dû savoir diriger notamment les parties pratiques ce qui m'a permis de voir que la répartition du travail était essentielle dans une équipe ce qui me sera certainement utile dans mon futur métier.

4.3. Perspectives pour la poursuite de ce projet

Au vu de ce projet, comment ne pas se demander dans quels buts tout cela pourrait-il servir à l'avenir ? N'y aurait-il pas autre chose à exploiter de ces pelures de fruits qui sont nos déchets ou même du fruit lui-même et pourquoi ne pas les utiliser pour dépolluer des eaux dont nous nous servons ?

En effet, de nombreux autres tests restent à faire pour le futur notamment du côté de ce qui a été adsorbé par les pelures. Notre projet pourrait être mis en application sur des plus grandes surfaces telles que des étangs ou des lacs afin de voir si cette alternative de dépollution pourrait avoir un impact à plus large échelle ou encore plus simplement sur des eaux telles que celles utilisées dans l'agriculture ou encore les eaux domestiques. Il est également question de la régénération des fruits utilisés pour dépolluer, si ceux-ci pourraient être réutilisés ou non.

Une autre perspective pourrait être celle d'utiliser le fruit lui-même, peut-être lorsqu'il n'est plus mangeable, dans un objectif de dépollution. La venue de cette idée est due à une des manipulations réalisées au sein du projet durant laquelle les résultats ont été très prometteurs. Au cours de cette séance, il a été remarqué qu'il se trouvait des restes de fruits sur les pelures et l'hypothèse d'une influence sur les résultats est apparue. Malgré tout, cela reste moins intéressant qu'avec l'utilisation de pelures qui sont quant-à-elles des déchets qui, s'ils ne sont pas utilisés dans ce but-là, seront jetés.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] <https://www.cieau.com/connaitre-leau/les-ressources-en-france-et-dans-le-monde/ou-en-sont-les-ressources-en-eau-dans-le-monde/> (valide à la date du 26/04/2024).
- [2] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/water-and-sanitation/> (valide à la date du 26/04/2024).
- [3] Ramakrishna Mallampati, Li Xuanjun, Avner Adin and Suresh Valiyaveetil. « Fruit Peels as Efficient Renewable Adsorbents for Removal of Dissolved Heavy Metals and Dyes from Water ». *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3, 1117–1124, 2015.
- [4] Eva Leogal, Guillaume Renaud, Arthur Renard, Faustine Alquier, Nathan Germain et Lucie Michaut, « Puri’Fruit’cation », rapport du Projet de Physique P6 STPI/P6/2023 – 32.
- [5] <https://www.techniques-ingenieur.fr/glossaire/spectrophotometrie>
<https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-spectrophotometrie-15118/>
<https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Spectrophotometre.html>
(valides à la date du 15/03/2024).
- [6] <https://chimieanalytique.com/spectrophotometrie-absorption-atomique/>
<http://www.fsr.ac.ma/DOC/cours/chimie/EI%20hajji/chap%20IV%20S4.pdf>
https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrom%C3%A9trie_d%27absorption_atomique
(valides à la date du 31/05/2024).

6.3. Derniers résultats pour une eau contenant soit du Nickel soit du Cuivre (12/04)

Cu :

Espèce	Type	Masse (en mg)	Absorbance	C (mg/L) (finale, 1h)	taux d'adsorption des polluants (%)	Capacité d'adsorption de l'écorce qe (mg/g)
Blanc	12-avr			0,001	0	
Espèce	Type	Masse (en mg)	Absorbance	C (mg/L) (finale, 1h)	taux d'adsorption des polluants (%)	Capacité d'adsorption de l'écorce qe (mg/g)
Blanc	12-avr		-0,001	0		
Etalon 1			0,031	1		
Etalon 2			0,099	2		
Etalon 3			0,21	5		
Etalon 4			0,388	10		
Pomme (non bouillie) P.NB	poudre P	503,3	0,082	1,9746	80,254	0,797277965
Pomme (non bouillie) P.NB	poudre P	501,8	0,091	2,2036	77,964	0,776843364
Pomme (non bouillie) P.NB	poudre P	506,5	0,059	1,3754	86,246	0,851391905
				Volume (L)	C(initial) mg/L	
					0,05	10

date: 12/04/2024

OBSERVATIONS solution de nickel et de cuivre à 10mg/L, agitée pendant 1h

On veut maintenant comparer les résultats obtenus à partir du Cuivre et ceux obtenus à partir du Nickel. Le 29 mars, nous avons pu conclure que les pelures d'avocats avaient une meilleure capacité d'adsorption pour le Nickel que pour le Cuivre.

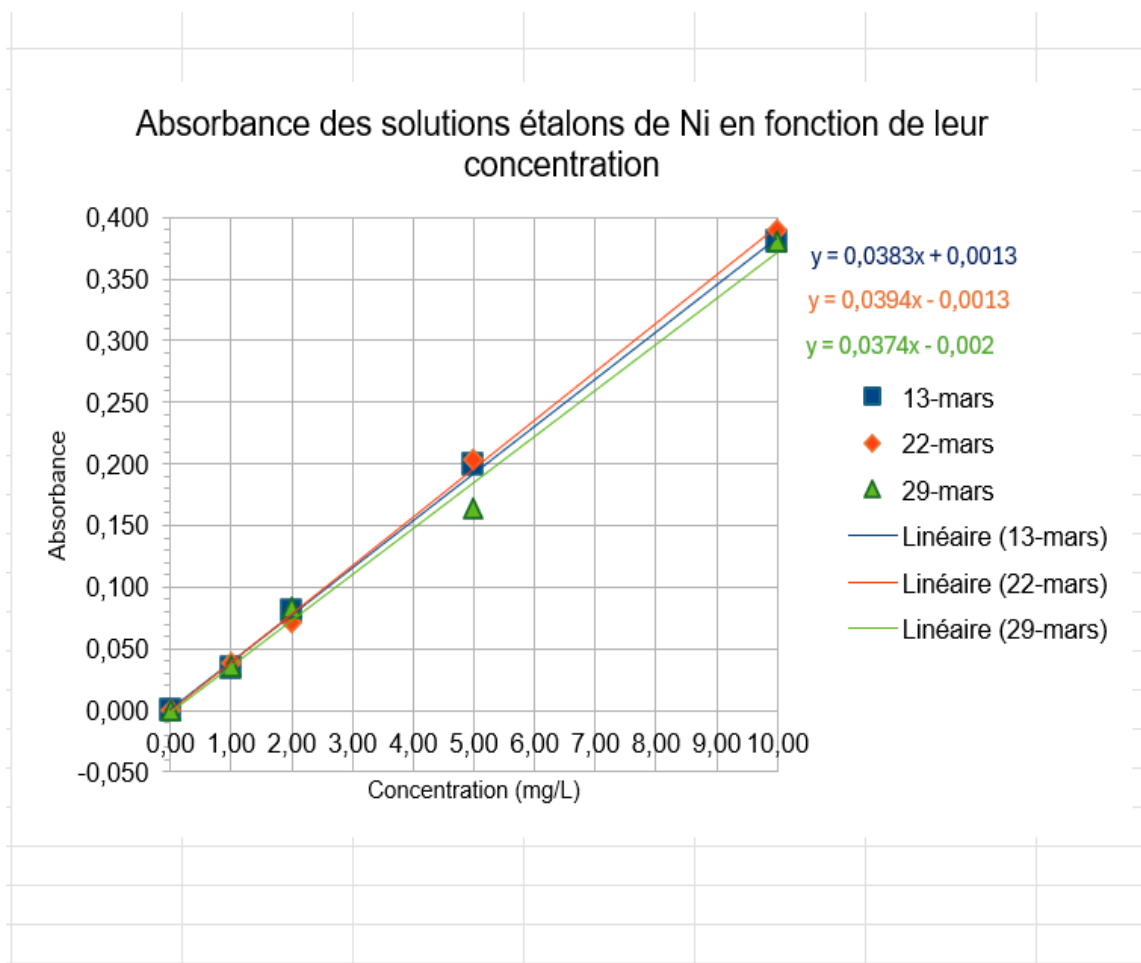
On regarde maintenant la capacité d'adsorption de la pomme (pelures de pomme non bouillies) obtenue avec ces deux métaux: la capacité d'adsorption moyenne de la pomme est de 0,81 mg de Nickel par gramme de pelure contre une capacité d'adsorption moyenne de la pomme de 0,848mg/g (voir ResultatsCuivre, feuille du 12/04) avec le Cuivre. La pomme semble donc mieux absorber le Cuivre que le Nickel.

Cependant, cet écart de capacité d'absorption reste faible et pourrait s'expliquer par la variété de la pomme dont provient la pelure, la quantité de résidu de fruit présent sur la pelure...

Dans les deux cas (avocat ou pomme) les résultats restent globalement assez proches, et le choix de l'utilisation de l'un ou l'autre des métaux reposera ainsi plus sur des questions de sécurité, de praticité pour les techniciens (vieillessement des solutions mères), de prix du métal...

Les fruits étudiés donnent des résultats exploitables, dans les deux cas, pour ces métaux et des résultats assez différents pour pouvoir facilement conclure sur les pelures les plus efficaces dans le cadre de cette étude, et ce tout en étant assez rapides à préparer.

6.4. Etude de vieillissement de la solution mère de Nickel



6.5. Feuille de sécurité des produits utilisés

RISQUES LIES AUX PRODUITS

Réactifs, Solvants et solution	N° CAS	Forme dans la préparation *	Toxicité		
			Symboles (SGH)	Risques (mots clés principaux)	Sécurité (mots clés principaux)
Nitrate de nickel hexahydraté	13478-00-7	Ni(NO ₃) ₂	SGH03 SGH05 SGH07 SGH08 SGH09	- Comburant - Corrosif - Nocif - Irritant - CMR avéré - Dangereux pour l'environnement	- EPI - Écart de la chaleur - Laver à l'eau - Centre anti-poison
Bleu de méthylène	61-73-4	Molécule ou BM ⁺ + Cl ⁻	SGH07	- Nocif en cas d'ingestion - Irritant	- EPI - Manipuler sous sorbone - Centre anti-poison
Sulfate de cuivre pentahydraté	7758-99-8	CuSO ₄	SGH05 SGH07 SGH09	- Nocif en cas d'ingestion - Corrosif - Dangereux pour l'environnement	- EPI - Rincer à l'eau claire - Centre anti-poison



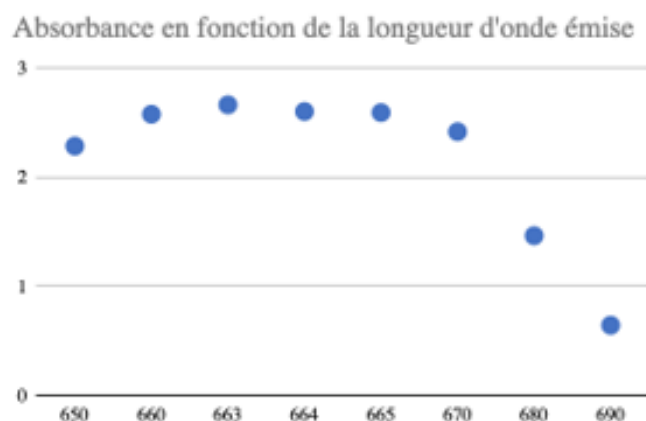
6.6. Résultats de dépollution d'une eau contenant du Bleu de Méthylène (16/04)

Résultats et observations des expériences sur le BM

Afin de déterminer quel est le meilleur fruit pour « dépolluer » l'eau du bleu de méthylène (BM), il a été nécessaire de suivre 3 grandes étapes.

1ère étape : détermination du pic d'absorbance du BM

Grâce à un spectrophotomètre, il est possible de connaître l'absorbance d'une solution. Cependant, il est d'abord nécessaire de régler ce spectrophotomètre à la longueur d'onde où l'absorbance sera la plus intéressante (longueur d'onde maximale). Cette longueur d'onde (λ en nm) dépend des éléments présents dans la solution et surtout de sa couleur. Ainsi, le 15 avril, une solution concentrée à 20 mg/L en BM a été réalisée et placée ensuite dans le spectrophotomètre. Grâce au graphique suivant (obtenu en faisant varier λ), il a été constaté que ce pic d'absorbance s'obtient pour $\lambda = 663$ nm.



2ème étape : réalisation de la courbe d'étalonnage

Il est possible de connaître la concentration d'une solution à partir de l'absorbance A (sans unités) grâce à la loi de Beer- Lambert qui peut s'écrire $A = \epsilon lc$ ou $A = kC$.

Avec :

ϵ : une constante nommée absorptivité molaire/coefficient d'extinction molaire

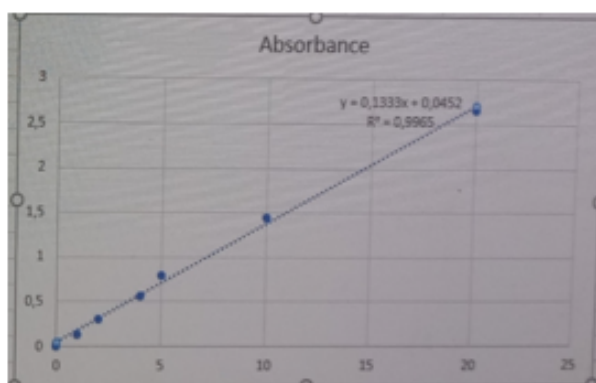
l : la longueur du trajet parcouru par la lumière dans le milieu considéré

C : la concentration de la solution en ...g/...L

k : une constante en ...L/...g

Cette loi est valable que pour des concentrations relativement faibles car quand elles sont trop élevées, la proportionnalité n'est plus respectée.

Cependant pour réussir à déterminer la concentration d'une solution à partir de son absorbance, il est nécessaire de savoir la valeur de la constante k . Cela est possible en réalisant une courbe d'étalonnage. C'est pourquoi, le 15/04, des dilutions de la solution concentrée à 20mg/L en BM ont été effectuées afin d'obtenir d'autres solutions dont les concentrations en BM sont connues. Ces solutions ont ensuite été placées dans le spectrophotomètre (réglé sur 663nm) pour mesurer leur absorbance. Finalement, la courbe suivante a été obtenue et $k=0,1333$ L/mg.



Concentration (en mg/L)	Absorbance
20	2.661
10	1.447
5	0.795
4	0.565
2	0.31
1	0.137
0	0

3ème étape : détermination du meilleur fruit à utiliser pour le TP

Le 16 avril, les expériences suivantes ont été mises en œuvre pour savoir quel fruit entre la pomme et l'avocat serait le plus efficace pour diminuer la concentration en BM d'une solution après 15 minutes.

Des pelures d'avocats et de pommes non-bouillies en poudre (environ 0,5g) ont été chacune ajoutées à 50 ml de solution plus ou moins concentrée en BM. Ces mélanges ont ensuite été mis en agitation pendant 15 minutes (grâce à un multi-agitateur). Après ce temps, les mélanges ont été filtrés pour retirer les pelures de fruits. Ensuite, l'absorbance de chacune des solutions a été mesurée grâce au spectrophotomètre (encore réglé sur 663 nm). Tous les résultats et toutes les données se retrouvent dans le tableau suivant :

C en mg/L (en BM)	Masse en g	Fruit	Absorbance après 15min
20	0,503	Pomme	0,11
10	0,5074	Pomme	0,052
5	0,5102	Pomme	0,021
0	0,5015	Pomme	0,001
20	0,502	Avocat	0,155
10	0,5061	Avocat	0,051
5	0,5024	Avocat	0,02
0	0,5049	Avocat	0,011

La concentration à 0 mg/L correspond aux pelures mises dans l'eau, sans BM, afin de connaître l'absorbance de départ, puisque les pelures pouvaient colorer l'eau.

Les résultats sont sensiblement les mêmes sauf pour les concentrations 0 et 20mg/L.

Il est possible de constater qu'en effet, l'absorbance après 15 minutes est plus élevée avec de l'avocat que avec de la pomme. Cette dernière se révèle donc être le fruit le plus intéressant à utiliser pour ce TP. En effet en reprenant la formule $A=k \cdot C$, on a $C= 0,83$ mg/L pour la pomme et $C=1,17$ mg/L pour l'avocat (avec k trouvé précédemment).

Ainsi, la concentration en BM est plus faible après 15min avec des pelures de pommes qu'avec des pelures d'avocats. En conclusion, la pomme est légèrement plus efficace et plus intéressante à utiliser dans notre TP, en prenant en compte d'autres paramètres, comme le coût par exemple.

6.7. Incertitudes sur les mesures : exemple type

Courbe d'étalonnage		Signal (Absorbance, aire de pic ou ...)	
c	mg/L	uA	
0		0,001	
1		0,007	
2		0,018	
4		0,046	
5		0,057	
10		0,14	

Plage de sortie de la régression ¹ :		nombre d'étalons :	6				
a1	0,01176744	-0,00244186	a0	t critique :	2,776	(table de Student)	
sa1	0,00075058	0,002276616	sa0	Passage par zéro de la droite d'étalonnage			
r2	0,98794186	0,003112864	s	a1 =	1,1767E-02	a0 =	-2,4419E-03
	245,79456	3	n-2 deg lib	sa1 =	7,5058E-04	sa0 =	2,2766E-03
	0,00238173	2,90698E-05		t.sa1 =	2,0836E-03	t.sa0 =	6,3199E-03

\bar{x}	3,67	masse des échantill	507,7	499,4	504,7	
$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$	65,33333333	Valeurs de signal obtenues	0,012	0,018	0,014	
$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})$	3,67	x calculé = (c inconnu)	1,453886693	mg/L	moyenne masse (g)	0,50393333
k : nb de répétitions inconnu	3					
n : nb d'étalons	6,00					
amplitude int de conf c INCONNU	0,556814628					
cap ads (mg/g)	0,847940863	taux d'ads	0,854611331			
incertitude capa ads plures	0,055246854	incertitude tau	0,055681463			
Présentation du résultat final ²	0,85 +/- 0,06	mg/g	Présentation	0,85 +/- 0,06		

$$x_{\text{calculé}} \pm \frac{t(1-\frac{\alpha}{2}, n-2) s}{|a_1|} \sqrt{\frac{1}{k} + \frac{1}{n} + \frac{(x_{\text{calculé}} - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

6.8. Documents relatifs au TP

TP1 – Dépollution de l'eau grâce aux peaux de fruits : Analyse par spectrométrie d'absorption atomique

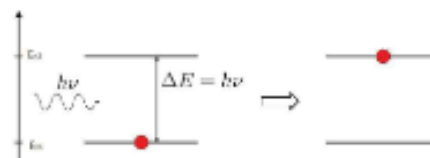
I-BUT du TP

On se propose dans ce TP de vérifier que les peaux de fruits ont la capacité d'absorber des polluants souvent trouvés dans l'eau, tels que les métaux lourds et les composés organiques. On fait le choix d'utiliser des peaux de pommes et d'avocats pour dépolluer de l'eau contaminée par des résidus de cuivre ou du bleu de méthylène représentant les deux familles de polluants visés (métaux lourds et composés organiques).

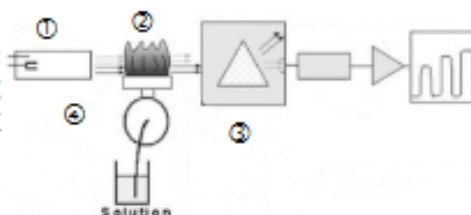
L'analyse du cuivre se fait à l'aide d'un spectromètre par absorption atomique tandis que celle du bleu de méthylène se fait qualitativement de façon visuelle.

II-PRINCIPE DE L'ANALYSE PAR SPECTROMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE

L'échantillon est atomisé dans une flamme ($\text{Cu}^{2+}_{(aq)} \Rightarrow \text{Cu}_{(g)}$, $\text{Zn}^{2+}_{(aq)} \Rightarrow \text{Zn}_{(g)}$...). Les niveaux d'énergie dans l'atome gazeux sont quantifiés (niveaux 1s, 2s, 2p...). Si la lumière incidente a précisément la bonne énergie ($E_{\text{photon}} = E_{n2} - E_{n1}$), elle est absorbée, permettant le dosage de l'élément concerné.

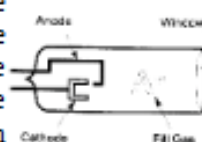


Le dispositif expérimental utilisé en absorption atomique se compose d'une source : la lampe à cathode creuse ①, d'un brûleur et d'un nébuliseur ②, d'un monochromateur ③ et d'un détecteur ④ relié à un amplificateur et un dispositif d'acquisition.



- **La lampe à cathode creuse**

La lampe à cathode creuse est constituée par une enveloppe de verre scellée et pourvue d'une fenêtre en verre ou en quartz contenant une cathode creuse cylindrique et une anode. La cathode est constituée de l'élément que l'on veut doser, ici le cuivre. Un vide poussé est réalisé à l'intérieur de l'ampoule qui est ensuite remplie d'un gaz rare sous une pression de quelques mmHg.



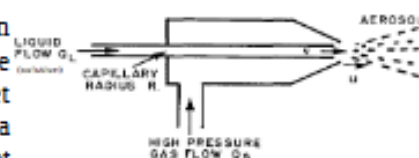
The workings of a hollow cathode lamp (HCL).

Source : PerkinElmer - documentation Analyst 201

Lorsqu'on applique une différence de potentiel de quelques centaines de volts entre les deux électrodes, une décharge s'établit. Le gaz rare est alors ionisé et ses ions bombardent alors la cathode, arrachant des atomes à celle-ci. Ces atomes sont donc libres et sont excités par chocs : il y a émission atomique de l'élément constituant la cathode creuse.

- **Le nébuliseur**

L'échantillon à analyser est en solution. Celle-ci est aspirée au moyen d'un capillaire par le nébuliseur. A l'orifice du nébuliseur, du fait de l'éjection d'un gaz à grande vitesse, il se crée une dépression (effet Venturi). La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre alors dans la chambre de nébulisation dont le rôle est de faire éclater les gouttelettes et d'éliminer les plus grosses. Ce brouillard homogène pénètre alors dans le brûleur.



- **La flamme – atomisation**

L'aérosol pénètre dans le brûleur puis dans la flamme. Au bout d'un certain parcours au seuil de la flamme, le solvant de la gouttelette est éliminé, il reste les sels ou particules solides qui sont alors fondus, vaporisés puis atomisés. Les atomes absorbent une partie des radiations émises par la lampe.

Le détecteur mesure l'intensité du rayonnement après absorption qui dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière.

On définit l'absorbance A par $A = \log I_0/I$

avec : I = intensité après absorption par les atomes

I_0 = intensité initiale de la source lumineuse

L'absorbance A est proportionnelle à la concentration c si celle-ci est comprise dans une gamme qui dépend de l'élément à doser. (Pour le cuivre : 0 à 7 ppm*) *1ppm = 1 particule par million = 1mg de Cu par L de solutions.

Le dosage nécessite l'utilisation d'une courbe d'étalonnage réalisée à l'aide de solutions étalons de concentrations parfaitement connues comprises dans la gamme 0 à 7 mg/L.

La concentration de la solution analysée par le spectromètre doit être comprise dans cette gamme et est lue sur la courbe d'étalonnage. Si la solution initiale à doser est trop concentrée, on procède à des dilutions.

III-MODE OPERATOIRE

Penser à noter sur votre verrerie la solution qu'elle contient.

a/ Dilution de la solution de cuivre

Prélever à l'aide d'une pipette jaugée $V_0 = 5$ mL de la solution mère de cuivre ($C_0=200$ mg/L).

Introduire le prélèvement dans une fiole jaugée de $V_1=100$ mL.

Compléter avec de l'eau désionisée jusqu'au trait de jauge. Boucher et homogénéiser.

On obtient une solution S_1 de concentration en cuivre C_1 .

b/ Mise en solution des peaux de fruits

Peser précisément, dans un bécher de 100 mL, une masse proche de $m_0= 0,5$ g de peaux de fruits (**Pour les postes pairs prendre de la pomme et pour les postes impairs prendre l'avocat**). Noter la masse précise prélevée.

Prélever à l'aide d'une pipette jaugée $V_1' = 50$ mL de la solution S_1 à analyser.

Introduire le prélèvement dans le bécher contenant les peaux de fruits.

Introduire un barreau aimanté dans le bécher.

Mettre le bécher sur le multi-agitateur magnétique et laisser agiter pendant 1h.

!! PENSER A NOTER L'HEURE DE DÉBUT D'AGITATION ET VOTRE NUMÉRO DE POSTE (OU VOTRE NOM) SUR LE BÉCHER !!

Faire une dilution de la solution S_1 qui vous reste, afin d'obtenir une solution S_{1dil} de concentration $C_{1dil} = 5$ mg/L. Votre solution S_1 de concentration C_1 ne se situe pas sur la courbe d'étalonnage du spectromètre d'absorption atomique. Cette dilution permet donc pouvoir analyser votre solution et en déduire sa concentration (C_{1dil} puis C_1).

Passer à la partie e/ en attendant la fin de l'agitation

c/ Préparation de la solution à analyser

Après 1h d'agitation, retirer le bécher du multi-agitateur magnétique.

Prélever à l'aide d'une seringue, la solution à analyser S_1' .

Mettre le filtre en Nylon sur la seringue et appuyer délicatement pour introduire la solution dans un bécher de 50 mL (risque de projection de solution en cas de surpression).

Renouveler si nécessaire l'opération pour obtenir environ 10 mL de solution.

Apporter votre solution et la solution $S_{1,di}$ au laboratoire d'analyse pour utiliser le spectromètre d'absorption atomique :

Spectrometer AA THERMO

Les réglages de l'appareil sont les suivants :

Débit du mélange air-acétylène : 1,1 L/min

Débit d'aspiration de la solution : 5-6 mL/min

Longueur d'onde d'analyse : 324,8 nm

Une courbe d'étalonnage pour le cuivre est établie avec les solutions étalon à 1, 2, 4, 5, 7 mg/L en cuivre. Puis l'absorbance de votre solution est mesurée. La courbe d'étalonnage permet de déduire la concentration en cuivre de votre solution et de remonter au taux d'adsorption des polluants et à la capacité d'adsorption des peaux de fruits.

d/ Exploitation des résultats**• Taux d'adsorption des polluants**

Le taux d'adsorption des polluants correspond au pourcentage d'élimination des polluants dans la solution. Pour le calculer, la formule sera établie au cours de la séance.

• Capacité d'adsorption des écorces

La capacité d'adsorption est, comme son nom l'indique, la capacité que les écorces ont à adsorber les différents polluants dans une solution.

Cette capacité se calcule grâce à l'équation suivante :

$$q_e = \frac{(C_i - C_f) * V}{m} \text{ (en mg/g)}$$

avec : C_i = concentration initiale en polluant (en mg/L)

C_f = concentration finale en polluant (en mg/L)

V = volume de solution (en L)

m = masse de peaux de fruits (en g)

e/ Préparation de la solution de bleu de méthylène

L'étudiant n'ayant pas fait la première dilution réalise celle-ci.

Peser précisément, une masse proche de 0,5 g de peaux de pomme dans un bécher de 100 mL.

Diluer la solution mère de bleu de méthylène $C_2 = 200$ mg/L avec le matériel disponible de façon à préparer une solution à 20,0 mg/L en bleu de méthylène.

On obtient une solution S_2 de bleu de méthylène de concentration $C_2' = 20$ mg/L.

Prélever avec une pipette jaugée, $V_2'' = 50$ mL de la solution S_2 et l'introduire dans le bécher contenant les peaux de fruits.

Mettre un barreau aimanté dans le bécher et mettre le bécher sur l'agitateur magnétique de votre paillasse. Laisser agiter pendant 15 min. Cette nouvelle solution est la solution S_2'

Pendant ce temps, faire un échantillon témoin, avec tout votre groupe (1 seul témoin pour l'ensemble de votre groupe). Pour se faire, passer l'une de vos solutions S_2 à travers un filtre en Nylon, à l'aide d'une seringue.

A la fin de l'agitation, prélever à l'aide d'une seringue, la solution à analyser S_2' .

Mettre le filtre en Nylon sur la seringue et appuyer délicatement pour introduire la solution dans un bécher de 50 mL (risque de projection en cas de surpression).

Renouveler le protocole afin d'obtenir une quantité suffisante pour l'observation.

Noter les observations sur la feuille réponse.

V-QUESTIONS PRELIMINAIRES (à préparer INDIVIDUELLEMENT avant le TP)

1. Recherche toxicologique

Remplir la fiche prévue à la fin de la partie sécurité du poly de TP !! INDIVIDUELLEMENT !!!

2. Préparation d'une solution

Lire les modes opératoires de préparation d'une solution fournis en annexe et répondre aux questions suivantes :

a/ Expliquer la forme typique d'une fiole jaugée : évasée au fond et étroite au col

*évasée au fond pour faciliter le mélange
étroite au col pour plus de précision*

b/ Pourquoi ne complète-t-on pas la fiole jaugée directement jusqu'au trait de jauge lors d'une dilution ?

Phénomène de dilatation possible lors de l'homogénéisation

c/ Pourquoi doit-on vérifier qu'une fiole jaugée ou une pipette jaugée est droite lorsqu'on atteint un trait de jauge ?

Le trait de jauge est droit donc prévu pour une verrerie tenue droite

d/ Quelle est la position du liquide au niveau du trait de jauge d'une verrerie ?

Le bas du ménisque doit être aligné au trait de jauge

e/ Dire comment évolue la concentration par rapport à la concentration attendue (↗, ↘, →) dans les cas suivants :

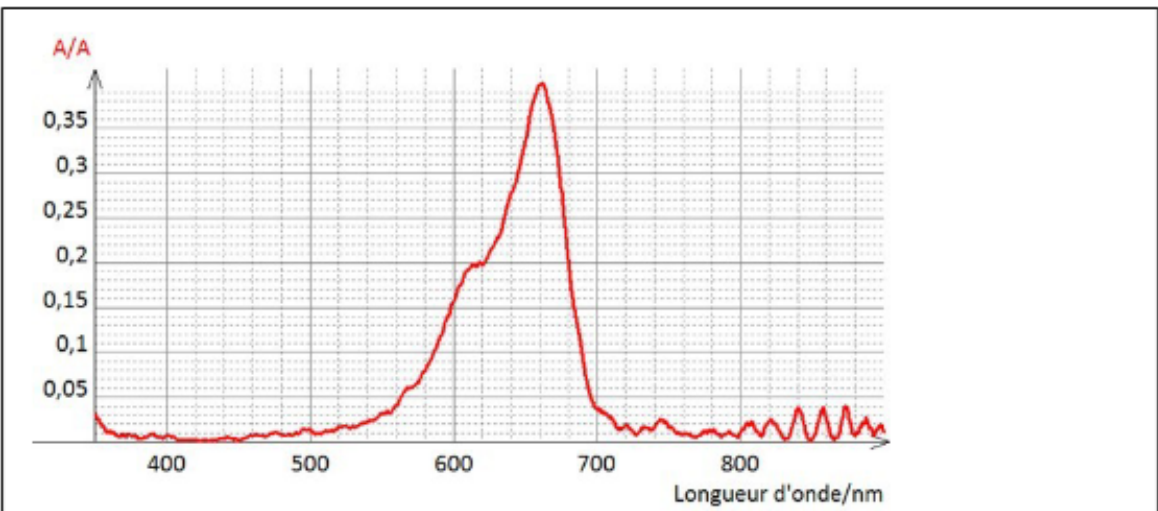
Cas	↗, ↘, →
On dépasse le trait de jauge en complétant et on enlève le surplus avant de mélanger	↘
On rince la fiole jaugée à l'eau désionisée avant utilisation	→
On rince la pipette jaugée à l'eau désionisée avant utilisation	↘
On s'est trompé en préparant une solution, on recommence sans rincer la fiole jaugée	↗

3. Préparation de la solution contenant les peaux de fruits

Lire le mode opératoire du TP et répondre aux questions suivantes :

a/ Quel type de balance doit-on utiliser pour peser l'échantillon de peaux de fruits (balance de synthèse à 0,1 g près ou balance d'analyse à 0,1 mg près), justifier le choix.
Balance d'analyse car si on veut des résultats précis il faut peser précisément l'échantillon

b/ Pour l'analyse du bleu de méthylène, une dilution de la solution mère de concentration $C_2 = 200 \text{ mg/L}$ est nécessaire afin de pouvoir observer correctement le phénomène. Vous disposez de : 1 fiole jaugée de 100 mL, de pipettes jaugées de 2mL, 10 mL, 25mL et 50 mL.
Quel est le volume à prélever (V_2) pour obtenir une solution concentré à $C_2' = 20 \text{ mg/L}$? Justifier.
 $C_{\text{mère}} * V_{\text{mère}} = C_{\text{fille}} * V_{\text{fille}} \Rightarrow V_{\text{mère}} = (C_{\text{fille}} * V_{\text{fille}}) / C_{\text{mère}} \Rightarrow V_2 = (C_2' * V_2') / C_2$
*On connaît $C_2' = 20 \text{ mg/L}$ et $C_2 = 200 \text{ mg/L}$ et $V_2' = 100 \text{ mL}$
 $V_2 = (20 * 100) / 200 = 10 \text{ mL}$
Nous disposons bien d'une pipette jaugée de 10 mL*



Voici ci-dessus le spectre d'absorption du bleu de méthylène :

c/ A quelle longueur d'onde doit-on régler le spectromètre UV-visible ?
On se place au maximum d'absorption $\lambda_{\text{max}} = 662 \text{ nm}$

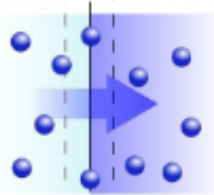
d/ Pourquoi choisit-on un maximum d'absorption ?
On choisit un maximum d'absorption car l'incertitude sur l'absorbance sera minimale car en cas de petite fluctuation de λ , l'influence sur A est négligeable à cet



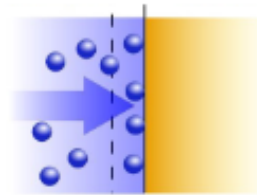
endroit (voir le schéma ci-contre)

4. Adsorption

a/ Identifier, sur les schémas ci-dessous, l'adsorption et l'absorption :

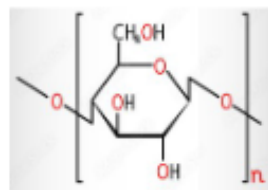


Absorption



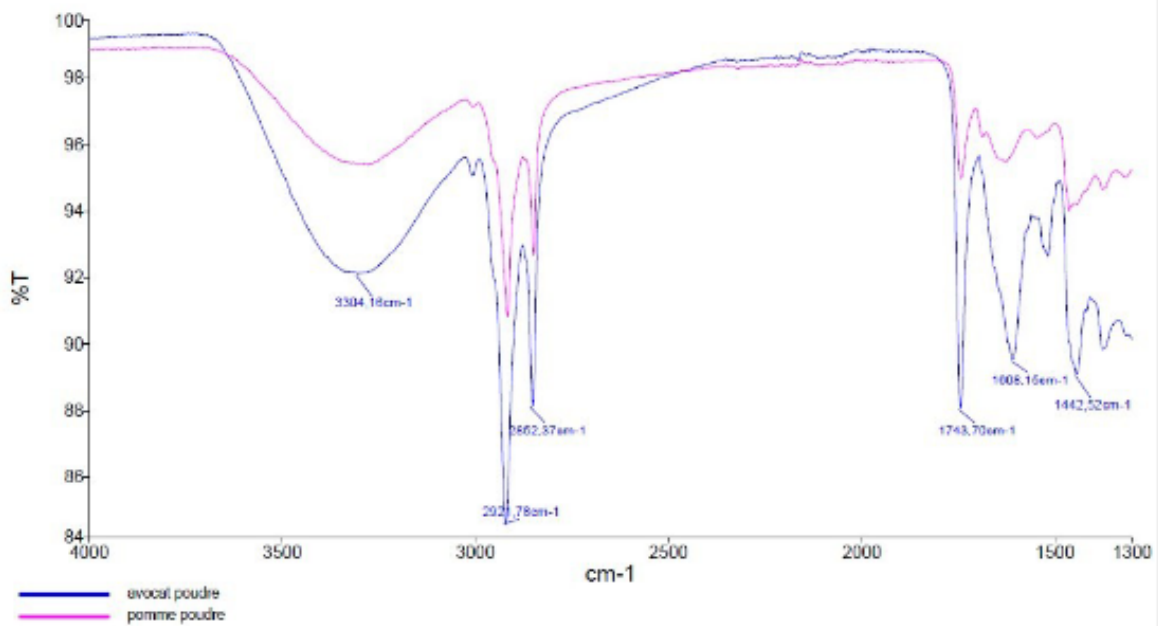
Adsorption

b/ Les peaux de fruits sont composées d'un grand nombre de constituants. L'un des principaux constituants de la peau des fruits est la cellulose.



A l'aide du spectre infra-rouge et du tableau ci-dessous, dire quelles bandes présentes sur les peaux de fruits sont attribuables à la cellulose :

Liaison	Nature	Nombre d'onde σ	Allure
C=O	Élongation	1700-1800 cm^{-1}	Pic intense fin
O-H acide carboxylique	Élongation	2500-3200 cm^{-1}	Bande large
O-H alcool	Élongation	3200-3600 cm^{-1}	Bande large
C-H alkyle	Élongation	2850-2970 cm^{-1}	Pics moyens à intenses fins
C-H aromatique	Élongation	3000-3100 cm^{-1}	Pics moyens fins



*On peut observer que les 2 peaux de fruits présentes les mêmes allures :
Une bande large entre 3000 cm^{-1} et $3600\text{ cm}^{-1} \Rightarrow$ O-H alcool
Des pics moyens fins autour de $2900\text{ cm}^{-1} \Rightarrow$ C-H alkyle*

- c/ Quelle(s) fonction(s) chimique(s) de la cellulose pourrai(en)t interagir avec les ions Cu^{2+} ?
De quel type d'interaction s'agit-il ?

Les groupes fonctionnels : alcool

Ce sont des interactions électrostatiques entre les cations et les oxygènes chargés δ

5. Métaux lourds

Une eau polluée peut contenir plusieurs métaux lourds. Le spectromètre utilisé peut les doser individuellement. Quels réglages faut-il faire pour changer d'élément dosé ?

- a/ Quelle est la nature de la source à utiliser pour analyser une solution de nickel ?

Lampe à cathode creuse de nickel

- b/ Sous quelle forme est analysé le nickel dans la flamme ?

Nickel atomique gazeux

- c/ A quoi sert le monochromateur ?

Il sert à choisir la lumière avec la longueur d'onde qui offre la plus grande sensibilité parmi toutes les raies possible pour doser l'élément Nickel

- d/ Quel est le type de spectre d'émission / d'absorption d'un atome gazeux ?

Il s'agit d'un spectre discontinu, appelé spectre de raies. Un atome gazeux n'interagit pas avec son environnement. Il présente donc des niveaux d'énergie discrets. Il émet ou absorbe des photons qui ont juste la bonne énergie pour passer d'un niveau à l'autre.

- e/ A cette longueur d'onde, comment varie l'intensité lumineuse (I) lorsque la solution aspirée contient du nickel ? Et du cuivre ?

Pour le nickel, I diminue car le nickel présent dans la flamme absorbe une partie de la lumière incidente

Pour le cuivre, I ne varie pas car λ d'absorption différent d'un atome à l'autre

6. Incertitudes

Lire la partie sur les incertitudes du polycopié avant de répondre aux questions suivantes

- a/ J'utilise une pipette jaugée de 2 mL pour diluer la solution mère de cuivre.

Énumérer toutes les sources d'incertitude sur le volume prélevé.

Pipette : incertitude sur le volume de la verrerie : le volume de la pipette n'est pas exactement de 2 mL

Pipette : lecture au niveau de chaque trait de jauge à ± 1 goutte près

b/ Les sources d'incertitudes principales sont la précision sur la verrerie (pour cette pipette de classe A, $U=\pm 0,010$ mL) et l'incertitude sur les 2 lectures de volume ($U=\pm 0,05$ mL). Calculer l'incertitude élargie sur le volume prélevé.

$$U(V) = \sqrt{U_{\text{pipette}}^2 + 2 * U_{\text{lecture}}^2} \Rightarrow \text{Voir poly pour détail de la formule}$$

$$U(V) = \sqrt{0,010^2 + 2 * 0,05^2} = 0,071 \text{ mL}$$

c/ On prépare la solution mère de sulfate de cuivre pentahydraté ($M=159,62$ g/mol). Pour ce faire on pèse $m= 249.7$ mg de sel avec une balance de précision $p=0.1$ mg et on complète dans une fiole jaugée de volume $V = 250$ mL ($EMT=0,15$ mL, erreur de lecture $0,05$ mL).
d/ Calculer l'incertitude élargie sur le volume V et sur la masse pesée m en exprimant d'abord les sources d'incertitude de chaque grandeur. En déduire l'incertitude élargie sur la concentration et présenter son résultat avec son incertitude élargie et le niveau de confiance associé.

Volume : incertitude sur le V réel de la fiole et la lecture du volume

$$\Rightarrow U(V) = \sqrt{U_{\text{fiole}}^2 + U_{\text{lecture}}^2} = \sqrt{0,15^2 + 0,05^2} = 0,158 \text{ mL}$$

Masse pesée : incertitude sur la tare et sur la masse pesée

$$\Rightarrow U(m) = p * \sqrt{\frac{2}{3}} = 0,0816 \text{ mg}$$

$$\text{Comme on a } \frac{U(C)}{C} = \sqrt{\left(\frac{U(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{U(V)}{V}\right)^2} = 7,11 \cdot 10^{-4} \text{ (sans unité)}$$

$$\text{On en déduit } C = \frac{m}{M * V} = 6,2574 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

Donc $U(C) = 4,45 \cdot 10^{-6}$ mol/L on arrondit $4 \cdot 10^{-6}$ mol/L

Donc on notera :

$$C = (6,2574 \pm 0,004) * 10^{-3} \text{ mol/L, niveau de confiance de 95 \%}$$

$$= (6,2574 \pm 0,004) \text{ mmol/L, niveau de confiance de 95 \%}$$

FEUILLE DE SECURITE TP1 Dépollution de l'eau grâce aux peaux de fruits

RISQUES LIES AUX PRODUITS

	Réactifs, Solvants et solution	N° CAS	Forme dans la préparation *	Toxicité		
				Symboles (SGH)	Risques (mots clés principaux)	Sécurité (mots clés principaux)
Ex :	Thiosulfate de sodium en solution	10102-17-7	$2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	SGH07	- irritant	- EPI (blouse, gants, lunettes)
	Bleu de méthylène en solution	61-73-4				
	Sulfate de cuivre en solution	7758-99-8				



* Rappel : Une fois qu'il est en solution, le solide ionique $\text{NaCl}_{(s)}$ s'écrit sous la forme $\text{Na}^+_{\text{aq}} + \text{Cl}^-_{\text{aq}}$.

Student Name 1:

Note CR sur 27,5 : ...
Sur 15 :

Student Name 2:

Note CR sur 27,5 : ...
Sur 15 :

Date :

Oubli Matériel (-1)
Oubli sécurité (-1)
Propreté et rangement poste (-1)

VI) EXPLOITATION DES RÉSULTATS (Exploitation of results)

1. Résultats d'adsorption du cuivre (Results of copper adsorption)

Fruit :

Masse de pelure de fruit pesée ; *mass of fruits weighed* : m_0 =

Absorbances des solutions étalon de cuivre (Absorbance of standard copper solutions)

c (mg/L)	0	1	2	4	5	7
A						

Noter l'absorbance de votre solution d'analyse : *Note the absorbance of your analytical solution* :

$A_{1 \text{ dil}} =$ A_1 après adsorption =

2. Exploitation des résultats d'adsorption du cuivre (analysis of copper Adsorption results)

(joindre le graphique)

Equation de la courbe d'étalonnage :

... /1

Coefficient de détermination $R^2 =$

... /1.5

Conclusion :

Déterminer les concentrations en cuivre $c_{1 \text{ dil}}$ et c_1 de la solution d'analyse et calculer c_1 :

Determine the copper concentrations $c_{1 \text{ dil}}$ and c_1 of the analytical solution and compute :

... /1

$C_1 \text{ dil (SI dilué)} =$

$C_1 \text{ (SI avant adsorption)} =$

$C_1' \text{ (SI après adsorption)} =$

Exprimer le taux d'adsorption du polluant (pourcentage d'élimination) τ_{Cu} en fonction de c_1 et c_1' :

Express the pollutant adsorption rate τ_{Cu} according to c_1 :

... /2

$\tau_{Cu} =$

Application numérique: $\tau_{Cu} \text{ (ofruits)} =$

Numerical application:

Rappeler la capacité d'adsorption des peaux de fruits q_{eCu} en fonction de c_1 , c_1' , V_1 et m_0 :

Express the adsorption capacity of fruit skins q_{eCu} according to c_1 , c_1' , V_1 and m_0 :

... /2

$q_{eCu} =$

Applications numériques: $q_{eCu} \text{ (ofruits)} =$

Numericals application:

Comparer qualitativement votre taux d'adsorption du polluant τ_{Cu} et votre capacité d'adsorption des peaux de fruits $q_{e,Cu}$ avec un binôme de votre salle qui a utilisé le **même fruit** que vous et un travaillant avec l'**autre fruit**.

Qualitatively compare your pollutant adsorption rate τ_{Cu} and the adsorption capacity of fruit skins $q_{e,Cu}$ with a pair who used the same fruit as you and with another who worked with a different fruit.

... /1

3. Étude du Bleu de Méthylène (Study of Methylene Blue)

Décrivez les observations que vous avez faites après l'agitation du mélange de pelures de pomme et de solution de Bleu de Méthylène. Qu'avez-vous remarqué concernant la couleur de la solution ?

Describe the observations you made after agitating the mixture of apple peels and Methylene Blue solution. What did you notice regarding the color of the solution?

... /1

4. Pour aller plus loin (For further information)

Une fois les pelures polluées par les ions cuivre il faut pouvoir les régénérer afin de ne pas juste déplacer la pollution et pouvoir réutiliser si besoin les même pelures pour dépolluer l'eau à nouveau. Il suffit pour cela de passer les pelures en milieu acide (pH2 à pH3). Proposer une explication au décrochage des polluants de la surface des pelures.

Once the peels have been polluted by the copper ions, we need to be able to regenerate them so as not to simply displace the pollution, and to be able to reuse the same peels to clean up the water again. To do this, the peels simply need to be placed in an acidic environment (pH2 to pH3). Suggest an explanation for why the pollutants are removed from the peel surface.

... /1.5

Je certifie avoir pris connaissance des règles de sécurité au laboratoire de chimie et je m'engage à les respecter.

I certify that I have taken note of the safety rules in the chemistry laboratory and I undertake to respect it.

Signature des étudiants:

Partie incertitudes : calcul de l'intervalle de confiance sur la capacité d'adsorption des peaux de fruits

Compléter le tableau ci-dessous et celui page suivante pendant la séance de TP, conserver cette partie du CR en sortant de TP

Se référer à la partie incertitude au début de ce fascicule et au fascicule de physiques.

Faire les calculs à la maison et rendre au début de la séance de TP2 (**une feuille par binôme**)

Complete the table below and the next page during the session works, keep this part of the answer sheet when you go out of the TP. Refer to the uncertainty early part of this booklet and the physical specification. Do the calculations at home and bring the sheet at the start of the session Labwork 2 (one sheet per pair)

Fruit du binôme :

A. Approche évaluant l'incertitude à partir d'une mesure unique

(approach evaluating the uncertainty from a single measurement)

... /5

Grandeur	Type	Valeur Value	Sources d'incertitude absolue	Incertitude élargie globale
V_0	Volume pipette jaugée <i>Volumetric pipette volume</i>	5 mL	$U_{pipette} =$ $(2\pi) U_{lecture} = 0.05 \text{ mL}$	$U(V_0) =$
V_1	Volume fiole jaugée <i>Volumetric flask volume</i>	100 mL	$U_{fiole} =$ $U_{lecture} = 0.05 \text{ mL}$	$u_{V_1} = \sqrt{u_{lecture}^2 + u_{fiole}^2} = \sqrt{0.05^2 + \dots} =$
V_1'	Volume pipette jaugée <i>Volumetric pipette volume</i>	50 mL	$U_{pipette} =$ $(2\pi) U_{lecture} = 0.05 \text{ mL}$	$U(V_1') =$
$V_{1 \text{ dil}}$	Volume pipette jaugée <i>Volumetric pipette volume</i>	25 mL	$U_{pipette} =$ $(2\pi) U_{lecture} = 0.05 \text{ mL}$	$U(V_{1 \text{ dil}}) =$
$V_{1 \text{ ad}}$	Volume fiole jaugée <i>Volumetric flask volume</i>	50 mL	$U_{fiole} =$ $U_{lecture} = 0.05 \text{ mL}$	$U(V_{1 \text{ ad}}) =$
m_0	Masse pesée à la balance de précision <i>Measured mass weigh on analytical balance</i> g	$p =$	$U(m_0) =$
C_0	Concentration mère donnée <i>Given stock concentration</i>	200 mg/L	Pas d'incertitude prise en compte	
$C_{1 \text{ dil}}, C_1$	Valeur lue sur la courbe d'étalonnage <i>Value read from the calibration curve</i>		Lecture graphique	$U(C_1) = 0.4 \text{ mg/L}$

Rappeler l'expression de q_{eC_0} en fonction de c_1, c_1', V_1 et m_0 <i>Remember the q_{eC_0} expression according to c_1, c_1', V_1 and m_0</i>	
Rappeler l'expression de c_1 en fonction de c_0, V_0 et V_1 <i>Remember the c_1 expression according to c_0, V_0 and V_1</i>	
En déduire l'expression de q_{eC_0} en fonction de $m_0, c_0, c_1, c_1', V_0, V_1$ et V_1' <i>Deduce the q_{eC_0} expression according to $m_0, c_0, c_1, c_1', V_0, V_1$ and V_1'</i>	

Hypothèse : Au vu de la formule de calcul de q_{eC_0} , l'estimation rigoureuse des incertitudes par propagation des incertitudes est fastidieuse, nous allons donc négliger l'influence de la dilution, nous ne considérons que l'incertitude graphique sur $C_{1 \text{ dil}}$ et C_1 .

Donc $\frac{U_{C_{1 \text{ dil}}}}{C_{1 \text{ dil}}} \approx \frac{U_{C_1}}{C_1}$ et $U(C_1 - C_1') = \sqrt{U(C_1)^2 + U(C_1')^2}$

Travail sur les incertitudes absolues : Déterminer l'incertitude sur $(C_1 - C_1')$. <i>Work on absolute uncertainties: Determine the uncertainty about $(C_1 - C_1')$</i>	... /1
--	--------

À partir de l'expression de q_{eCu} en fonction de m_0 , c_0 , c_1 et V_1 donner l'expression littérale de l'incertitude **relative** sur la capacité d'adsorption des peaux de fruits puis l'expression numérique en détaillant la contribution de chaque source d'incertitudes.

From the q_{eCu} expression according to m_0 , c_0 , c_1 , V_0 , V_1 and V_1' , give the literal expression of the relative uncertainty on the adsorption capacity of fruit skins and the numerical expression detailing the contribution of each uncertainties source.

$\Delta q_{eCu} / q_{eCu} =$... /2

Quelle est la source d'incertitude relative principale ?
What's the main source of relative uncertainty?

Quelle est la source d'incertitude relative la plus faible ?
What's the lowest source of relative uncertainty? ... /1.5

Quel volume produit l'incertitude relative la plus élevée ?
What volume product the highest relative uncertainty?

Calculer l'incertitude **absolue** pour q_{eCu} :
Calculate the absolute uncertainty for q_{eCu} .

Soit (That to say) $q_{eCu} = (\dots \pm \dots)$... /1

B. Approche statistique des incertitudes (Statistical approach uncertainties)

Indiquer ci-dessous les capacité d'adsorption des peaux de fruits obtenues par tous les binômes de la salle de TP.

Noted below the adsorption capacities of fruit skins obtained by all the pairs of the TP room.

Fruit : Avocat

q_{eCu}			
-----------	--	--	--

Fruit : Pomme

q_{eCu}			
-----------	--	--	--

Vous devez effectuer les calculs pour les deux fruits.

You need to do the calculations for both fruits.

Calculs (Calculations)

En rassemblant les valeurs de capacité d'adsorption des peaux de fruits obtenues dans votre groupe de TP, évaluer la dispersion de vos résultats par une estimation d'écart type sur votre série de capacité (s) et le calcul d'intervalle de confiance au niveau de confiance de 95%.

By gathering the adsorption capacity of fruit skins values in your TP group, evaluate the dispersion of your results in an estimation of standard deviation on your capacity serial (s) and the interval confidence calculation at 95% confidence level.

* Moyenne obtenue sur le groupe pour q_{eCu}
Group average obtained for q_{eCu} .

Pomme	Avocat
-------	--------

... /1

<p>* Estimation d'écart type s ou σ_{x-1} <i>Standard deviation estimate s or σ_{x-1}</i></p>	Pomme	Avocat	... /1
<p>* Incertitude type : $u(q_{eCu})$ <i>Uncertainty level</i></p>	Pomme	Avocat	(niveau de confiance de 68%) <i>68% confidence</i> ... /1
<p>* Incertitude élargie $U(q_{eCu}) = 2 u(q_{eCu})$ <i>Expanded uncertainty</i></p>	Pomme	Avocat	(niveau de confiance de 95%) <i>95% confidence level</i> ... /1
<p>* Écriture du résultat pour q_{eCu} <i>writing of the result q_{eCu}</i></p>	Pomme	Avocat	... /1

<p>Comparer quantitativement la capacité d'adsorption des peaux de fruits q_{eCu} pour les deux fruits. Conclure sur l'observation d'une différence significative ou pas de la capacité d'adsorption des 2 fruits. <i>Compare quantitatively the adsorption capacity of fruit skins q_{eCu} for the two fruits. Conclude on whether there is a significant difference in the adsorption capacity of the two fruits.</i></p>	... /1
---	--------

6.9. Informations du TP et documents pour les techniciens du laboratoire de chimie

CAHIER DES CHARGES

Contexte du projet:

La question de la pollution des eaux est plus que jamais au cœur de l'actualité avec d'une part la prise de conscience croissante des enjeux environnementaux actuels et, d'autre part, la grande diminution des ressources en eau potable. Il est donc fondamental de trouver des solutions pour recycler l'eau une fois que celle-ci a été polluée par des éléments chimiques.

Serait-il possible d'utiliser nos pelures de fruits afin de dépolluer l'eau ? Les pelures de fruits seraient-elles alors le dépolluant naturel de demain ?

Objectif du projet:

L'objectif de ce projet est donc de créer un TP dans le cadre de l'EC CTP qui permettrait d'introduire l'idée auprès des premières années afin d'une part de pouvoir leur faire étudier une nouvelle technique d'analyse (la spectrométrie d'absorption atomique), et d'autre part d'amener les élèves-ingénieurs à réfléchir aux enjeux environnementaux et leur faire découvrir une solution innovante. Ce TP devra aussi permettre de revoir les bases de la chimie avec des manipulations accessibles et non dangereuses. L'idée de ce TP est d'utiliser des pelures de fruits pour purifier l'eau, notamment une eau colorée ou contenant des résidus métalliques, ainsi que d'étudier la purification de l'eau selon les pelures utilisées, de conclure sur l'efficacité de cette méthode et de développer un esprit critique.

Attendus

- concevoir un TP de 2h45 avec:
 - énoncé du TP
 - questions préliminaires (préparation du TP)
 - compte-rendu du TP
- manipulations accessibles, non dangereuses et permettant de (re)découvrir les bases de la chimie

Contraintes

- **contraintes de temps/manipulations:** TP de 2h45 (il faut pouvoir prendre en compte des éventuels retards, le nettoyage de la paillasse...):
 - les pelures choisies doivent permettre d'observer des résultats clairs, dans des temps de réaction faibles pour que les élèves aient le temps de faire l'étude et le compte rendu du TP
- **contrainte pédagogique:** doit reprendre les objectifs pédagogiques du TP actuel
 - révision des dilutions et découverte d'une méthode d'analyse nouvelle
- **contraintes de coût:** se renseigner sur le budget nécessaire
 - le coût estimé pour la mise en œuvre de ce TP pour les stp1 doit rentrer dans le budget alloué (personnel, matériel, pelures, solutions et préparation)
 - le coût des filtres + des déchets solides, liquides (demander au magasinier)

- **contrainte de praticité pour le personnel technique:**
 - la préparation par l'équipe technique du TP doit être faisable, nécessite de discuter avec les intervenants et de prendre en compte les odeurs des pelures
 - étudier la stabilité de la solution de nickel dans le temps: il ne faut pas qu'elle se dégrade sur deux semaines
 - vérifier la nécessité de faire bouillir les pelures et la taille des morceaux nécessaire

- **contrainte environnementale** s'assurer que le TP produise le moins de déchets possible, limiter la dangerosité des déchets

- **contrainte de sécurité pour les élèves et le personnel**

filtres: risque qu'ils explosent dans les mains des STPI1 (problème de taille des filtres)

-> changer de filtres régulièrement pour éviter leur explosion (1 filtre par manipulation pour limiter le coût)

choix de polluants peu toxiques

attention au projection lors des manipulations

Tester et comparer la capacité et l'efficacité de différentes pelures à absorber des polluants dans l'eau. Choisir les fruits/légumes les plus adaptés dans le cadre de la réalisation d'un TP selon différents critères (coût, efficacité...)

Proposition: deux parties |

- partie colorant

colorants/fruits réagissant rapidement et présentant des résultats analysables (contrainte de temps)

spectrophotométrie (observer la dépollution de l'eau: concentration en colorant au cours du temps)

2 fruits (1 binôme un fruit et l'autre binôme l'autre fruit, partage des résultats)

- partie métaux:

métaux/fruits qui réagissent rapidement et présentent des résultats analysables spectrométrie d'absorption atomique (pour observer la dépollution de l'eau)

matériel: spectrophotomètres, spectromètres, pilon mortier ou tester avec fruits mixés, pelures de fruits séchés, solution mère à préparer (dilution après)

réalisation d'un compte-rendu, d'un poster et préparer la soutenance (diaporama)

Matériel, Besoins, Coût :

Matériel:

Pour la préparation du TP (techniciens)

Pour le TP

Les deux

- Déjà possédé par le laboratoire:

- broyeur
 - > plus pratique que le mortier pilon pour réduire les fruits en poudre
- fiole jaugée 500 mL pour la solution de Cuivre à 200 mg/L
- fiole jaugée 500 mL pour la solution de Bleu de méthylène à 200 mg/L
- balance de précision
 - > peser la masse de poudre de pelure de fruit
 - > peser la masse de poudre de bleu de méthylène
 - > peser la masse de Cuivre
- propipettes
- marqueurs
- béchers poubelle
- spatules
- béchers de 100 mL
 - > pour mettre la poudre de pelures avec 50mL de la solution de Cuivre à 10mg/L sur l'agitateur magnétique
- béchers de 50 mL
 - > pour récupérer les solution après filtration
- multi-agitateur
- barreaux aimantés
- pipettes jaugée 50 mL
 - > prélever 50 mL de la solution de Cuivre à 10 mg/L
- pipettes jaugée de 25 mL pour la dilution
 - > prélever 25 mL de la solution de Cuivre à 10 mg/L
- pipettes jaugée de 10 mL pour la dilution
 - > prélever 10 mL de la solution de Bleu de méthylène à 200 mg/L
- pipettes jaugée 5 mL
 - > prélever 5 mL de la solution de Cuivre à 200 mg/L
- fioles jaugée de 100 mL
 - > réaliser dilution du Cuivre pour 10 mg/l
 - > réaliser dilution du Bleu de méthylène pour 20 mg/l
- fioles jaugée de 50 mL
 - > réaliser dilution du Cuivre pour 5 mg/l

- Déjà possédé par le laboratoire mais à prendre en compte dans le coût:

- Sulfate de Cuivre pentahydraté: ~50€ le kg
- Poudre Bleu de méthylène: ~175€ le kg

- **A acheter:**

- Filtre pour seringue en nylon non stérile/ 50 : 14,13€
- seringues plastiques, TERUMO, 10ml, embout luer lock, stériles, 3 pièces, boîte de 100: 28,12€
- pommes pour obtenir 40g de poudre de pomme + 80g pour la colorimétrie
- avocats pour obtenir 40g de poudre d'avocat

Besoins:

- 1 pomme rapporte ~3,3g de poudre → 120g de poudre de pomme = ~36,4 pommes
1 pomme pèse ~150g → 36,4 pommes = ~ 5460 g ~ **5,5 kg de pomme**
- 1/2 avocat rapporte ~2,2g de poudre → 40g de poudre d'avocat = ~9,1 avocats
→ **10 avocat**
- 5 mL de la solution mère de Cu nécessaire par binôme
500 mL par fiole = ~100 binôme
200 binômes = 2 fioles, permettant une prévention d'éventuels ratés
Concentration à 200 mg/L donc pour 1 L → **0,2 g de Sulfate de Cuivre pentahydraté**
- 10 mL de la solution mère de Bleu de Méthylène nécessaire par binôme
500 mL par fiole = 50 binôme
150 binômes = 3 fioles
Concentration à 200 mg/L donc pour 500 mL → 0,1 g de Bleu de Méthylène
→ **0,3 g de Bleu de Méthylène**
- 1 seringue plastique nécessaire par solution → 2 étudiées par binôme
150 binômes = 300 seringues
Vendues par boîte de 100 → **3 boîtes seringues plastiques, TERUMO, 10ml, embout luer lock, stériles**
- 2 filtres nécessaire pour le cuivre et 1 pour le bleu de méthylène → 3 seringues par binôme nécessitant un filtre
150 binômes = 450 filtres
Vendues par boîte de 50 → **9 boîtes de filtre pour seringue en nylon non stérile**
- Eau déionisée nécessaire (estimation):
 $500 \times 5 + 150 (100 + 100 + 50 + 150(\text{pour le rinçage})) = 61\ 500 \text{ mL} = 61,5\text{L}$

Coût:

→ **Prix:**

- Sulfate de Cuivre pentahydraté: ~50€ le kg
- Poudre Bleu de méthylène: ~175€ le kg
- Filtre pour seringue en nylon non stérile/ 50 : 14,13€

- seringues plastiques, TERUMO, 10ml, embout luer lock, stériles, 3 pièces, boîte de 100: 28,12€
- prix moyen d'un kilo de pommes en France en 2023 : 2,7 €
- prix moyen d'un avocat: 2€
- Eau déionisée (traitement): 0,49 cts par Litre

→ **Coût du TP par an:**

- Pommes :
 $5,5 \times 2,7 = 14,85\text{€}$
- Avocats :
 $10 \times 2 = 20\text{€}$
- Sulfate de Cuivre pentahydraté :
 $0,002 \times 50 = 0,1\text{€}$
- Bleu de Méthylène :
 $0,003 \times 175 = 0,53\text{€}$
- 3 boîtes seringues plastiques, TERUMO, 10ml, embout luer lock, stériles:
 $3 \times 28,12 = 84,36\text{€}$
- 9 boîtes de filtre pour seringue en nylon non stérile:
 $9 \times 14,13 = 127,17\text{€}$
- Eau déionisée :
 $0,49 \times 61,5 = 30,14\text{€}$

Total : 247,01€

Avec eau déionisée : 277,15€

Ce prix ne reste qu'indicatif dû à la fluctuation des prix.

Préparation du TP pour les techniciens de laboratoire

Métal

Éplucher les pommes afin d'obtenir **40g** de peau

Éplucher également les avocats afin d'obtenir **40g** de peau

Sécher les fruits dans l'étuve pendant environ 4 jours

Mixer les pelures de fruits afin d'obtenir une poudre

Préparer une solution mère de Cuivre à 200mg/L, sachant que chaque binôme d'étudiants aura besoin de faire une dilution afin d'obtenir une solution à 10mg/L.

Préparer ensuite les étalons pour le spectromètre d'absorption atomique, 1mg/L, 2mg/L, 5mg/L, 7mg/L.

Matériel utile pour un binôme :

- un marqueur
- un bécher poubelle
- une seringue de 5 mL ou 10 mL
- 2 filtres en Nylon
- Pour l'analyse du Cu :
 - une fiole jaugée de 100 mL
 - une fiole jaugée de 50 mL
 - une pipette jaugée de 5 mL, une de 25 mL, une de 50 mL + propipette
 - 3 béchers de 100 mL
 - 2 béchers de 50 mL
 - 2 spatules pour tout le groupe (une pour peser la peau de pomme et l'autre pour l'avocat)
 - un barreau aimanté
 - un multi-agitateur pour tout le groupe

Colorant

Éplucher les pommes afin d'obtenir **80g** de peau sèche

Sécher les fruits dans l'étuve pendant environ 4 jours

Mixer les pelures de fruits afin d'obtenir une poudre

Préparer une solution mère de bleu de méthylène à 200mg/L

- Pour l'analyse **qualitative** du Bleu de Méthylène :
 - une fiole jaugée de 100 mL
 - une pipette jaugée de 10 mL, une de 50 mL + propipette
 - 2 béchers de 100 mL
 - 1 bécher de 50 mL
 - 1 filtre en Nylon
 - une seringue de 5 mL ou 10 mL