

Printemps des sciences 2023

Projet de communication scientifique CHIM-F-328

Méthodes de dépollution : l'air



Étudiants : COSTEA Sebastian, FREMONT Gabriel, MASSAGER Hélène, VARIGAS Arielle

Encadrant : GEERTS Yves

Descriptif du projet :

Cette année, le thème « Diversités » du printemps des sciences 2023 nous a permis une grande liberté au niveau du choix de notre projet de vulgarisation scientifique à l'Expérimentarium de chimie. Étant donné cette liberté nous avons choisi de nous intéresser à un sujet qui est très important pour nous et directement en lien avec la chimie : la pollution. C'est un sujet dont tout le monde a déjà entendu parler mais sans forcément savoir tout ce qu'il implique. Nous aimerions donc, à la fin de ce printemps des sciences 2023, que vous ayez une meilleure idée de ce qu'est la pollution, d'où elle provient et quelles sont les solutions qui existent pour contrer ses effets néfastes. Différents types de pollution existent mais plus précisément, nous voudrions vous communiquer à propos de la pollution de l'air et des diverses méthodes de dépollution qui sont principalement utilisées aujourd'hui.

Pour parvenir à cela, nous commencerons par vous introduire à la pollution de l'air de façon générale en vous expliquant ce qu'est un polluant et quels sont les polluants atmosphériques les plus communs tels que le CO, les NO_x ou encore les composés organiques volatiles (COV). Nous vous expliquerons aussi le fonctionnement de deux méthodes de dépollution de l'air : les filtres à charbon actif et les laveurs à gaz. Puis, nous réaliserons l'expérience d'absorption de l'ammoniac qui a pour but de démontrer le fonctionnement des laveurs à gaz.

Après cela, les élèves seront invités à manipuler en laboratoire pour réaliser les expériences d'estérifications et nous aurons l'occasion de leur présenter une autre méthode de dépollution qui implique la modification chimique : l'hydrolyse des esters en milieu basique. Et finalement, les élèves termineront leurs manipulations en complétant un questionnaire qui vise à nous montrer leur compréhension globale sur l'ensemble de l'atelier.

De plus, nous vous encouragerons à regarder notre vidéo qui traite en moins de 5 minutes de la dépollution de l'air et qui reprend notre expérience d'absorption de l'ammoniac. La vidéo sera mise en ligne par Infosciences sur leur site concernant le printemps des sciences 2023.

Voici plus de détails concernant les expériences proposées :

Premièrement, l'absorption de l'ammoniac est une expérience qui illustre comment un gaz, ici l'ammoniac, peut être absorbé dans une solution liquide, ici de l'eau acidulée, grâce à un processus de solubilisation du gaz dans le liquide mais aussi grâce à une réaction acide-base impliquant l'ammoniac en tant que base et l'acide sulfurique en tant qu'acide. L'idée derrière cette expérience est donc que le gaz se retrouve piégé dans la solution liquide, ce qui permet d'éliminer ce dernier de la phase gazeuse et d'ainsi épurer l'air. Dans notre cas, nous aimerions démontrer la dépollution de l'ammoniac qui est un gaz polluant basique, via le changement de couleur d'un indicateur coloré acido-basique préalablement ajouté dans l'eau acidulée et via la disparition de l'odeur d'ammoniac une fois que ce dernier est passé dans la solution de lavage.

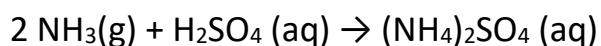
Deuxièmement, l'estérification est une réaction où un acide carboxylique réagit avec un alcool pour donner l'ester correspondant et de l'eau. Les esters ne sont pas à priori des molécules polluantes, cependant ce sont des molécules odorantes qui sont naturellement présentes dans certains fruits par exemple. Notre objectif avec cette expérience est de montrer qu'une manière de dépolluer l'air, c'est de procéder par modification chimique des molécules polluantes pour les transformer en d'autres molécules non polluantes. L'expérience illustre ce principe en modifiant chimiquement les esters (molécules odorantes) en milieu basique via l'hydrolyse de ces esters en les ions carboxylates et alcools correspondants, qui n'ont donc plus l'odeur caractéristique de l'ester.

Pour finir, vous trouverez dans l'annexe : les protocoles expérimentaux, le questionnaire qui sera donné aux élèves, ainsi que nos sources pour la préparation du projet.



Dépollution de l'ammoniac par absorption

Pour cette expérience, les élèves ne manipuleront pas, ils assisteront seulement à une démonstration. Il s'agit d'une réaction acide-base :



Matériels :

- 2 erlenmeyers à tubulure latérale de 150 ml et 300 ml
- 2 béchers de 150 ml et 300 ml
- 2 bouchons troués
- 3 tuyaux en plastique et assez fins
- Un support élévateur
- 2 pinces de fixation
- Une seringue

Réactifs :

- Solution aqueuse d'ammoniaque 3 M
- Eau
- Solution d'acide sulfurique 2 M
- Bleu de thymol 0,1% (p/v)



Figure 1 : Photographie du montage expérimental illustrant le principe de dépollution par absorption





Mode opératoire :

1. Préparation de la source de pollution

- Prélever 50 ml d'eau dans un bécher de 150 ml.
- Ajouter environ 10-20 ml de solution aqueuse d'ammoniaque 3M dans le bécher contenant l'eau.
- Mélanger doucement la solution en agitant le bécher pour obtenir une solution homogène.

2. Préparation de la solution de lavage

- Dans un autre bécher de 300 ml ajouter 200 ml d'eau.
- Ajouter 4 gouttes d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré à 2 M dans la solution d'eau.
- Ajouter quelques gouttes de solution aqueuse de bleu de thymol ($C_{27}H_{30}O_5S$) à 0,1% (p/v) dans la solution.
- Mélanger doucement la solution en agitant le bécher pour obtenir une solution homogène.

3. Montage expérimental

- Verser la solution aqueuse d'ammoniaque préparée à l'étape 1 dans un erlenmeyer à tubulure latérale de 150 ml.
- Verser la solution aqueuse acide préparée à l'étape 2 dans un erlenmeyer à tubulure latérale de 300 ml.
- Réaliser le montage présenté sur la figure 1.

4. Dépollution de l'air

- A l'aide d'une seringue injecter lentement de l'air dans le système afin que l'air pollué passe dans la solution de lavage.
- Vérifier que l'odeur d'ammoniac a bien disparu.
- Automatiser le processus d'absorption en faisant un appel d'air (le vide) dans l'erlenmeyer contenant la solution de lavage.
- Observer l'évolution de la couleur pour la solution de lavage. Ceci est dû à l'augmentation du pH dans la solution de lavage et à l'indicateur coloré acido-basique, le bleu de thymol dont la zone de virage est de 8,0 (jaune) à 9,6 (bleu) sur l'échelle de pH.





Synthèse et dépollution de molécules odorantes

Partie A : Réaction d'estérification

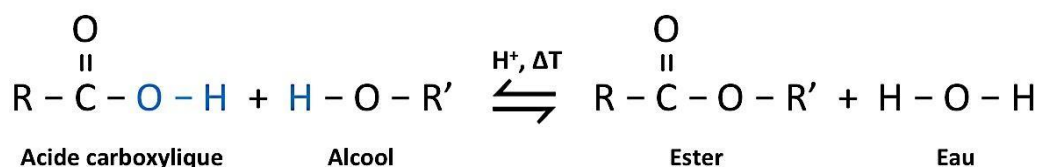


Figure 2 : Réaction d'estérification

La réaction entre un acide carboxylique et un alcool en milieu acide à haute température mène à la formation d'un ester (qui peut être odorant) et d'eau.

Mode opératoire :

⚠ Manipulez sous la hotte avec des gants !

Les élèves sont séparés en deux groupes, chacun synthétisera deux molécules odorantes. Le premier groupe fera les tubes 1 et 2 et le deuxième groupe les tubes 3 et 4.

1. Synthèse des molécules odorantes

- Prendre des tubes à essai propres et secs.
- Ajouter un certain nombre de gouttes d'un alcool et d'un acide dans les tubes à essai comme décrit ci-dessous :
 - tube à essai n°1 :
10 gouttes d'acide acétique + 20 gouttes d'alcool isoamylique
 - tube à essai n°2 :
10 gouttes d'acide acétique + 20 gouttes de 2-phényléthanol
 - tube à essai n°3 :
10 gouttes d'acide butanoïque + 8 gouttes d'éthanol
 - tube à essai n°4 :
10 gouttes d'acide acétique + 20 gouttes d'éthanol





- Donner les tubes à essai aux encadrants de l'expérience, ceux-ci ajouteront 1 à 2 gouttes d'acide sulfurique dans chaque tube à essai. Les tubes à essai seront ensuite placés dans un bain-marie chaud (environ 60°C) pendant 2 à 3 minutes.

2. Observation des résultats

- À l'aide d'une baguette en verre propre, prélever un petit échantillon de chaque solution et le déposer sur des morceaux de papier filtre.
- Laisser sécher les morceaux de papier filtre à l'air libre.
- Identifier l'odeur de l'ester formé.

Parmi les produits formés se trouvent :

Odeur caractéristique	Ester correspondant
« Banane »	Acétate d'isoamyle
« Ananas »	Butanoate d'éthyle
« Dissolvant »	Acétate d'éthyle
« Rose »	Acétate de 2-phényléthyle

Matériels :

- Des tubes à essai
- Un bain-marie
- Une baguette en verre
- Du papier filtre

Réactifs :

- De l'acide acétique (ou éthanoïque) 17,5 M
- De l'acide butanoïque 10,8 M
- De l'alcool isoamylique 9,0 M
- Du 2-phényléthanol 8,3 M
- De l'éthanol 16,8 M
- De l'acide sulfurique 17,8 M





Partie B : Méthode de dépollution

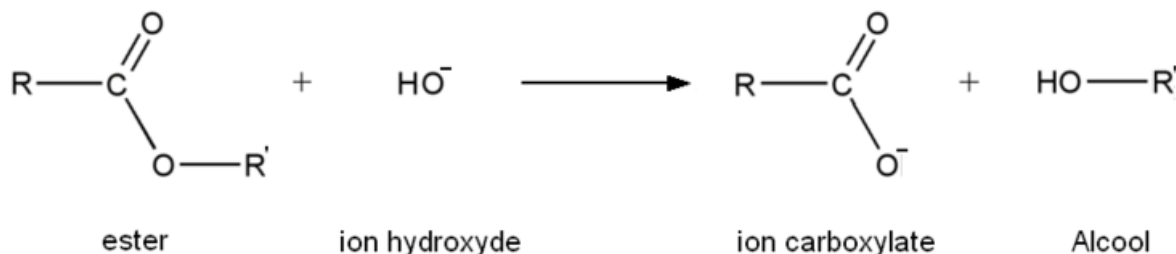


Figure 3 : Réaction d'hydrolyse d'un ester en milieu basique

Pour cette expérience, les élèves ne manipuleront pas, ils assisteront seulement à une démonstration.

Mode opératoire :

⚠ Manipulez sous la hotte avec des gants !

- Prendre le tube à essai contenant l'odeur à dépolluer.
- Ajouter quelques gouttes de la solution contenue dans celui-ci dans un autre tube à essai vide.
- Ajouter quelques gouttes de NaOH 2M dans le nouveau tube à essai.
- Attendre 1 à 2 minutes que la réaction se fasse
- À l'aide d'une baguette en verre, prélever un peu du mélange et le déposer sur un papier filtre.
- Attendre que le papier filtre sèche, puis sentir l'odeur du papier filtre pour déterminer si l'odeur a été neutralisée.

Matériels :

- Un tube à essai contenant une des molécules odorantes
- Un tube à essai vide
- Des pipettes pasteurs en plastique
- Une baguette en verre
- Du papier filtre

Réactifs :

- Une solution aqueuse basique (NaOH 2M)





Nom(s) : Date :

Questionnaire : Synthèse et dépollution de molécules odorantes

A. Réactions d'estérification

L'ester formé dans le tube à essai 1 est :

Son odeur est semblable à :

L'ester formé dans le tube à essai 2 est :

Son odeur est semblable à :

L'ester formé dans le tube à essai 3 est :

Son odeur est semblable à :

L'ester formé dans le tube à essai 4 est :

Son odeur est semblable à :

A quoi sert l'acide sulfurique concentré au cours de l'expérimentation ?

.....
.....

A quoi sert le bain-marie utilisé par les encadrants ?

.....
.....





B. Méthode de dépollution

Par quelle réaction chimique les esters de la partie A ont-ils été éliminés ?

Quelles sont les deux méthodes de dépollution de l'air qui ont été illustrées par les encadrants ?

.....
.....
.....

Citer 3 exemples de polluants de l'air et donner au moins une origine et une conséquence pour chacun d'eux :

.....
.....
.....

.....
.....
.....

.....
.....
.....



Bibliographie :

Absorption—Fiche—INRS. (s. d.). Consulté 4 mars 2023, à l'adresse

<https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%204262>

Gold, V. (Éd.). (2019). *The IUPAC Compendium of Chemical Terminology : The Gold Book* (4^e éd.).

International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). <https://goldbook.iupac.org/>

Lavage des gaz. (s. d.). Consulté 4 mars 2023, à l'adresse

http://processs.free.fr/Pages/VersionWeb.php?page=2480#Principe_de_labsorp

Pollution de l'air : Origines, situation et impacts. (s. d.). Ministères Écologie Énergie Territoires. Consulté

4 mars 2023, à l'adresse <https://www.ecologie.gouv.fr/pollution-lair-origines-situation-et-impacts>

Qualité de l'air ambiant et santé. (s. d.). Consulté 4 mars 2023, à l'adresse [https://www.who.int/fr/news-](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

[room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Sun, L.-M., & Meunier, F. (2003). Adsorption—Aspects théoriques. *Opérations unitaires. Génie de la*

réaction chimique. <https://doi.org/10.51257/a-v1-j2730>

Odeurs fruitées et parfums synthétiques—Scienceamusante.net. (s. d.). Consulté 4 mars 2023, à l'adresse

http://wiki.scienceamusante.net/index.php/Odeurs_fruit%C3%A9es_et_parfums_synth%C3%A9tiques

[s](http://wiki.scienceamusante.net/index.php/Odeurs_fruit%C3%A9es_et_parfums_synth%C3%A9tiques)

Reilly, M. K., King, R. P., Wagner, A. J., & King, S. M. (2014). Microwave-Assisted Esterification : A

Discovery-Based Microscale Laboratory Experiment. *Journal of Chemical Education*, 91(10),

1706-1709. <https://doi.org/10.1021/ed400721p>