

Dépollution d'une eau contaminée en métaux lourds par des zéolithes

L'objectif est de chercher une méthode de traitement simple afin de purifier une eau par l'utilisation de zéolithes à la surface de fibres de coton. Il est motivé par l'existence récurrente de phénomènes de pollution par apport anthropique (mines, pesticides), pouvant conduire à des problèmes de santé publique et environnementale.

Les métaux lourds (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) constituent une des sources de pollution des cours d'eau liée à l'activité humaine. Une décontamination s'avère alors nécessaire afin de limiter l'impact délétère de leur trop forte accumulation, autant pour une eau destinée à la consommation que pour la protection des milieux biologiques.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- COLOMER Guilhem

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire), CHIMIE (Chimie Analytique), CHIMIE (Chimie Inorganique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
Dépolltion	Depollution
Mécanique des fluides	Fluid mecanics
Spectrophotométrie	Spectrophotometry
métaux lourds	heavy metals
zéolite	remediation Zolithe

Bibliographie commentée

L'accès à une eau salubre est par endroits de plus en plus délicat, de par la raréfaction de cette ressource, mais aussi par sa pollution devenue fréquente. Des traces de métaux lourds, parfois supérieures aux recommandations gouvernementales, sont en effet retrouvées régulièrement dans les cours d'eau et les sols à proximité de mines et complexes industriels [1]. Certains de ces métaux (Cadmium, Plomb, Mercure) peuvent alors présenter un danger par leur accumulation dans les milieux biologiques et leur contamination des chaînes alimentaires [2]. Néanmoins d'autres métaux, notamment le cuivre, gardent un effet négligeable sur l'homme [3].

De nombreuses méthodes de traitement des métaux existent et sont efficaces dans leur contexte [4], comme par exemple leur adsorption sur des résines échangeuses d'ions, ou leur adsorption par des

composés biologiques (algues, champignons, bactéries). Mais ces méthodes restent souvent coûteuses, rendant ainsi l'étude de procédés moins usités intéressante. Les zéolithes, matériaux microporeux permettant le captage de cations sont souvent utilisées en tant que tamis moléculaire, peuvent alors devenir des éléments de choix dans le traitement d'une eau polluée.

En effet, il suffit de faire s'écouler le liquide à travers le matériau afin d'en capter les cations métalliques. Mais cette méthode apparemment simple présente de nombreux défauts, notamment sa faible efficacité (vitesse de filtration excessivement lente ou manque de performance). On trouve alors ici tout l'intérêt du procédé retenu pour nos expérimentations : la synthèse des zéolithes sur des fibres de coton, présentant a priori une efficacité remarquable [5]. Cette méthode permet aussi d'obtenir après synthèse un produit facilement transportable et utilisable, sans infrastructure lourde. De surcroît, il est possible de fixer de l'argent en très faible quantité sur les fibres du même coton supportant les zéolithes, n'affectant alors pas sa capacité absorbante, et permettant de réaliser de manière concomitante une désinfection de l'eau traitée grâce aux propriétés antibactériennes du métal. Ce procédé ne pourra malheureusement pas être étudié au vu des contraintes techniques. Cette façon de fixer les zéolithes présenterait aussi de bonnes performances dans la capture simultanées de plusieurs ions métalliques différents, la rendant donc utilisable en cas de pollution croisée. Elle est de plus destinée à l'utilisation pour le traitement d'une eau de consommation.

Après avoir synthétisé les zéolithes sur le coton, une série d'expériences sera réalisée afin d'en étudier l'efficacité. Plusieurs paramètres se présentent dans l'efficacité de ce "filtre" à cations métalliques, notamment la nature du coton utilisé (compresses tissées ou non tissées) et la section du tube d'écoulement. Leur optimisation permet alors de trouver le meilleur compromis entre vitesse et taux d'abattement du métal. De plus, d'autres aspects concomitants à l'étude du coton revêt une grande importance, comme le choix du modèle de polluant (nature du métal lourd), ainsi que le mode de quantification de la dépollution.

Concernant la quantification, dans la nécessité de devoir vérifier nos résultats et dans la volonté d'utiliser des concentrations de l'ordre de grandeur de celle d'un cours d'eau pollué, nous sommes amenés à devoir doser de très faibles concentrations de cuivre. Nous avons donc opté pour une méthode complexométrique avec utilisation de la spectrophotométrie UV-visible, pouvant amener à des sensibilités très élevées [6].

Une autre caractéristique primordiale pour l'efficacité de la zéolithe supportée est son aspect hydromécanique. En effet, la perméabilité du matériau, soit son aptitude à se laisser traverser par un fluide, en l'occurrence de l'eau, est un paramètre important. Ces études seront en parallèle illustrées par l'usage de lois de la mécanique des fluides comme la loi de Darcy, loi caractérisant le débit d'un fluide incompressible dans un milieu micro-poreux [7].

Problématique retenue

La présence de métaux lourds pouvant s'avérer nocifs pour l'homme et les milieux naturels,

comment donc réaliser une dépollution efficace et économique par l'utilisation de zéolithes en surface de fibres de coton ?

Objectifs du TIPE

Ce TIPE consiste donc en :

1. La synthèse de la zéolithe sur fibres de cotons
2. L'étude des caractéristiques particulières à ce type de fixation et son efficacité dans l'absorption de cations métalliques, étudiée dans le cas particulier du cuivre.
3. Enfin en une étude hydromécanique via l'usage de la loi de Darcy puis Darcy-Forchheimer.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] MURIEL MAZZUCA : Identification des sources de contamination des sols et évaluation des risques sanitaires liés aux métaux en Chine : *ANSES Bulletin de veille scientifique n° 24, 2014, pages [1,3]*
- [2] WORLD HEALTH ORGANIZATION EUROPE : Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution : *2007, pages [[24-32];[65-71];[104-115]]*
- [3] ANSES : Evaluation des risques sanitaires liés au dépassement de la limite de qualité du cuivre dans les eaux destinées à la consommation humaine : *Saisine n°2004-SA-0064, 2006 , pages [1;9]*
- [4] A. LALLEMAND-BARRES : Ministère de l'environnement, Méthodes de dépollution des sols et des eaux pollués par les métaux : *Rapport BRGM R 36682 ENV-4S-93, 1993, pages [47; 55]*
- [5] XUTAO CHEN, LISHAYU, SHIHUIZOU, LIPINGXIAO & JIE FAN : Nature, Zeolite Cotton in Tube: A Simple Robust Household Water Treatment Filter for Heavy Metal Removal : *Nature, 2020, pages [1;7]*
- [6] JACQUELINE DELAUNAY, JACKY BOUILLOT ET CRISTIAN PETITFAUX : Titrage de traces d'ions cuivre(II) par spectrophotométrie d'absorption, bulletin de l'union des physiciens, : *Vol 93 (1999), pages [1;5]*
- [7] PAULINE SIMONNIN : Transport de fluides dans des nanopores : des modèles moléculaires aux modèles continus : *2017, pages [5;9]*

DOT

- [1] *Mai-Juin 2021: Un TP sur les résines échangeuses d'ions a porté notre intérêt sur les zéolithes, conduisant à la découverte de l'étude [5], base de la synthèse, et intéressant par la nouveauté apportée par l'utilisation du coton en support. Recherches théoriques autour des zéolithes.*
- [2] *Septembre 2021: Recherche du modèle de polluant et détermination de l'objectif de filtration d'une eau polluée commune, très faiblement concentrée en métaux lourds. Le cuivre est retenu pour sa simplicité d'utilisation, récurrence et très faible toxicité [3].*
- [3] *Novembre 2021 : Recherche du matériel nécessaires à la synthèse des zéolithes : problèmes*

pour se procurer un autoclave en téflon. Contact de laboratoires de notre susceptible d'en posséder. Réflexion sur les types de cotons à utiliser.

[4] *Janvier 2022 : Synthèse de la zéolithe. Nettoyage préalable par mercerisation du coton. Synthèse dans un laboratoire de la ville de notre lycée permettant l'accès à l'autoclave. Quelques problèmes sont survenus liés aux imprécisions de l'étude. Nettoyages de la zéolithe.*

[5] *Février 2022 : Validation qualitative de l'efficacité de la zéolithe. Vérification d'absence de relargage de résidus par conductimétrie. Réflexion sur les protocoles.*

[6] *Avril 2022 : Réalisation d'un montage pour déterminer la porosité de gaze de zéolite.*

[7] *Mai 2022 : Réalisation d'un montage pour déterminer la perméabilité de gaze de zéolite à débit constant. Quelques problèmes sont survenues dues à l'imprécision des mesures.*

[8] *Mai 2022 : Mise en évidence des résultats via des relations de la mécanique des fluides. Mise en forme des résultats, conclusion.*