

Détermination de la composition de tablette pour lave-vaisselle



Etudiants :

Marie CATTEAU

Maud GOSSE

Aline STOLLER

Yanis MOBAREK

Rim BENHADDOU

Audrey RONCORONI

Enseignant-responsable du projet :

Isabelle DELAROCHE

Date de remise du rapport : **11/06/2022**

Référence du projet : **STPI/P6/2022 – 026**

Intitulé du projet : **Détermination de la composition de tablette pour lave-vaisselle**

Type de projet : **Expérimental**

Objectifs du projet :

- Identifier un maximum des constituants d'une tablette de lave-vaisselle ;**
- Effectuer des recherches sur ces composants dont nous pourrions être amenés à utiliser et analyser leur dangerosité ;**
- Doser certains de ces constituants ;**
- Améliorer les compétences expérimentales et analytiques ;**
- Apprendre à travailler en groupe.**

Mots-clefs du projet : **Dosage, Exploitation, Calcul, Laboratoire, Chimie**

TABLE DES MATIERES

Introduction	5
I- Méthodologie / Organisation du travail	6
II- Recherches préliminaires	8
III- Expériences	11
1. Dosage du peroxyde d'hydrogène	11
2. Dosage du sodium et du potassium.....	13
3. Dosage des ions carbonates.....	16
4. Dosage des séquestrants	17
5. Dosage de l'eau.....	179
Conclusion	20
Bibliographie	23
Annexes	26
I- Fiche complète des composants	26
II - Annexes des expériences	45

INTRODUCTION

En France, plus de trois hébergements sur cinq possèdent un lave-vaisselle. Utilisée aujourd'hui dans la vie quotidienne, la pastille de lave-vaisselle fait partie intégrante de la consommation française. Le lave-vaisselle permet de réduire considérablement la quantité d'eau utilisée lors d'un lavage. La pastille de lave-vaisselle consiste en un petit cube d'une douzaine de grammes environ. Elle contient des agents nettoyants et des composants chimiques nécessaires pour un bon lavage de la vaisselle. Les tablettes de lave-vaisselle se vendent, en France, généralement par lot pouvant varier de 30 à 100 pastilles environ. Le prix moyen d'une pastille s'élève à 15 centimes approximativement.

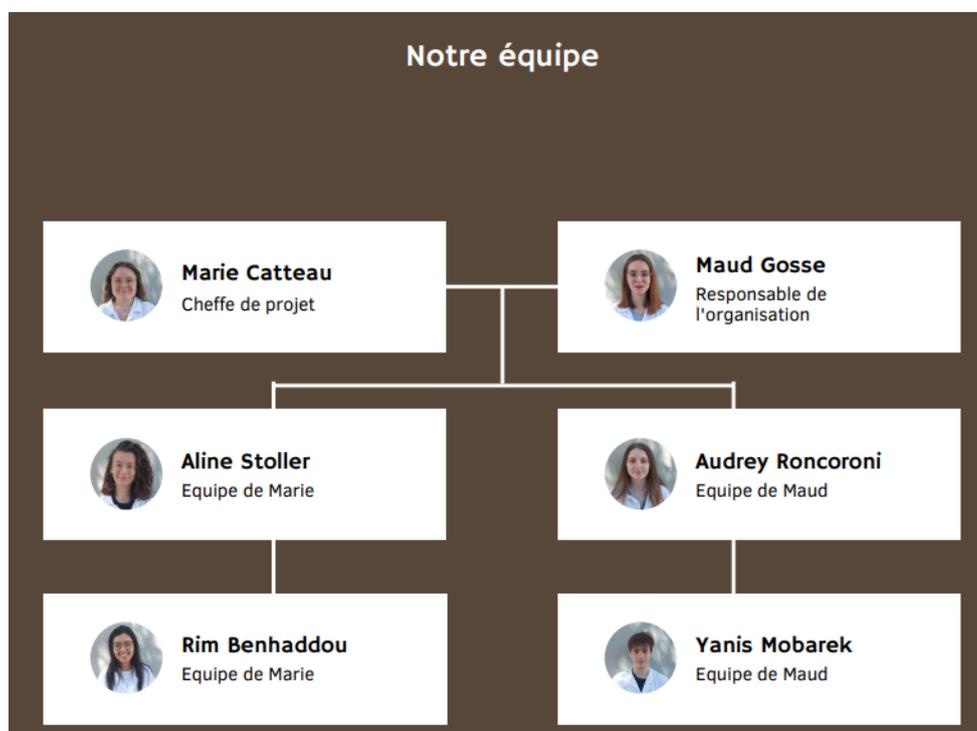
Cependant, si nous regardons de plus près la composition d'une tablette de lave-vaisselle, nous remarquons qu'elle ne contient pas moins d'une trentaine de composants différents. Ces derniers sont divers et ont des rôles différents permettant avant tout un bon nettoyage de la vaisselle. En analysant une boîte de pastilles, nous y retrouvons des agents, des adjuvants, des précurseurs, des polymères, des sels minéraux, des ferments, des parfums, des agglomérats, des colorants ou encore des stabilisateurs. Tous ces composants sont pour la plupart inconnus par la majorité des utilisateurs de la tablette de lave-vaisselle et c'est pour cela que nous avons choisi de réaliser ce projet. Ainsi, la pastille nous charme par son efficacité et sa facilité d'utilisation, mais savons-nous vraiment ce qu'elle contient et comment elle agit sur la vaisselle ?

L'objectif de ce projet est d'identifier et de doser un maximum de constituants d'une tablette de lave-vaisselle. Le but de ce projet est de nous permettre d'améliorer nos compétences expérimentales et analytiques dans le domaine de la chimie puisque nous serons amenés, par la suite, à réaliser des protocoles et comptes-rendus pour chacune des expériences. Durant toute la durée du semestre, nous apprendrons à utiliser diverses machines présentes dans les laboratoires de chimie. Nous étudierons également les différentes activités d'un étudiant chimiste. De plus, étant tous les six passionnés par la chimie et voulant, pour la plupart, intégrer le département Chimie Fine et Ingénierie, ce projet est un tremplin pour la suite de nos études.

I- METHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

A. Répartition du travail

La répartition du travail s'est faite relativement facilement. Nous avons tout d'abord choisi les responsables ; Marie en tant que chef de projet et Maud en tant que responsable de l'organisation. En fonction des spécialités et disponibilités de chacun, nous avons formé deux groupes de trois étudiants. Cela nous permettait de nous retrouver lors des créneaux libres afin, par exemple, de réaliser les expériences. Les groupes étaient composés, pour le premier, de Marie, Aline et Rim, et pour le second de Maud, Audrey et Yanis. Le vendredi après-midi, lors des réunions de projet, nous mettions toutes nos recherches de la semaine en commun pour s'informer sur les avancées de chacun et se fixer de nouveaux objectifs. Nous pouvons résumer cela dans l'organigramme ci-dessous :



Organigramme du groupe

Les expériences que nous avons choisies de réaliser ont été réparties en fonction des groupes. Marie, Aline et Rim ont effectué les dosages du sodium, du potassium, de l'eau et des séquestrants tandis que Yanis, Audrey et Maud ont dosé le peroxyde d'hydrogène et les ions carbonates. En tant que chef de projet, Marie s'est chargée de relire et valider chaque document avant de le transmettre à Madame Delaroche.

Au sein même des groupes, il y avait une certaine organisation. Dans le premier groupe, Yanis et Audrey s'occupaient des protocoles alors que Maud s'occupait plutôt de la réalisation des calculs. Dans le second groupe, Marie s'est occupée d'écrire le protocole du dosage des séquestrants tandis que Rim et Aline ont réalisé celui du dosage du sodium. Par la suite, Marie et Aline se sont également chargée du dosage de l'eau.

Chaque demi-groupe se réunissait pour réaliser les manipulations.

B. Organisation

L'organisation de travail s'est faite grâce à plusieurs outils que Madame Isabelle Delaroche, professeure référente, nous a présentés en début de projet.

Le premier outil utilisé est le *diagramme de Gantt*. Il s'agit d'un graphe représentant l'avancée du travail de façon organisée dans le temps et par personne. Il est mis à jour toutes les semaines par Maud pour que tout le groupe puisse se rendre compte des progrès dans le projet et du travail restant. Cela nous permet d'organiser le travail à faire, le travail en cours et le travail fini.

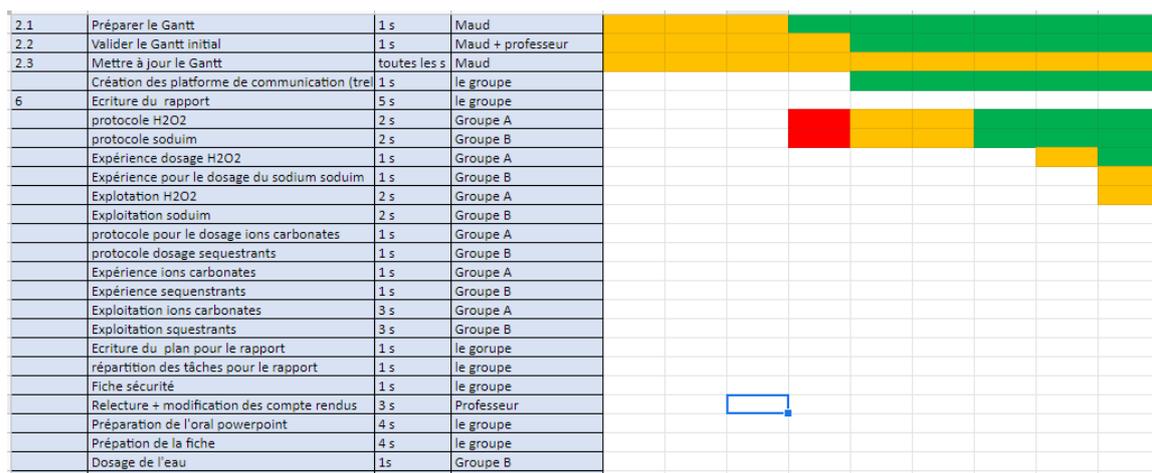


Image du diagramme de Gantt complété

Le second outil est l'application *Trello* qui sert à regrouper toutes les recherches, les expériences avec leur protocole et leur compte-rendu ainsi que le rapport en un seul dossier et à les partager entre nous et avec Madame Delaroche. Le rapport est alors complété au fur et à mesure. Cette application nous a aussi permis de demander la vérification des protocoles avant les manipulations et la qualité des comptes-rendus à la cheffe de groupe et à Madame Delaroche.

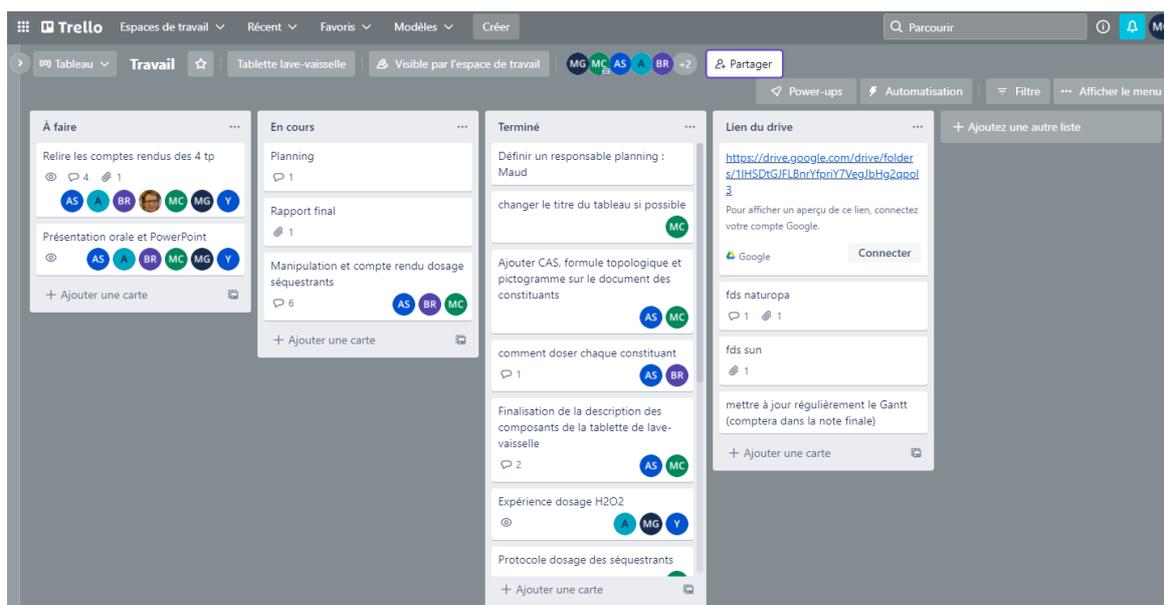


Image de l'application Trello complétée

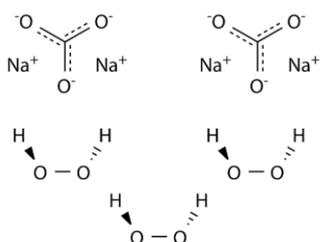
II- RECHERCHES PRÉLIMINAIRES

Il existe plusieurs marques de tablettes de lave-vaisselle avec différentes compositions. Nous avons donc choisi de nous concentrer sur une seule gamme, la *SUN tout en 1 Citron*® pour laquelle nous avons recherché la composition que nous avons trouvée sur leur site internet. La liste des composants est assez longue. Nous allons donc, dans cette partie, présenter uniquement les composants intéressants pour la poursuite de notre étude. Nous étudierons notamment les formules brutes, le CAS (*Chemical Abstracts Service*), ou encore les propriétés physico-chimiques. Ces recherches ainsi que celles présentes en annexe nous permettront d'élaborer chacun de nos protocoles pour la suite de notre projet.

Les autres composants seront présentés dans l'annexe [I].

1. Composants du dosage du peroxyde d'hydrogène

- Dans ce dosage, le composant de la tablette que nous allons faire réagir est le percarbonate de sodium (CAS : 15630-89-4) de formule brute, $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}_2$.



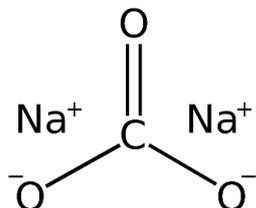
Le percarbonate de sodium est une poudre cristalline blanche. Son pH est situé entre 10,4 et 10,7 et il a une température de décomposition de 50°C et sa solubilité dans l'eau est de 150 g/L.

Le percarbonate de sodium est un agent oxydant, il élimine les tâches.

2. Composants du dosage du sodium

Le sodium est principalement présent dans la tablette sous forme de carbonate de sodium, de silicate de sodium et de percarbonate de sodium :

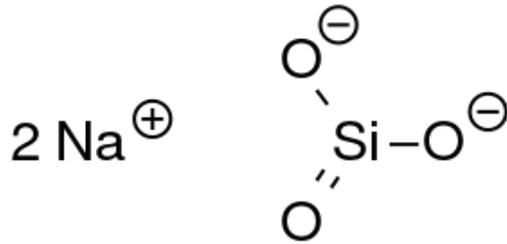
- Le carbonate de sodium (CAS : 497-19-8) a pour formule brute Na_2CO_3 .



Le carbonate de sodium est un solide de point de fusion 851°C et de masse moléculaire 106. Son pH est de 11,3 en solution aqueuse saturée, sa densité est de 2,532 g/mL à 20°C et sa solubilité dans l'eau est de 220 g/L à 20°C. Sa formule brute est Na_2CO_3 .

Il maintient le bon équilibre acidité/alcalinité, c'est un agent tampon.

- Le percarbonate de sodium a été présenté dans le II-1. Il est de nouveau dosé ici.
- Le silicate de sodium (CAS : 1344-09-8) a pour formule brute Na_2SiO_3 .



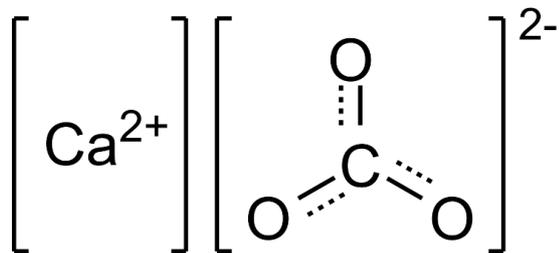
Le silicate de sodium est un solide poudreux. Il peut aussi se présenter sous la forme de cristaux incolore à grisâtre.

C'est un agent tampon.

3. Dosage des ions carbonates

Les ions carbonates, que nous voulons doser, peuvent être présents sous forme de carbonate de calcium, de carbonate de sodium, de percarbonate de sodium et de bicarbonate de sodium.

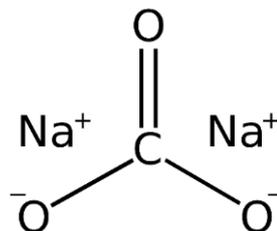
- Le carbonate de calcium (CAS : 471-34-1) a pour formule brute CCaO_3 .



Le carbonate de calcium est un solide pouvant être poudreux ou sous forme de cristaux blanc de formule brute CCaO_3 . Sa masse moléculaire est de 100,09, sa densité est de 2,83 g/mL à 20°C et sa solubilité dans l'eau est inférieure à 0,0153 g/L à 20°C.

C'est un agent gonflant.

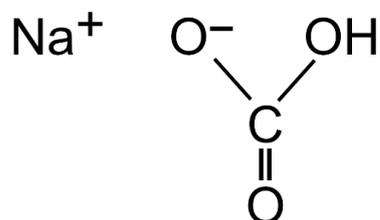
- Le carbonate de sodium (CAS : 497-19-8) a pour formule brute Na_2CO_3 .



Le carbonate de sodium est un solide de point de fusion 851°C et de masse moléculaire 106. Son pH est de 11,3 en solution aqueuse saturée, sa densité est de 2,532 g/mL à 20°C et sa solubilité dans l'eau est de 220 g/L à 20°C.

Il maintient le bon équilibre acidité/alcalinité, c'est un agent tampon.

- Le percarbonate de sodium a été présenté dans le II-1. Il est de nouveau dosé ici.
- Le bicarbonate de sodium (CAS : 144-55-8) a pour formule brute CHNaO_3 .



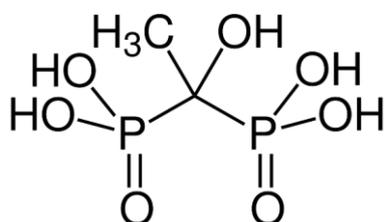
Le bicarbonate de sodium est un solide poudreux blanc. Sa masse moléculaire est de 84,01 et sa densité est de 2,159 g/L à 20°C. Sa solubilité dans l'eau est de 100 g/L à 20°C.

C'est un agent tampon.

4. Dosage des séquestrants

- Le seul séquestrant qui semble être présent est le tétrasodium etidronate (CAS : 2809-21-4) de formule brute $\text{C}_2\text{H}_8\text{O}_7\text{P}_2$

Sa masse molaire est de 206,082 g/mol. C'est un bisphosphonate.



Il aide à éviter que l'eau ait des effets néfastes sur les performances, la stabilité ou l'apparence du produit.

- Il est à noter que des séquestrants peuvent se cacher dans d'autres composants.

5. Dosage de l'eau

- L'eau (CAS : 7732-18-5) de formule brute (H_2O) a une masse molaire de 18 g/mol, 0°C pour température de fusion et 100°C pour température de vaporisation. C'est un agent gonfleur.



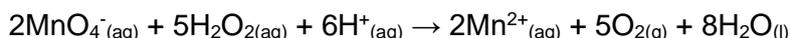
III- EXPERIENCES

1. Dosage du peroxyde d'hydrogène

a) Principe

A travers cette expérience, nous allons chercher à titrer le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) présent dans la pastille de lave-vaisselle.

Nous allons utiliser les propriétés réductrices de cette molécule pour la doser avec un oxydant puissant : le permanganate de potassium. Ainsi, nous effectuerons un titrage avec suivi colorimétrique du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) par solution aqueuse de permanganate de potassium en considérant l'équation de réaction suivante :



Cependant, ce suivi ne nous amenant à aucune conclusion, nous réaliserons un suivi potentiométrique du titrage.

Nous avons calculé la constante d'équilibre (voir dans l'*annexe [II.2.A]*), obtenu $K = 10^{137}$ et conclu que la réaction était totale et dans le sens direct.

Le tirage redox ou par oxydoréduction est un titrage fondé sur des réactions redox qui sont des réactions chimiques au cours desquelles se produisent un transfert d'électrons.

Le tirage par colorimétrie signifie que nous allons observer un changement de couleur de la solution.

Quant au titrage potentiométrique, il signifie que nous allons observer un changement de potentiel important lorsque nous aurons atteint le volume équivalent.

b) Elaboration du protocole

Ici nous cherchons à doser le peroxyde d'hydrogène. Nous nous sommes donc posés quelques questions : Avec quelle méthode faire cela ? Les produits que nous allons utiliser sont-ils dangereux ? A quels résultats devons-nous nous attendre ?

Concernant la première question, nous avons pensé qu'un titrage pouvait être la solution. Doser le peroxyde d'hydrogène est facile et pourrait être réalisé à la fois par colorimétrie et par potentiométrie.

Nous devons ensuite nous assurer que cela était possible et pour cela, nous avons trouvé la réaction visible au paragraphe précédent. Le dosage se réalise donc avec du permanganate de potassium. Nous avons donc vérifié la dangerosité des molécules utilisées. Pour cette partie, les fiches de sécurité de chaque molécule nous ont été très utiles. Cela nous a permis de voir comment nous équiper pour réaliser la manipulation et les produits dont nous devons faire attention.

Finalement, il ne nous restait plus qu'à réaliser les calculs nécessaires afin de trouver la masse à prélever pour obtenir un volume équivalent en 10 et 20mL a été rendu possible grâce à un simple calcul incluant la quantité de matière de peroxyde d'hydrogène et la concentration de permanganate de potassium.

Le protocole n'avait alors plus qu'à être rédigé. Il est à retrouver dans l'*annexe [II.2.A]*. Les fiches de sécurité des composants sont à retrouver dans l'*annexe [II.1.A]*.

c) Exploitation

Nous avons commencé par réaliser un dosage par colorimétrie. Lors de l'expérience, nous avons pu observer qu'à un certain moment, la couleur rose du permanganate de potassium met plus de temps à se décolorer, ce qui nous laisse penser qu'il y a une deuxième réaction.

Cette deuxième réaction nous a posé un problème puisque nous ne pouvons pas déterminer l'équivalence par colorimétrie. Pour cette raison, nous avons décidé d'analyser le potentiel au cours de la manipulation afin de vérifier qu'il existe bien deux réactions. Nous avons ainsi obtenu une courbe (voir dans l'annexe [II.4.A] première courbe) de dosage avec deux sauts de potentiel, confirmant l'hypothèse. Il nous faut donc déterminer quelle réaction correspond à celle du peroxyde d'hydrogène. Nous faisons cela comparant la courbe de nos réactions avec celle simulée à l'aide de la formule de Nernst. Cette comparaison nous donnera le volume équivalent permettant de doser le peroxyde d'hydrogène. Après avoir effectué les calculs à l'aide de la formule de Nernst et des courbes correspondantes aux différents volumes équivalent (voir dans l'annexe [II.2.A] deuxième courbe), nous en concluons que le premier saut est celui correspondant au peroxyde d'hydrogène.

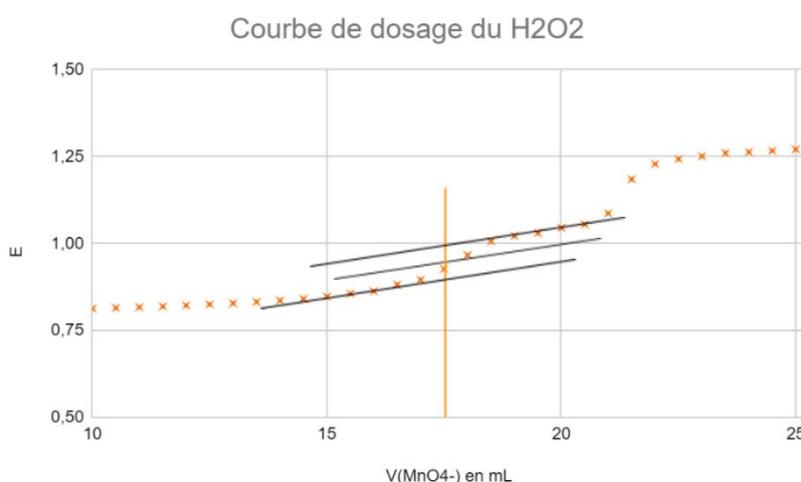
L'ordre de grandeur de la manipulation est bon, c'est à dire proche de nos valeurs théoriques. En effet, le potentiel est proche de 0,8 V. Nous constatons cependant que les valeurs théoriques sont inférieures aux valeurs expérimentales. Ceci peut être expliqué par les incertitudes du dosage et du potentiel de la deuxième molécule oxydée mais aussi par le volume d'eau ajouté qui joue sur les concentrations et donc sur le potentiel.

Néanmoins, nous voyons que les points correspondant à la première équivalence sont plus proches des résultats. Nous pouvons ainsi en conclure que la première équivalence correspond à l'oxydation du peroxyde d'hydrogène. Nous ne savons cependant pas quelle espèce s'oxyde ensuite.

La valeur du potentiel du peroxyde d'hydrogène au volume équivalent est donc égale à 0.95V.

Nous allons définir précisément le premier volume équivalent par la méthode des tangentes ci-dessous.

On notera qu'ici, nous traçons la courbe du potentiel en fonction du volume de permanganate de potassium et pas la courbe de la différence de potentiel.



Nous obtenons une valeur de $V_{eq}=17.6$ mL.

Or, $n(H_2O_2) = (5 * C-MnO_4^- * V_{eq})/2$ avec $C(MnO_4^-) = 0,0200$ mol/L

Donc $n(H_2O_2) = 8,8 * 10^{-4}$ mol.

Or $m_{\text{tablette}} = 0,5044 \text{ g}$ et $M(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,0147 \text{ g/mol}$

Ainsi, $m(\text{H}_2\text{O}_2) = n(\text{H}_2\text{O}_2) * M(\text{H}_2\text{O}_2) = 0,030 \text{ g}$

Donc, nous avons une teneur de $\frac{0,03}{0,5044} * 100 = 6\%$ de peroxyde d'hydrogène dans la tablette de lave-vaisselle.

La fiche de sécurité nous indiquait une teneur en percarbonate de sodium comprise entre 10 et 25%.

Nous avons $m(\text{percarbonate}) = n(\text{percarbonate}) * M(\text{percarbonate})$

Avec $n(\text{Na}_2\text{CO}_3 + 1.5 \text{ H}_2\text{O}_2) = 1,5 * n(\text{H}_2\text{O}_2)$

D'où $m(\text{Na}_2\text{CO}_3 + 1.5 \text{ H}_2\text{O}_2) = 1.5 n(\text{H}_2\text{O}_2) * M(\text{Na}_2\text{CO}_3 + 1.5 \text{ H}_2\text{O}_2)$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3 + 1.5 \text{ H}_2\text{O}_2) = 1.5 * 8.8 * 10^{-4} \cdot 157.01 = 0.21 \text{ g}$$

Ce résultat correspond donc au résultat attendu. La masse devait être comprise entre 0.1g et 0.25 g.

Nous pouvons ainsi conclure que l'expérience nous a apporté la confirmation sur la teneur en peroxyde d'hydrogène et donc de percarbonate de sodium, présente dans la fiche de sécurité.

Les calculs d'incertitudes ainsi que la fin d'interprétation sont à retrouver dans l'annexe des expériences (voir dans l'annexe [II.3.A] [II.4.A]).

2. Dosage du sodium et du potassium

L'objectif de la manipulation consiste à déterminer les teneurs de sodium et potassium présentes dans une tablette de lave-vaisselle grâce à un photomètre de flamme.

a) Principe

Le photomètre de flamme est un instrument permettant de doser les éléments alcalins et alcalino-terreux ; principalement le potassium et le sodium.

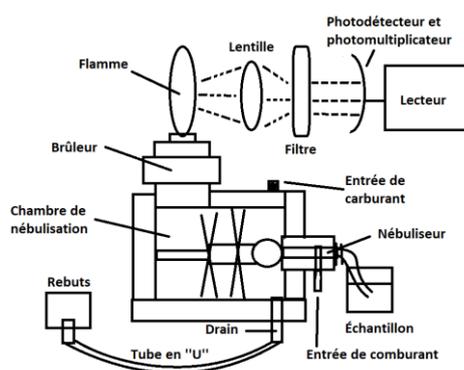


Schéma du photomètre de flamme

L'échantillon est d'abord nébulisé en un aérosol constitué de fines gouttelettes. La flamme entraîne ensuite la vaporisation du solvant, ici l'eau. Durant l'atomisation des alcalins, nous observons une excitation de celui-ci. La flamme induit également une agitation thermique qui vaporise, atomise et excite les atomes des éléments alcalins. Par la suite, celles-ci reviennent à leur niveau initial en libérant un photon, de longueur caractéristique de chaque élément alcalin. Puis, l'intensité lumineuse est mesurée par le détecteur.

Le photomètre de flamme repose essentiellement sur le fait que l'intensité de l'émission est proportionnelle à la concentration en alcalino-terreux retournés à l'état initial.

Enfin, afin de pouvoir interpréter cette intensité avec la concentration de l'élément dans l'échantillon, il faut étalonner l'appareil avec des solutions étalons préparées à l'avance.

b) Elaboration du protocole

Tout d'abord, avant de commencer les manipulations pour doser le sodium dans la tablette de lave-vaisselle, nous avons cherché à avoir une idée générale concernant les quantités attendues expérimentalement de sodium. Nous avons fait cela grâce aux informations fournies par le fabricant de tablettes.

Afin d'avoir une idée de la teneur attendue en sodium, nous avons consulté la fiche de sécurité de la pastille qui précise uniquement les molécules présentant un danger. Nous aurons donc une teneur minimum attendue (Voir en [II.2.B]). Nous allons donc trouver une valeur minimum, mais les résultats expérimentaux seront sûrement supérieurs aux valeurs que nous aurons trouvé durant les recherches préliminaires.

Nous avons donc traité, cas par cas, les différentes molécules de sodium présentant un danger dans le but de pouvoir déterminer, à la fin, un pourcentage massique total de sodium dans une tablette. Ensuite, nous avons cherché le volume nécessaire pour dissoudre 1g de pastille de lave-vaisselle, car il est plus simple de dissoudre une petite masse que son entiereté. Néanmoins après avoir effectué les calculs, nous avons remarqué qu'une seule dissolution n'est pas suffisante, la solution étant encore trop concentrée. Nous avons donc besoin de dissoudre deux fois la solution afin d'avoir une concentration de l'ordre de $2 \cdot 10^{-6}$ mol/L. (Voir en [II.2.B])

Le protocole est à retrouver dans l'annexe [II.2.B]).

c) Exploitation

Pour exploiter les résultats, nous devons tout d'abord construire les courbes d'étalonnage. Nous avons dû réétalonner l'appareil au cours de la manipulation pour confirmer les valeurs obtenues pour les deux premiers échantillons, incohérentes entre elles. Ainsi, nous avons décidé de prendre quelques mesures supplémentaires pour avoir une meilleure précision. Nous obtenons différents résultats pour chacun des deux étalonnages que nous regroupons dans le tableau suivant. Ces résultats permettent ensuite de construire deux courbes d'étalonnage. Ces courbes seront utiles pour l'exploitation de nos résultats.

Concentration (mol/L)	$3 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-4}$
Signal (Echantillons 1 et 2)	30	27	21	16	12	8
Signal (Echantillons 3 et 4)	30	26	21	15	10	7

Etalonnage du photomètre de flamme

Nous pouvons ainsi en déduire les résultats suivants (Voir en annexe [II.4.B]) : (S1 correspond ici aux solutions les plus concentrées des échantillons et S2 aux solutions les plus diluées.)

	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4
m pesée (g)	1.00145	1.0000	1.0001	0.9991
Signal sur S2	59	40	50	62
Etalonnage	$y = 91429x + 3$ ($r^2=0,9938$)		$y = 96571x + 1.2667$ ($r^2=0,9931$)	
C_{S_2} (mol/L)	$6,12 \cdot 10^{-4}$	$4,05 \cdot 10^{-4}$	$5,05 \cdot 10^{-4}$	$6,29 \cdot 10^{-4}$
n_{S_1} (mol)	$12,24 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$10,1 \cdot 10^{-3}$	$12,58 \cdot 10^{-3}$
Teneur ($g_{Na}/g_{tablette}$)	0,28	0,186	0,23	0,29

Tableau récapitulatif des résultats des différents calculs (dosage du sodium)

Nous avons donc une valeur moyenne de $0,25 \pm 0,05 g_{Na}/g_{tablette}$, ce qui appartient bien à son intervalle de confiance à 95 % (Voir en *annexe [II.4.B]*).

Pour rappel, la teneur que nous attendions grâce au travail préliminaire était comprise entre 0,09 et 0,25 $g_{Na}/g_{tablette}$. Néanmoins il ne faut pas négliger le fait que nous n'avons pas pris en compte tous les composants dans la tablette mais juste ceux pour lesquels nous avons les informations. La teneur expérimentale est un peu plus haute que la teneur théorique ce qui est cohérent avec les recherches effectuées.

De la même façon pour le dosage du potassium, nous trouvons :

	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4
Teneur ($g_K/g_{tablette}$)	$1,46 \cdot 10^{-4}$	$1,57 \cdot 10^{-4}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$

Teneur en potassium des différents échantillons

En conclusion, nous avons une teneur moyenne de potassium de $1,35 \cdot 10^{-4} \pm 0,25 \cdot 10^{-4} g_K/g_{tablette}$ ce qui appartient bien à son intervalle de confiance à 95 % .

Il faut tout de même prendre en compte que ces valeurs sont expérimentales. En effet, au départ nous n'avions pas de renseignements sur la présence de potassium dans la tablette. Nous observons cependant qu'il y a du potassium, même s'il est dans de très faibles proportions.

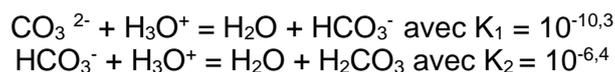
Les calculs d'incertitudes ainsi que la fin d'interprétation sont à retrouver dans *les annexes [II.3.B] et [II.4.B]*.

3. Dosage des ions carbonates

a) Principe

Nous cherchons ici à doser les ions carbonates (CO_3^{2-}) présents dans la tablette de lave-vaisselle. Ils sont apportés par le carbonate de calcium (CaCO_3), le sodium carbonate (Na_2CO_3), le sodium carbonate peroxyde ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$).

Nous pouvons effectuer un dosage acido-basique avec un suivi pH-métrique et conductimétrique des ions carbonates (CO_3) par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (HCl) en considérant les équations de réaction suivantes :



Par cette expérience, nous voulons trouver le volume équivalent qui nous permettra de doser les ions carbonates.

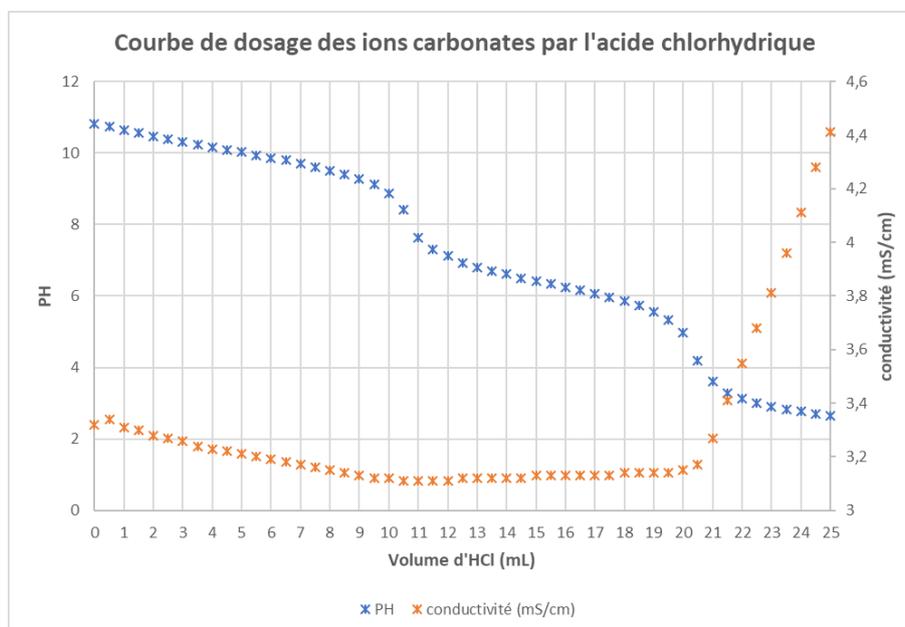
b) Elaboration du protocole

Grâce à nos recherches préliminaires, nous avons pu estimer le nombre de mol d'ions carbonates attendu puis la masse de tablette de lave-vaisselle nécessaire. (Voir en *annexe [II.2.C]*)

Après avoir effectué les vérifications nécessaires, comme la fiche de sécurité ou les calculs nécessaires, il suffisait d'écrire le protocole. Cela était plutôt rapide puisque nous avons déjà réalisé de nombreux titrages. (Voir en *annexe [II.2.C]*)

Le protocole est à retrouver dans l'*annexe [II.2.C]*.

c) Exploitation



Lors du dosage acido-basique, nous avons pu observer deux sauts de la valeur de pH, le premier est à environ 10 mL d'acide chlorhydrique versés puis le second est à environ 20 mL. Quant à la conductimétrie, nous observons en premier lieu une légère baisse jusqu'au premier saut puis elle se stabilise à peu près jusqu'au deuxième saut. Finalement, nous observons une grande augmentation à la fin.

Ces deux suivis sont cohérents puisque le dernier saut correspond à la hausse de la conductivité.

Nous utilisons la méthode des tangentes pour déterminer les volumes équivalents trouvés grâce au suivi pH-métrique.

Nous utiliserons aussi la courbe de la conductivité en utilisant les changements de pente pour déterminer l'équivalence.

Nous avons donc trouvé une teneur en ions carbonate de 63% en utilisant l'équivalence (Voir en *annexe [II.4.C]*), soit entre 56% et 70% avec les incertitudes (Voir en *annexe [II.3.C]*)

Nous avons estimé cette teneur entre 40% et 60% dans le protocole donc la valeur expérimentale est cohérente.

Cette manipulation a été un franc succès puisque les résultats que nous attendions correspondent aux résultats trouvés. La réalisation du protocole s'est déroulée comme prévu. Ce titrage nous a permis de nous rendre compte que les ions carbonates étaient un constituant essentiel de la tablette de lave-vaisselle puisqu'ils constituent plus de 50% de celle-ci.

Les calculs d'incertitudes ainsi que la fin d'interprétation sont à retrouver dans *les annexes [II.3.C] et [II.4.C]*.

4. Dosage des séquestrants

a) Principe

L'objectif de cette manipulation est de doser colorimétriquement les séquestrants présents dans la tablette de lave-vaisselle par les ions Mg^{2+} .

Pour cette expérience, nous souhaitons ajouter des ions Mg^{2+} afin de vérifier leur caractère séquestrable en utilisant un indicateur coloré. Cet indicateur coloré détectera lorsque les ions Mg^{2+} ne sont plus séquestrés.

b) Elaboration du protocole

Cette manipulation est qualitative car nous ne connaissons ni les séquestrants présents ni leurs concentrations. Le but est simplement de vérifier l'efficacité et la présence des séquestrants.

La tablette de lave-vaisselle contient des séquestrants que nous dosons par une solution d'ions Mg^{2+} en présence de NET (Noir Ériochrome T). (Voir en *annexe [II.2.D]*)

Le NET est un ligand qui forme un complexe stable avec des ions tels que Mg^{2+} . Il est bleu lorsqu'il n'y a aucun de ces ions présents et devient rouge rosé quand il est complexé avec ces derniers. Comme les ions Mg^{2+} réagissent avec les séquestrants, alors, en présence d'une quantité croissante d'ions Mg^{2+} les séquestrants vont piéger ces derniers, le NET restera libre et donc la solution restera bleue. A partir de l'équivalence, les séquestrants ne peuvent plus piéger les ions Mg^{2+} qui sont alors complexés par le NET et la solution prend une couleur rose, puis les ions ne réagissent plus.

Le fait de savoir que la solution reste bleue au début de la manipulation permettrait de montrer qu'il y a bien des séquestrants dans la tablette de lave-vaisselle.

Le fait que la solution devienne rouge rosée à un certain moment montrerait que les séquestrants ayant une affinité avec les ions calcium supérieure à celle du NET ont été éliminés de la solution.

Nous ferons, durant toute la manipulation, l'hypothèse que les séquestrants dosés ont une plus grande stabilité que le complexe formé par Mg^{2+} et le NET ; c'est-à-dire que les séquestrants de la tablette piègent les ions de l'eau dure plus efficacement que le NET.

Nous avons effectué deux dosages avec des quantités différentes afin de pouvoir comparer les résultats et d'avoir un peu plus de recul face à ces derniers. Nous avons également effectué une expérience témoin.

Nous avons dans un premier temps dosé un bécher contenant 20 mL d'eau déionisée, 20 mL de solution tampon Borax et quelques gouttes de NET par les ions Mg^{2+} . C'est l'expérience témoin. Elle sert à montrer qu'il y a bien des séquestrants dans la pastille de lave-vaisselle car la solution reste bleue en présence d'une goutte de Mg^{2+} dans cette dernière alors qu'elle devient directement rouge rosée dans une solution où le seul changement est l'eau déionisée à la place de la solution de pastille de lave-vaisselle.

Dans la solution utilisée de pastille de lave-vaisselle, nous avons dissout un gramme de tablette dans 50 mL d'eau déionisée.

Ensuite, nous avons effectué un premier dosage. Il est à noter que les proportions n'ont pas besoin d'être précises puisque nous n'avons aucune donnée chiffrée. Nous avons titré 10 mL de solution de pastille de lave-vaisselle dans un bécher contenant 20 mL de solution tampon Borax à pH 10 et quelques gouttes de NET. La solution est bleue. Elle devient violette lorsque nous avons versé 3.3 ± 0.03 mL de solution Mg^{2+} et rosée à 8.75 ± 0.03 mL environ.

Puis, nous avons répété ce dosage en modifiant le volume de solution. Nous avons titré 20 mL de solution de pastille de lave-vaisselle dans un bécher contenant 20 mL de solution tampon Borax à pH 10 et quelques gouttes de NET. La solution est bleue. Elle devient violette lorsque nous avons versé 8.90 ± 0.03 mL de solution Mg^{2+} et rosée à 18.15 ± 0.03 mL environ.

Nous pouvons donc remarquer dans un premier temps que pour un volume de solution de pastille de lave-vaisselle doublé, les volumes équivalents sont approximativement doublés. La manipulation est donc cohérente et peut être étudiée.

c) Exploitation

Etant donné que la solution reste bleue même après plusieurs millilitres versés, nous pouvons en conclure qu'il y a bien des séquestrants dans la pastille de lave-vaisselle. Nous remarquons également que le changement de couleur est progressif signifiant que le NET commence à complexer les ions Mg^{2+} avant que tous les sites de séquestrants soient saturés. Les réactions séquestrants/ions Mg^{2+} et NET/ions Mg^{2+} ne sont pas successives.

En conclusion, nous ne pouvons pas dire avec précision la concentration en séquestrants dans la pastille de lave-vaisselle mais nous pouvons estimer la suffisance ou non en terme de quantité de séquestrants.

Après plusieurs calculs, (Voir en [II.4.D]) il en résulte qu'une tablette de lave-vaisselle contient $4 \cdot 10^{-3}$ moles d'ions séquestrables. L'eau de Rouen, pour un lavage de 12 litres en contient $3 \cdot 10^{-2}$ moles. La quantité d'ions séquestrables dans la tablette semble insuffisante. Cependant, il est à noter que l'eau entrant dans le lave-vaisselle est, dans un premier temps, traitée avant d'effectuer le lavage. Une analyse plus poussée permettrait de savoir si la quantité est finalement suffisante ou non.

5. Dosage de l'eau

a) Principe

La thermobalance s'appuie sur un principe assez simple. En choisissant une température bien précise, elle pèse en permanence un échantillon en même temps qu'elle le chauffe puis relève la masse restante chaque minute. Ainsi, en fonction du point de vaporisation du composé, nous pouvons évaluer une perte de masse qui nous permettra de savoir la quantité du composé recherché.



Image de la thermobalance utilisée

b) Elaboration du protocole

Ayant dosé l'eau d'une solution en Travaux Pratiques de chimie minérale durant nos études, nous avons eu l'idée de faire de même avec la tablette de lave-vaisselle. C'est pourquoi nous avons voulu doser l'eau présente dans une masse d'un gramme de pastille de lave-vaisselle grâce à une thermobalance.

c) Exploitation

Nous avons tout d'abord choisi de faire chauffer environ un gramme de la tablette de lave-vaisselle pendant une durée de 30 minutes à 120°C. Puis, nous avons laissé la poudre de pastille agir dans la thermobalance. Après une quinzaine de minutes, nous avons observé une stabilisation de la masse de pastille et avons décidé de stopper la réaction. Nous avons également choisi d'effectuer la manipulation une seconde fois afin de vérifier la cohérence des résultats obtenus.

Concernant la première manipulation, nous observons une différence de masse de 35 mg pour une masse initiale de 1,315g. Ce qui revient donc à une teneur massique de $26,6160 \pm 0,0012$ mg/g.

La seconde manipulation nous donne une différence de 32 mg pour une masse initiale de 1,120g. Ce qui revient donc à une teneur massique de $28,5714 \pm 0,0014$ mg/g.

Ainsi, nous avons en moyenne $27,5937 \pm 0,0013$ mg/g d'eau dans la pastille de lave-vaisselle. Il y a donc dans une pastille de 12 grammes environ $331,124 \pm 0,016$ mg d'eau selon l'analyse.

Cependant, nous ne pouvons pas vérifier cette information à l'aide d'une valeur théorique puisqu'elle reste aujourd'hui introuvable dans les fiches descriptive et de sécurité. De plus, à une température de 120°C, il est possible que d'autres composants s'évaporent également. Malheureusement, il est de nouveau très difficile de trouver ces informations pour les composés concernés ainsi que leur teneur dans la tablette de lave-vaisselle.

Nous pouvons en revanche confirmer que la pastille contient bien de l'eau puisque la masse de tablette a diminué après manipulation avec la thermobalance et que nous savons que la pastille en contient.

CONCLUSION

Pour conclure, ce projet aura permis de déterminer et/ou de vérifier la présence de plusieurs composants de la tablette de lave-vaisselle. C'est un projet qui s'est voulu très enrichissant. En effet, même s'il nous a avant tout permis d'en découvrir davantage sur les pastilles de lave-vaisselle, il nous aura également aidé à améliorer plusieurs de nos compétences.

Tout d'abord, nous avons appris à mettre en place un esprit et une cohésion de groupe tout au long du projet. Cet aspect s'avérera très utile dans la suite de nos études et nous sommes reconnaissants d'avoir pu y être sensibilisés. Nous avons également appris à développer un esprit autonome en prenant chacun diverses initiatives concernant l'avancée du projet.

Par la suite, le côté recherche et analyse d'un produit aura aidé au développement de notre curiosité et de notre regard critique quant à une liste de composants d'un produit que nous pouvons retrouver en grande surface. Il aura également été utile dans l'élaboration de nos protocoles qui ont été construits de toute pièce par le groupe avec l'aide de Madame Delaroché et des recherches menées durant le semestre.

En ce qui concerne les manipulations, elles auront enrichi notre vocabulaire scientifique ainsi que nos capacités expérimentales en laboratoire de chimie. Cet apprentissage aura aussi été d'une grande utilité puisque, pour la plupart, nous souhaiterions intégrer le département Chimie Fine et Ingénierie au sein de l'INSA de Rouen.

L'ensemble des travaux ayant permis la réalisation des productions écrites telles que ce rapport, le support visuel de la présentation orale ainsi que l'affiche, ont été réalisés par l'ensemble des membres du groupe de manière attentive, sérieuse et efficace. Les travaux préliminaires auront permis un développement sérieux et complet du travail final que nous sommes fiers d'avoir réalisé malgré des délais un peu rapides en fin de projet.

Chaque membre du groupe a conclu sur l'apport personnel de cet E.C. projet.

Marie Catteau : Le projet de la détermination de la composition de la pastille de lave-vaisselle est le premier sujet qui m'a intéressé dans la liste que nous avons reçu en début de semestre. En effet, étant passionnée de chimie depuis plusieurs années, il m'a paru évident et curieux d'en apprendre davantage sur ce domaine. Après plusieurs semaines passées à travailler dessus, j'en ressors mûrie et grandie tant sur le domaine théorique que sur le domaine pratique. Ce projet m'a permis de développer mes compétences dans les travaux de groupe, la recherche, l'organisation et la manipulation. J'ai également appris à utiliser du matériel inconnu jusqu'alors et à avoir un regard critique sur les divers résultats que j'ai obtenu pendant les analyses. Pour finir, j'ai aussi appris, en tant que cheffe du groupe, à motiver les membres du groupe et à prendre davantage de responsabilités au sein d'un projet.

Rim Benhaddou : La réalisation de ce projet c'était tout ce que j'attendais, c'est-à-dire avoir une première approche sur le domaine que je souhaite intégrer dans le futur. Cela m'a permis également d'être familiarisée avec du nouveau matériel de mesure, comme le photomètre de flamme. De plus, j'ai pu constater le travail préliminaire que nous devons faire avant de réaliser un protocole tout en ayant un regard critique sur les résultats que nous pouvons obtenir, en comprenant ainsi que la chimie est bien un domaine expérimental. J'ai aussi eu l'occasion de faire de nouvelles rencontres, de comprendre l'importance du travail en équipe et de l'organisation au sein de celui-ci.

Maud Gosse : La réalisation de ce projet m'a beaucoup appris sur plusieurs aspects du travail de groupe. L'organisation a d'ailleurs été une facette très importante de ce travail, ayant été nommée responsable de l'organisation. J'ai donc appris à manipuler des outils tels que le *Gantt* et *Trello* pour gérer le planning du groupe. La cohésion au sein du groupe a aussi été primordiale, parler pour faire avancer le projet sans problème. J'ai aussi beaucoup appris sur

le travail de chimie, la rédaction d'un protocole avec les recherches et les calculs préliminaires, les manipulations avec les réussites et les échecs, mais aussi l'exploitation des résultats et l'écriture des comptes-rendus. Pour conclure, de mon côté, j'ai fait de belles rencontres, appris des choses importantes sur le travail et l'organisation et surtout, j'ai beaucoup aimé l'aspect chimie du projet.

Yanis Mobarek : Personnellement, je n'avais jamais mené à bien un projet organisé de cette manière et j'ai trouvé que notre façon de faire était super. Faire cela m'a permis de me rendre compte de l'importance de bien communiquer avec mon équipe, de bien respecter les délais et de bien organiser le travail. En faisant cela, le projet avançait très rapidement et on pouvait à tout moment nous rendre compte si nous étions dans les temps ou pas. En dehors de cet aspect, j'ai trouvé que le thème de notre projet donnait envie de travailler. En effet, travailler en mélangeant la chimie et un objet du quotidien est un très bon moyen de rendre un projet intéressant. Cela m'a permis de bien me passionner au sujet et donc de bien comprendre les manipulations et la chimie en général. Pour résumer simplement, ce projet m'a beaucoup appris.

Audrey Roncoroni : J'ai choisi ce projet au début du semestre car il me paraissait très intéressant, étant concret et sachant que j'aimerais aller en département CFI (Chimie Fine et Ingénierie) l'année prochaine. Ce fut un très bon choix puisque celui-ci m'a permis de réellement apprécier la manipulation en chimie avec beaucoup plus d'autonomie qu'en TP. De plus, le fait de réaliser nous-mêmes les protocoles de nos expériences qui ne marcheront peut-être pas est bien plus amusant que de suivre un protocole déjà fait. Par la même occasion, j'ai eu le plaisir de rencontrer de nouvelles personnes avec qui je me suis très bien entendue, ce qui a permis une bonne organisation et donc au projet d'avancer rapidement. En effet, la réalisation du projet a nécessité un travail assez constant du début à la fin. Pour conclure, je pense que ce projet m'a apporté de l'expérience dans le domaine de la Chimie et j'espère avoir l'occasion de refaire un tel projet.

Aline Stoller : Pour ma part, ce projet a été décisif dans le choix de mon orientation. Pouvoir réaliser ce projet physique dans le domaine de la chimie, et de plus sur un produit couramment utilisé, manipuler en étant plus en autonomie et en devant prendre des initiatives m'a confortée dans le choix de mon département. En effet, j'ai pris plaisir à comprendre comment fonctionnait le photomètre de flamme, à réfléchir pour élaborer le protocole, à manipuler une première fois puis recommencer le dosage quand on trouvait des incohérences, et élaborer le compte rendu, toujours cela en collaborant avec les autres. Le travail d'équipe a pour moi été fondamental pour être le plus efficace possible et faire avancer la réflexion. Pour mener cela à bien, il a fallu communiquer et apprendre à travailler sans connaître les autres membres de l'équipe, ce qui a permis de belles rencontres. De plus, Madame Delaroche répondait rapidement à nos questions, grâce à quoi nous avons pu avancer sans être en retard. Pour terminer, j'ai apprécié venir en cours et travailler dans la bonne humeur sur ce projet.

Pour la poursuite de ce projet, les idées sont variées.

Dans un premier temps, l'idée de déterminer certains composants de la pastille de lave-vaisselle pourrait également porter davantage sur leur dangerosité notamment sur l'Homme et sur la planète.

De plus, il pourrait être intéressant d'analyser plusieurs marques et compositions de tablettes de lave-vaisselle pour ensuite les comparer entre elles.

Pour finir, nous avons également pensé à garder l'idée de ce projet en le modifiant légèrement par un autre produit du quotidien comme d'autres produits ménagers ou encore les cosmétiques et produits d'hygiène.

Ainsi pour clôturer ce rapport, nous souhaiterions remercier notre professeure référente, Madame Delaroche, pour son soutien, ses conseils et sa disponibilité tant sur place lors des créneaux du projet qu'à distance le reste du temps. En effet, elle nous aura éclairé sur toutes les difficultés rencontrées lors de nos divers travaux tout en expliquant clairement l'aspect théorique de chaque notion mais aussi l'aspect expérimental.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Informations sur la cellulose gum : <https://incibeauty.com/ingredients/8822-cellulose-gum> (valide à la date du 25/02/2022)
- [2] Informations sur l'acide acrylique : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4853 (valide à la date du 27/02/2022)
- [3] Informations sur l'acide étidronique :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Acide_%C3%A9tidronique (valide à la date du 24/02/2022)
https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/PalmaresNutriments/Fiche.aspx?doc=sels-mineraux_nu (valide à la date du 24/02/2022)
- [4] Informations sur l'acide polyacrylique : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=16295&no_seq=25&incr=0 (valide à la date du 24/02/2022)
- [5] Informations sur l'acrylate de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?langue=f&no_produit=269712 (valide à la date du 27/02/2022)
- [6] Informations sur la cellulose :
https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_282§ion=recommandations (valide à la date du 24/02/2022)
- [7] Informations sur la dextrine : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=43950 (valide à la date du 25/02/2022)
- [8] Informations sur l'amidon de maïs modifié : <https://incibeauty.com/ingredients/4033-corn-starch-modified> (valide à la date du 25/02/2022)
https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=208 (valide à la date du 25/02/2022)
- [9] Informations sur l'amylase : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=269068&nom=Amylase+ (valide à la date du 25/02/2022)
- [10] Informations sur la subtilisine : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=9431 (valide à la date du 24/02/2022)
- [11] Informations sur la tablette de lave-vaisselle : <https://wiop.unilever.fr/brands/sun/sun-tablettes-tout-en-1-citron-19747-68201103-300003473991/> (valide à la date du 24/02/2022)
- [12] Informations sur le bicarbonate de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=5371 (valide à la date du 25/02/2022)
- [13] Informations sur le carbonate de calcium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=1622913 (valide à la date du 25/02/2022)
- [14] Informations sur le carbonate de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=13391 (valide à la date du 24/02/2022)
- [15] Informations sur le cetearéth-80 : <http://dr-h-stamm.info/downloads/rw7783029bfrstamm.pdf> (valide à la date du 24/02/2022)
- [16] Informations sur le chlorure de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=7294 (valide à la date du 24/02/2022)

- [17] Informations sur le citrate de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=1418524 (valide à la date du 24/02/2022)
- [18] Informations sur le CI 42051 : <https://incibeauty.com/ingredients/21063-ci-42051> (valide à la date du 25/02/2022)
- [19] Informations sur le CI 77891 : <https://incibeauty.com/ingredients/21989-ci-77891> (valide à la date du 25/02/2022) https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4671 (valide à la date du 25/02/2022)
- [20] Informations sur le colorant polymérique aquamarine : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/peintures-et-colorants-42567210/colorants-et-pigments-am3234/proprietes-et-caracteristiques-am3234v2niv10002.html> (valide à la date du 25/02/2022)
- [21] Informations sur le colorant polymérique jaune : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/peintures-et-colorants-42567210/colorants-et-pigments-am3234/proprietes-et-caracteristiques-am3234v2niv10002.html> (valide à la date du 25/02/2022)
- [22] Informations sur le copolymère d'acide acrylique et d'acrylate de sodium : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Copolym%C3%A8re> (valide à la date du 27/02/2022)
- [23] Informations sur le diméthicone : <https://incibeauty.com/ingredients/16583-dimethicone> (valide à la date du 25/02/2022) https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/pages/fiche-complete.aspx?no_produit=10264 (valide à la date du 25/02/2022)
- [24] Informations sur le dosage du sodium et du potassium : <https://www.lachimie.fr/analytique/photometrieflamme/> (valide à la date du 25/04/2022)
- [25] Informations sur le dosage du sodium et du potassium : <https://www.lachimie.fr/analytique/photometrieflamme/> https://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrophotométrie_d%27émission_de_flamme (valide à la date du 25/04/2022)
- [26] Informations sur le dosage du sodium et du potassium : <https://www.lachimie.fr/analytique/photometrieflamme/> <https://biologiesansfrontieres.org/wp-content/uploads/2018/04/Fiche-infos-BSF-Humatem-Photomètre-de-flamme.pdf> (valide à la date du 25/04/2022)
- [27] Informations sur le manganèse méthyltriazacyclonane : https://www.doctissimo.fr/html/nutrition/vitamines_mineraux/manganese.htm (valide à la date du 25/02/2022) <https://spaque.be/wp-content/uploads/2020/04/spaq-15-15617-fiche-manganse-se-081215-ld.pdf> (valide à la date du 25/02/2022)
- [28] Informations sur le kaolin : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=4010 (valide à la date du 24/02/2022)
- [29] Informations sur le PEG-8 : <https://incibeauty.com/ingredients/5059-peg-8> (valide à la date du 25/02/2022)
- [30] Informations sur le PEG-75 : <https://incibeauty.com/ingredients/10226-peg-75> (valide à la date du 25/02/2022)
- [31] Informations sur les peptides, sels, sucres de fermentation : https://www.lachimie.org/docs/org/ch14_acides_amines_peptides_et_proteines.pdf (valide à la date du 25/02/2022)

[32] Informations sur le percarbonate de sodium :
https://www.dod.fr/partageweb/partageweb/fiche_tech/222105_percarbonate_de_sodiu.pdf (valide à la date du 24/02/2022)

[33] Informations sur le PPG-15 C12-18 Pareth-6 : <https://incibeauty.com/ingredients/44680-ppg-15-c12-18-pareth-6> (valide à la date du 25/02/2022)

[34] Informations sur les sels minéraux :
https://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/PalmaresNutriments/Fiche.aspx?doc=sels-mineraux_nu (valide à la date du 25/02/2022)

[35] Informations sur le silicate de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=8391 (valide à la date du 25/02/2022)

https://www.pqcorp.com/docs/default-source/msds/pq-corporation/sodium-silicate-liquids/n/n_sodium_silicate_msds2012f.pdf?sfvrsn=9b1fe249_5 (valide à la date du 25/02/2022)

[36] Informations sur le sodium méthylglycine diacétate :
<https://incibeauty.com/ingredients/44789-sodium-methylglycine-diacetate> (valide à la date du 25/02/2022)

[37] Informations sur le sulfate de sodium : https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=11643 (valide à la date du 24/02/2022)

[38] Informations sur le TAED :
https://www.fishersci.co.uk/chemicalProductData_uk/weracs?itemCode=344592500&lang=FR (valide à la date du 24/02/2022)

[39] Informations sur le thiosulfate de sodium : <https://reptox.cnesst.gouv.qc.ca/Pages/fiche-complete.aspx?noproduit=652230> (valide à la date du 25/02/2022)

ANNEXES

I- Fiche complète des composants [I]

Composition globale :

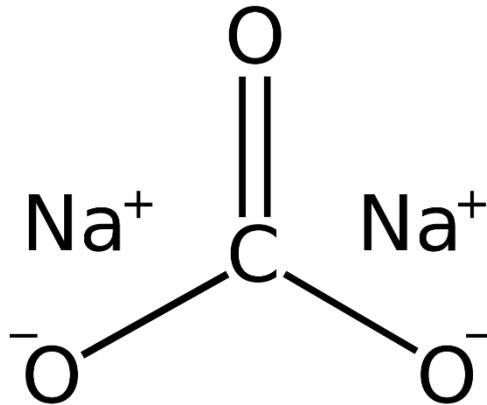
Une tablette de lave-vaisselle est généralement composée de :

(La Tableau suivant provient du site internet *Unilever* proposant la composition d'une tablette *Sun tout en 1 Citron.*) [11]

<u>Carbonate de sodium</u>	<u>Sodium Méthylglycine Diacétate</u>	<u>Percarbonate de sodium</u>	<u>Citrate de sodium</u>	<u>Sulfate de sodium</u>	<u>Eau</u>
<u>Silicate de sodium (MR>2.6-3.2)</u>	<u>Ceteareth-80</u>	<u>TAED</u>	<u>Acide polyacrylique</u>	<u>Acide étidronique</u>	<u>Sels minéraux</u>
<u>Bicarbonate de sodium</u>	<u>Silicate de sodium</u>	<u>Cellulose Gum</u>	<u>Peptides, sels, sucres de fermentation</u>	<u>PPG-15 C12-18 Pareth-6</u>	<u>Parfum</u>
<u>Chlorure de sodium</u>	<u>Subtilisine</u>	<u>Cellulose</u>	<u>Kaolin</u>	<u>Carbonate de calcium</u>	<u>CI 77891</u>
<u>Colorant polymérique aquamarine</u>	<u>PEG-75</u>	<u>Dextrine</u>	<u>Amidon de maïs modifié</u>	<u>Diméthicone</u>	<u>Copolymère d'acide acrylique et d'acrylate de sodium</u>
<u>Thiosulfate de sodium</u>	<u>PEG-8</u>	<u>Amylase</u>	<u>Manganèse methyltriazacyclonane</u>	<u>Colorant polymérique jaune</u>	<u>CI 42051</u>

Description de chaque composant :**Carbonate de sodium [14]**

CAS : 497-19-8

Formule : Na_2CO_3 

Propriétés physico-chimiques : Le carbonate de sodium est un solide de point de fusion 851°C et de masse moléculaire 106. Son pH est de 11,3 en solution aqueuse saturée, sa densité est de 2,532 g/mL à 20°C et sa solubilité dans l'eau est de 220 g/L à 20°C .

Sécurité : Il s'agit d'un produit dangereux (SGH07) : il est important d'éviter le contact avec les yeux et de travailler sous ventilation. Le carbonate de sodium doit être conservé dans un endroit sec et à l'abri du zinc ou de l'aluminium. Il ne doit pas être jeté dans les égouts.

Le carbonate de sodium peut provoquer une faible irritation sur la peau et une irritation sévère au niveau des yeux. Il est conseillé de rincer abondamment durant 20 min avec de l'eau en cas de contact avec les yeux.

Utilité pour la tablette : Il maintient le bon équilibre acidité/alcalinité, c'est un agent tampon.

Dosage : Par l'acide chlorhydrique



Sodium Méthylglycine Diacétate [36]

CAS : non référencé

Formule : non référencé

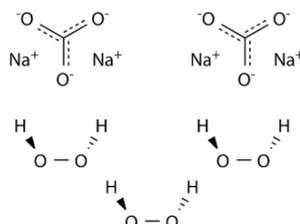
Propriétés physico-chimiques : Le sodium méthylglycine diacétate est un agent de chélation réagissant et formant des complexes avec des ions métalliques qui peuvent affecter la stabilité et/ou l'apparence de certains produits cosmétiques.

Utilité pour la tablette : Cet adjuvant réduit la dureté de l'eau et rend les produits de nettoyage plus efficaces. Il est difficile de trouver des informations sur ce produit mais nous pouvons remarquer qu'il est présent dans les liquides vaisselle.

Percarbonate de sodium [32]

CAS : 15630-89-4

Formule : $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$



Propriétés physico-chimiques : Le percarbonate de sodium est une poudre cristalline blanche. Son pH est situé entre 10,4 et 10,7. Il a une température de décomposition de 50°C et sa solubilité dans l'eau est de 150 g/L.

Sécurité : C'est un oxydant, il favorise l'inflammation. Il est nocif en cas d'ingestion, irritant pour les yeux et la peau. En cas de contact, il faut rincer abondamment et consulter un médecin. En cas d'ingestion, ne pas faire vomir le composant, rincer cependant la bouche, boire abondamment et aller à l'hôpital. Lors de la manipulation de ce produit, il faut aérer, éviter les inhalations et contacts avec la peau. Le produit ne doit pas être jeté dans les égouts. Le percarbonate de sodium est à conserver dans un endroit frais, ventilé, sec, à l'abri de la lumière solaire directe, de l'eau, des acides, des bases, des sels métalliques, des agents réducteurs, des matériaux organiques, combustible et à une température inférieure à 40°C.

Il est préférable de l'emballer dans de l'acier inoxydable, du polyéthylène, papier ou verre. Il faut porter des lunettes anti-éclaboussure, des gants, vêtement approprié, aérer la zone, sous hotte, masque FP2 lors de la manipulation de ce composant.

Utilité pour la tablette : Le percarbonate de sodium est un agent oxydant, il élimine les tâches.

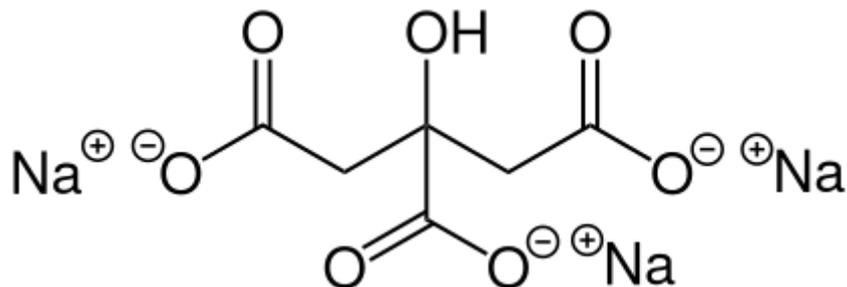
Dosage : Dosage par titrage du percarbonate de sodium par voie redox. Nous pourrions aussi essayer d'évaluer la capacité à séquestrer (tous les séquestrants de la formule) par titrage avec un ion séquestrable (Ca^{2+} par exemple) avec un suivi colorimétrique utilisant le NET.



Citrate de sodium [17]

CAS : 68-04-02 (anhydre), 6132-04-3 (dihydraté), 6858-44-2 (pentahydraté)

Formule : $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$



Propriétés physico-chimiques : C'est un solide poudreux et granuleux. Sa masse moléculaire est de 258,07 et sa solubilité est inférieure à 570 g/l à 20°C. Le citrate de sodium est instable et il se décompose quand il arrive à son point de fusion.

Sécurité : Il est à conserver dans un récipient thermique, à l'écart des acides et matières oxydo-réductrices. Il ne doit pas être jeté dans les égouts. C'est un produit qui peut irriter la peau, les yeux et les voies respiratoires. En cas de contact avec les yeux, il faut rincer pendant 5 min avec de l'eau. (R08, R22, R36/38, S03, S08, S17, S24/25, S26)

Utilité pour la tablette : Le citrate de sodium est un adjuvant. Il absorbe l'humidité de l'air.

Sulfate de sodium [37]

CAS : 7757-82-6

Formule : $\text{Na}_2\text{O}_4\text{S}$

Propriétés physico-chimiques : C'est un solide poudreux ou cristallin blanc. Sa masse moléculaire est de 142,04 et sa densité est de 2,671 g/L à 20°C. Sa solubilité dans l'eau est de 281 g/L à 25°C et son point de fusion est de 884°C.

Sécurité : Si le produit est fort concentré, il est conseillé de travailler avec un appareil de protection respiratoire dans un endroit aéré, protéger la peau et porter des lunettes de protection. C'est un produit stable qui doit être conservé dans un contenant fermé. Le composant ne doit pas être jeté dans les égouts. Il est faiblement irritant pour les yeux. En cas de contact avec les yeux, la peau ou la bouche, il faut rincer pendant 5 minutes.

Utilité pour la tablette : Le sulfate de sodium est un agent gonflant, c'est-à-dire un diluant.

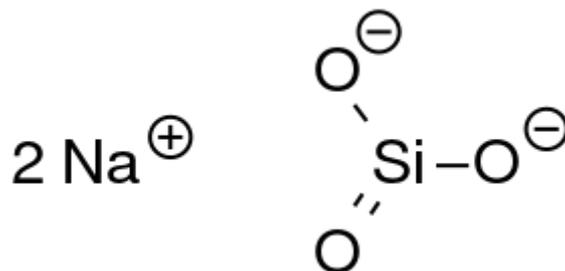
Dosage : Par chromatographie liquide.

Eau

1. CAS : 7732-18-5

Formule : H₂OPropriétés physico-chimiques : Sa formule brute est H₂O.Utilité pour la tablette : L'eau est un agent gonfleur.**Silicate de sodium / Silicate de sodium (MR>2.6-3.2) [35]**

CAS : 1344-09-8

Formule : Na₂SiO₃Propriétés physico-chimiques : Le silicate de sodium est un solide poudreux ou peut se présenter sous la forme de cristaux incolore à grisâtre.Sécurité : Lors de la manipulation de ce composant, il est important d'éviter le contact avec la peau, de porter des lunettes et de ventiler la pièce. Le produit doit être conservé dans un récipient hermétique et un lieu ventilé après avoir été couvert de poudre et mélangé.

Le silicate de sodium peut provoquer de graves irritations, corrosions de la peau des yeux, (dommage permanent de la cornée) des voies respiratoires et digestives. Il peut également être corrosif. En cas de contact, il est conseillé de rincer à l'eau abondamment. (H302, H314, H318)

Utilité pour la tablette : Le silicate de sodium est un agent tampon.

Ceteareth-80 [15]

CAS : 68439-49-6

Formule : non référencée

Propriétés physico-chimiques : Il s'agit d'un agent nettoyant contenant les alcools éthoxylés C16-C18.

Sécurité : Le ceteareth-80 peut provoquer des irritations cutanées et de graves lésions des yeux. Lors de la manipulation de ce composant, il faut porter des gants, un équipement de protection pour les yeux et le visage. En cas de contact avec les yeux ou la peau, il faut rincer à l'eau abondamment pendant 10 à 15 minutes.

Le ceteareth-80 doit être conservé uniquement dans le récipient d'origine et éloigné des aliments et boissons. C'est un produit inflammable et peut être éteint avec une eau mousseuse et pulvérisée. Les composants dangereux sont répertoriés dans le tableau suivant :

N° CAS	Substance			Quantité
	N° CE	N° Index	N° REACH	
	Classification selon règlement (CE) n° 1272/2008 (CLP)			
7732-18-5	Eau			60-70 %
	213-791-2			
68424-19-1	C16-C18 acides gras, TEA			<10,0 %
	270-279-3		*1	
	Eye Irrit. 2, H319			
68920-66-1	C16-C18 Alcool gras éthoxylé			<10,0 %
	-		*	
67-63-0	propane-2-ol, alcool isopropylique, isopropanol			<8,0 %
	200-661-7	603-117-00-0	01-2119457558-25	
	Flam. Liq. 2, Eye Irrit. 2, STOT SE 3, H225 H319 H336			
97489-15-1	Sulfonic acids, C14-17-sec-alkane, sodium salts			<8,0 %
	307-055-2		01-2119489924-20	
	Acute Tox. 4, Skin Irrit. 2, Eye Dam. 1, Aquatic Chronic 3, H302 H315 H318 H412			
51981-21-6	N,N-bis(carboxylatométhyl)-L-glutamate, Sel de sodium			<4,0 %
	257-573-7		01-2119493601-38	
68439-50-9	C12-C14 Ethoxylate d'alcool gras			<3,0 %
	-		*	
	Acute Tox. 4, Eye Dam. 1, Aquatic Chronic 3, H302 H318 H412			
1336-21-6	ammoniac ... %			<5,0 %
	215-647-6		01-2119488876-14	
	Skin Corr. 1B, STOT SE 3, Aquatic Acute 1, Aquatic Chronic 2, H314 H335 H400 H411			

Texte des phrases H et EUH: voir paragraphe 16.

Information supplémentaire

- * Polymer
- *1 Exempted from registration

Liste des composants dangereux contenus dans le ceteareth-80

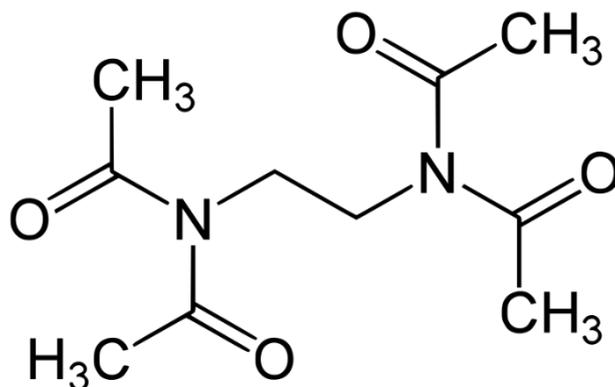
(H225, H302, H314, H315, H318, H319, H335, H336, H400, H411, H412)

Utilité pour la tablette : Le cétéareth-80 est un agent tensio-actif. Il aide à nettoyer la saleté et l'huile, il mousse s'il est utilisé avec de l'eau.



TAED [38]

CAS : 10543-57-4

Formule : $C_{10}H_{16}N_2O_4$ 

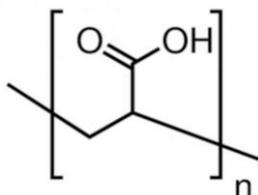
Propriétés physico-chimiques : Le tétraacétyléthylènediamine (TAED) se présente sous forme de poudre solide. Son point de fusion se situe à 149°-154°C et sa solubilité dans l'eau est de 1g/L à 20°C. La masse molaire du TAED est de 228,25 g/mol.

Sécurité : Lors d'une manipulation, il est important de protéger le visage, ventiler le lieu, éviter le contact avec la peau, les vêtements, les yeux et éviter les inhalations et les ingestions. Il contient des produits dangereux résultant de la combustion : les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone. En cas de contact avec la peau ou les yeux, il faut rincer abondamment pendant 15 minutes. Il est également inflammable et en cas d'apparition de flammes, utiliser des jets d'eau, de dioxyde de carbone, d'agent chimique et de mousse chimique. Le TAED est à conserver au sec dans un endroit frais, ventilé et dans un récipient fermé et étanche.

Utilité pour la tablette : Le TAED est un précurseur de blanchiment, il devient une substance blanchissante pendant le lavage.

Acide Polyacrylique [4]

CAS : 9003-01-4

Formule : $C_3H_4O_2$ 

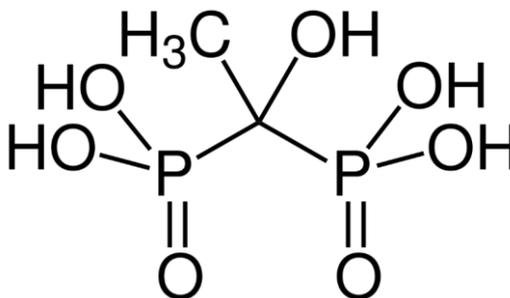
Propriétés physico-chimiques : La formule brute de l'acide polyacrylique est $C_3H_4O_2$.

Sécurité : Il est inflammable et en cas de feu, il faut utiliser des agents chimiques secs et mousses.

Utilité pour la tablette : C'est un adjuvant et polymère.

Acide étidronique [3]

CAS : 2809-21-4

Formule : $C_2H_8O_7P_2$ 

Propriétés physico-chimiques : Sa masse molaire est de 206,082 g/L. C'est un bisphosphonate.

Utilité pour la tablette : L'acide étidronique est un séquestrant, il aide à éviter que l'eau ait des effets néfastes sur les performances, la stabilité ou l'apparence du produit.

Dosage : Il est possible d'évaluer la capacité à séquestrer (tous les séquestrants de la formule) par titrage avec un ion séquestrable (Ca^{2+} par exemple) avec un suivi colorimétrique utilisant le NET.

Sels minéraux [34]

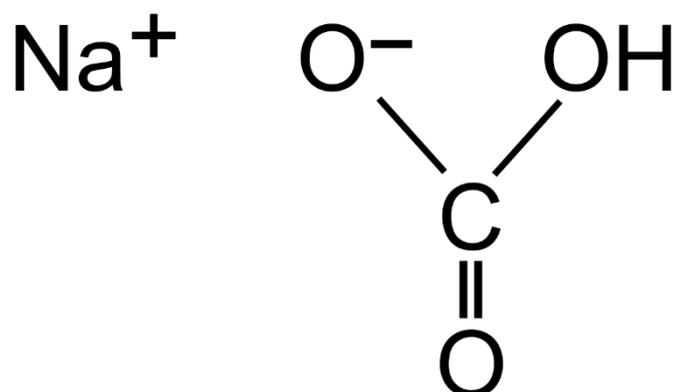
Propriétés physico-chimiques : Principaux sel minéraux : calcium, fer, magnésium et sodium, présents majoritairement dans les aliments. Nous en avons besoin pour vivre sainement.

Utilité pour la tablette : Les sels minéraux font partie des sous-produits. Ils font partie de la composition secondaire et sont créés lors de la fabrication du produit.

Bicarbonate de Sodium [12]

CAS : 144-55-8

Formule : CHNaO_3



Propriétés physico-chimiques : Le bicarbonate de sodium est un solide poudreux blanc. Sa masse moléculaire est de 84,01 et sa densité est de 2,159 g/L à 20°C. Sa solubilité dans l'eau est de 100 g/L à 20°C.

Sécurité : Lors de la manipulation de ce produit, il faut éviter les contacts prolongés ou répétés avec la peau. Le composant doit ensuite être dilué avec de l'eau et ne doit pas être jeté dans les égouts. Le bicarbonate de sodium doit être conservé dans un endroit frais sec à l'abri des acides dans un récipient hermétique. Il peut provoquer des irritations légères des yeux. En cas de contact, il faut rincer durant 5 minutes. Une ingestion en grande quantité peut causer de l'alcalose métabolique.

Utilité pour la tablette : Le bicarbonate de sodium est un agent tampon.

Dosage : Titrage par acide chlorhydrique.

Cellulose Gum [1]

Propriétés physico-chimiques : C'est un polymère naturel ou d'hémisynthèse. Il désigne un dérivé de cellulose (sans savoir lequel).

Utilité pour la tablette : Le cellulose gum est un agent anti-redéposition. Il aide à empêcher l'eau de lavage de se rattacher à une surface.

Peptides, sels, sucre de fermentation [31]

Propriétés physico-chimiques : Les peptides sont des molécules constituées d'acides aminés enchaînés par lien peptidique.

Utilité pour la tablette : Ce sont des sous-produits présents pour la fermentation.

PPG-15 C12-18 Pareth-6 [33]

Propriétés physico-chimiques : Ce sont des composés éthoxylés et tensioactifs non ioniques.

Utilité pour la tablette : Ces produits sont des agents tensio-actifs, c'est-à-dire qu'ils contribuent à répartir uniformément les constituants de la tablette de lave-vaisselle. Un agent tensio-actif est un corps qui, même utilisé en faible quantité, modifie de façon importante la tension superficielle, en particulier celle de l'eau. Ainsi, à l'exception des sels minéraux ou des bases (sauf l'ammoniac), la majorité des agents tensioactifs abaisse la tension superficielle de l'eau.

Parfum

Propriétés physico-chimiques : Il est difficile de déterminer cela étant donné l'imprécision du produit.

Sécurité : Il est difficile de déterminer cela étant donné l'imprécision du produit.

Utilité pour la tablette : Le parfum dégage une odeur distinctive et agréable.

Lien :

Chlorure de sodium [16]

CAS : 7647-14-5

Formule : NaCl

Propriétés physico-chimiques : Le chlorure de sodium est un solide cristallin, incolore et inodore. Sa masse moléculaire est de 58,45. Son point de fusion est de 801°C et celui d'ébullition est à 1 413 °C.

Sécurité : Le chlorure de sodium est un produit ininflammable. Il peut être instable. Il est conseillé de se protéger les yeux lors de la manipulation de ce produit et de rincer ces derniers à l'eau en cas de contact.

Le chlorure de sodium doit être conservé dans un endroit sec. Le chlorure de sodium peut être jeté dans les égouts s'il est fortement dilué et en petite quantité. Le chlorure de sodium est absorbé par les voies digestives. Il peut irriter l'estomac s'il est ingéré en grande quantité. Il n'est pas considéré comme un produit dangereux.

Utilité pour la tablette : Il absorbe l'humidité de l'air et c'est un sous-produit.

Dosage : La méthode de Mohr avec du nitrate d'argent permet de doser les chlorures.

Subtilisine [10]

CAS : 9014-01-1

Formule : non référencée

Propriétés physico-chimiques : La subtilisine est une protéase à sérine catalysant l'hydrolyse des protéines avec une faible spécificité concernant la liaison peptidique. Une protéase est un enzyme brisant les liaisons peptidiques des protéines. La sérine est un acide α -aminé ayant son énantiomère L qui est l'un des 22 acides aminés protéinogènes encodés sur les ARN messagers. Un acide aminé protéinogène est un acide aminé incorporé dans les protéines lors de la traduction de l'ARN messager par les ribosomes. La subtilisine est un solide poudreux.

Sécurité : Il peut être irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires. Il faut être protégé pour manipuler ce produit.

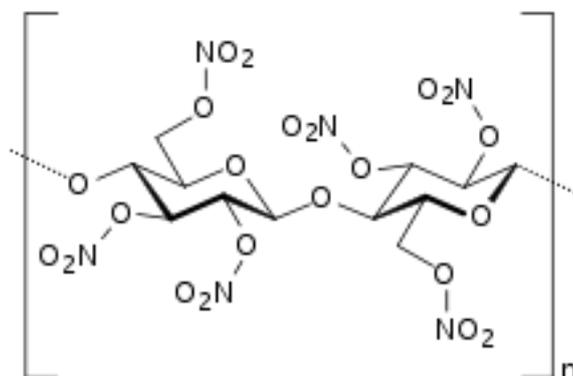
Utilité pour la tablette : C'est une enzyme.

Dosage : Il n'y a pas de méthode d'analyse connue pour ce composant.

Cellulose [6]

CAS : 9004-34-6

Formule : $(C_6H_{10}O_5)_n$



Propriétés physico-chimiques : La cellulose est un glucide constitué d'une chaîne linéaire de molécules de D-glucose. C'est la molécule organique la plus abondante sur la terre : cet homo-polymère naturel est le constituant principal de la paroi cellulaire de nombreux végétaux (et notamment des plantes et des arbres) avec une teneur variant de 15 % à 99 %. Sa température de fusion est de plus de 150°C et sa masse volumique se situe entre 1,5 et 1,55 g/cm³. C'est un produit inflammable et pour être rendu non inflammable, la cellulose doit être mélangée ou associée à des produits minéraux (micas, vermiculites...).

Sécurité : Elle doit être stockée de manière étanche dans locaux frais et ventilés à l'abri du soleil et de la chaleur. Ses données sur la toxicité sont peu nombreuses mais les expositions professionnelles montrent des irritations et altérations des fonctions respiratoires. Lors de la manipulation il faut porter une tenue de travail, si possible à usage unique, des gants étanches et des lunettes de protection latérale. Il faut pouvoir capter les poussières ou porter un masque FFP2 si les durées d'utilisation sont supérieures à 1h.

Utilité pour la tablette : C'est un agglomérant.

Kaolin [28]

CAS : (kaolinite) 1318-74-7ca

Formule : (kaolinite) $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

Propriétés physico-chimiques : Le kaolin est un solide poudreux, blanc ou jaunâtre. C'est un produit inodore de densité 2,6 g/mL à 20°C. Il est insoluble et possède un point de fusion supérieur à 1 785 °C.

Sécurité : Le kaolin est un produit inflammable. Il nécessite une protection des yeux, de la peau et un appareil respiratoire autonome en cas de manipulation. Il faut également ventiler lors de l'utilisation du produit. C'est un produit stable qui est à conserver dans un endroit sec, ventilé, hermétique et frais. Ce composant ne doit pas être jeté dans les égouts. Le kaolin peut provoquer une faible irritation des yeux mais pas de la peau. En cas de contact avec les yeux, la peau ou la bouche, il faut rincer abondamment à l'eau durant 5 minutes. (H350, H372)

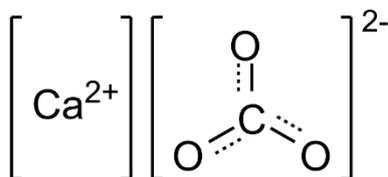
Utilité pour la tablette : C'est un agent gonflant.



Carbonate de calcium [13]

CAS : 471-34-1

Formule : $CCaO_3$



Propriétés physico-chimiques : Le carbonate de calcium est un solide pouvant être poudreux ou sous forme de cristaux blanc. Sa masse moléculaire est de 100,09, sa densité est de 2,83 g/mL à 20°C et sa solubilité dans l'eau est inférieure à 0,0153g/L à 20°C.

Sécurité : Le calcium de carbonate peut être dangereux à cause des poudres et poussières. Nous parlons de particules de moins de 1µm susceptibles de se déposer sur les alvéoles, de 1 à 5 µm dans la trachée, les bronches et les bronchioles, de 5 à 30µm dans le nez et le pharynx et supérieur à 30µm sur les voies respiratoires supérieures ; nous parlons ici de poussières non éliminées par le corps dans les voies respiratoires, graduellement dissoutes. Le carbonate de calcium peut provoquer l'irritation mécanique au niveau des yeux et des voies respiratoires.

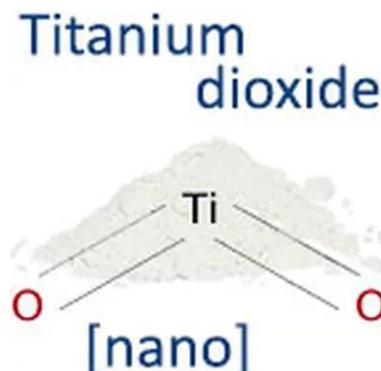
Lors de la manipulation de ce produit, il faut utiliser un appareil de protection respiratoire si la concentration sur le lieu est supérieure à 10 mg/m³. Il faut également se protéger la peau et les yeux, éviter également les opérations produisant un nuage de poussière et travailler dans un endroit ventilé. Le calcium de carbonate doit être conservé dans un contenant hermétique.

Utilité pour la tablette : C'est un agent gonflant.

CI 77891 [19]

CAS : 13463-67-7 (rutile), 1317-70-0 (anatase)

Formule : TiO_2



Propriétés physico-chimiques : Le dioxyde de titane est un solide blanc poudreux. Sa masse moléculaire est de 79,9 et sa densité est de 4,065 g/L à 20°C. Il est insoluble et son point de fusion est de 1 855°C.

Sécurité : Lors de la manipulation de ce produit, il faut se protéger les yeux et utiliser une ventilation. Les poussières de dioxyde de titane peuvent provoquer des irritations mécaniques des yeux et des voies respiratoires. Le produit doit être conservé dans un endroit ventilé. Le dioxyde de titane peut être cancérigène pour l'homme (groupe 2B CIRC 2006) mais il est classé comme "substance non classifiable comme cancérigène pour l'homme" (groupe 2B).

Utilité pour la tablette : C'est un colorant.

Colorant polymérique aquamarine [20]

Propriétés physico-chimiques : Il s'agit d'un colorant polymère bleu-vert. Les polymères sont généralement utilisés dans les plastiques.

Utilité pour la tablette : Il est difficile de trouver plus d'informations sur ce composé mais nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il s'agit avant tout d'un colorant réalisé à partir de pigments minéraux.

PEG-75 [30]

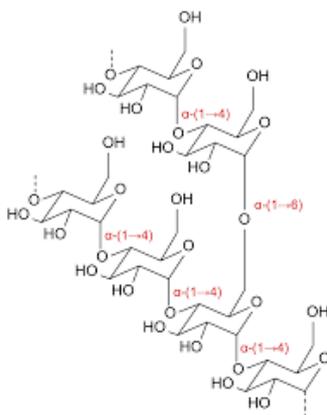
Propriétés physico-chimiques : Il est classifié comme un composé éthoxylé, un glycyd, et un polymère de synthèse.

Utilité pour la tablette : Il s'agit d'un agglomérant.

Dextrine [7]

CAS : non référencé

Formule : approximative, $(C_6H_{10}O_5)_n$



Propriétés physico-chimiques : La dextrine est un polymère soluble dans l'eau. Sa densité est de 1,0348 g/ml à 20°C.

Sécurité : Lors de la manipulation de ce produit, il faut ventiler la pièce, porter des protections au niveau des yeux et éviter les accumulations de poussières. La dextrine doit être conservée dans un récipient hermétique au frais et au sec, et dans un endroit ventilé. Ce produit pourrait appartenir à la classe de danger "Poussières combustibles" en fonction de divers facteurs qui influencent la combustibilité et l'explosivité des poussières, notamment la composition, la forme et la taille des particules.

Utilité pour la tablette : Il s'agit d'un agglomérant.

Amidon de maïs modifié [8]

Propriétés physico-chimiques : Il peut produire un film continu sur la peau, les cheveux ou les ongles. Il maintient également la peau en bon état et augmente/diminue la viscosité des cosmétiques. L'amidon de maïs est un solide de densité 1,5 g/mL à 20°C. Son pH est de 5,5.

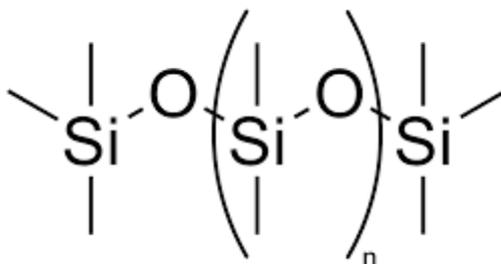
Sécurité : Il peut s'enflammer s'il est fortement chauffé ou en présence d'une source d'ignition. Il peut également exploser si ses poudres ou poussières sont en mélange dans l'air. Pour éteindre les potentielles flammes, il faut utiliser le dioxyde de carbone, de la mousse, de la poudre chimique sèche, de l'eau pulvérisée ou de la mousse d'alcool. Lors d'une manipulation, il faut porter un appareil respiratoire autonome et des vêtements protecteurs appropriés. C'est un produit stable incompatible avec les agents oxydants. Il se décompose thermiquement avec le monoxyde de carbone et le dioxyde de carbone. En cas de manipulation, il faut éviter le contact avec la peau, porter un appareil de protection des yeux et ventiler la pièce. Il faut également éviter l'accumulation de poussière. Le produit doit être conservé dans un récipient hermétique dans un endroit frais, sec et ventilé. L'amidon peut provoquer des irritations ou sensibilisations sur la peau et les voies respiratoires. En cas de contact, il faut rincer avec de l'eau pendant 5 minutes.

Utilité pour la tablette : L'amidon de maïs modifié est un stabilisateur d'enzyme. Il rend plus résistant une enzyme dans un détergent liquide. Il absorbe l'eau ou l'huile sous forme dissoute ou en particules fines.

Diméthicone [23]

CAS : 63148-62-9

Formule : $(C_2H_6OSi)_n$



Propriétés physico-chimiques : Il est classifié comme un silicone. Son autre nom est polydiméthylsiloxane. Il s'agit d'un polymère liquide, visqueux, clair et incolore. Il est insoluble dans l'eau et son point fusion est de $-34^{\circ}C$. La densité du diméthicone est de $0,97 \text{ g/mL}$ à $20^{\circ}C$.

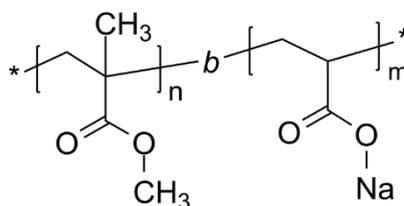
Sécurité : Il n'est soumis à aucune restriction européenne. C'est un produit inflammable qu'il faut éteindre avec du dioxyde de carbone et des agents chimiques, secs et mousseux. Lors de la manipulation du diméthicone, il est important d'utiliser un appareil de protection pour les yeux. Le produit doit être stocké dans un récipient hermétique au frais. En cas de fuites, il faut absorber avec du papier, du sable ou de la sciure de bois. Il est irritant pour les yeux et peut provoquer des nausées.

Utilité pour la tablette : Le diméthicone est un agent anti-moussant. Il évite la formation excessive de mousse et de bulles, ici dans le lave-vaisselle.

Copolymère d'acide acrylique et d'acrylate de sodium [22]

CAS : 9003-04-7

Formule : non recensée

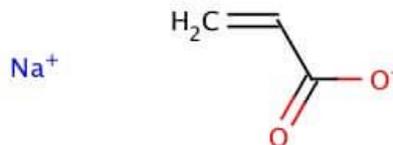


Plusieurs recherches sur ce produit nous amènent à analyser deux produits différents :

1. Acrylate de sodium [5]

CAS : 7446-81-3

Formule : $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCO}_2\text{Na}$



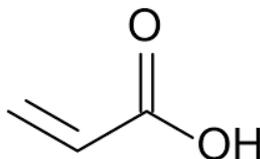
Propriétés physico-chimiques : L'acrylate de sodium est un polymère et solide poudreux de densité 1,35 g/mL à 20°C.

Sécurité : Lors de la manipulation de ce produit, il faut éviter les contacts prolongés ou répétés avec la peau et ventiler le lieu de manipulation. Ce produit est à stocker dans un endroit frais, sec, ventilé et à l'abri des acides. Les déchets doivent être mis dans un contenant hermétique.

2. Acide acrylique [2]

CAS : 79-10-7

Formule : $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_2$



Propriétés physico-chimiques : L'acide acrylique est un liquide transparent de masse moléculaire 72,06 et de densité 1,0511 g/mL à 20°C. Il est miscible à l'eau et il a un point de fusion à 14°C.

Sécurité : Il est inflammable. Lors de la manipulation, il faut éviter le contact avec la peau, porter des lunettes et ventiler le lieu. Il est à stocker dans un endroit sombre, ventilé et à l'écart des sources de chaleur et d'ignition.

En cas de fuite lors de la manipulation, il faut absorber le produit avec du papier, du sable ou de la sciure de bois et le mettre dans un contenant hermétique.

Il peut provoquer des irritations et corrosions de la peau, des yeux et des muqueuses, des nausées, vomissements et en cas d'exposition aux vapeurs il peut provoquer des irritations graves des yeux et des voies respiratoires ainsi que de la dyspnée. (H226, H302, H311, H331, H314, H335)

Dosage : Hydroxyde de sodium, titrage



Revenons-en au produit,

Propriétés physico-chimiques : Le copolymère d'acide acrylique et d'acrylate de sodium est un solide issu de l'acide acrylique et de l'acrylate de sodium, il a des propriétés physico-chimiques intermédiaires des polymères issus de cet acide et l'acrylate de sodium, c'est pour cela que n'ayant pas trouvé plus d'informations sur ce copolymère, nous avons décidé d'étudier les deux composants.

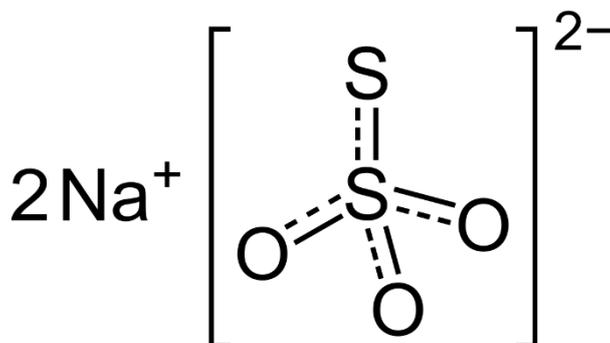
Sécurité : Le copolymère ne semble pas dangereux pour autant.

Utilité pour la tablette : Il s'agit d'un adjuvant.

Thiosulfate de sodium [39]

CAS : 7772-98-7 (anhydre), 10102-17-7 (pentahydraté)

Formule : $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$



Propriétés physico-chimiques : Il est liquide et miscible à l'eau. Son point de fusion $0,21^\circ\text{C}$ et sa densité est de $1,0062 \text{ g/mol}$ à 20°C . Il a un pH de 7,4.

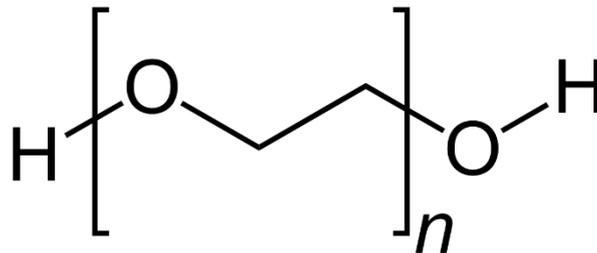
Sécurité : Ce produit ne doit pas être manipulé avec les iodures/sels de plomb, l'argent et le mercure. S'il est anhydre, il ne doit pas être en contact avec du nitrate, permanganate ou du chlorate de potassium. Il doit être conservé à l'abri des oxydants et acides dans un endroit ventilé et dans un récipient hermétique. Ce récipient ne doit pas être en plomb.

Utilité pour la tablette : C'est un stabilisateur d'enzyme.

PEG-8 [29]

CAS : 25322-68-3

Formule :



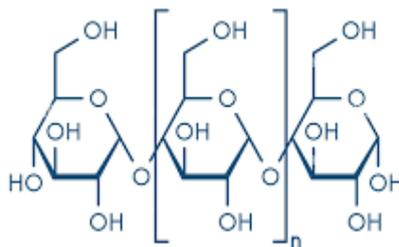
Propriétés physico-chimiques : Le polyéthylène glycol est classifié comme PEG/PPG, composé éthoxylé, glycol et polymère de synthèse

Utilité pour la tablette : Il s'agit d'un solvant. Il dissout les composants de la tablette.

Amylase [9]

CAS : 9000-90-2

Formule :



Propriétés physico-chimiques : L'amylase est une enzyme.

Utilité pour la tablette : C'est une enzyme, elle augmente les propriétés de nettoyage afin d'aider à éliminer certaines tâches à des températures plus basses.

Manganèse Methyltriazacyclononane [27]

CAS : non référencé

Formule : non référencée

Propriétés physico-chimiques : Le manganèse participe à la lutte contre les radicaux libres et peut remplacer le magnésium pour certains enzymes qui en ont besoin. Il est préparé à partir de minerais riches en oxydes et possède plusieurs fonctions dans différents domaines.

Sécurité : Le manganèse peut devenir dangereux s'il est ingéré en trop grosse quantité.

Utilité pour la tablette : Il s'agit d'un catalyseur de blanchiment qui augmente la performance de l'eau de Javel afin de rendre cette dernière plus efficace à basse température lorsque c'est le cas du programme choisi.

Il est cependant difficile de trouver des informations sur le composé présent dans les pastilles.

Colorant polymérique jaune [21]

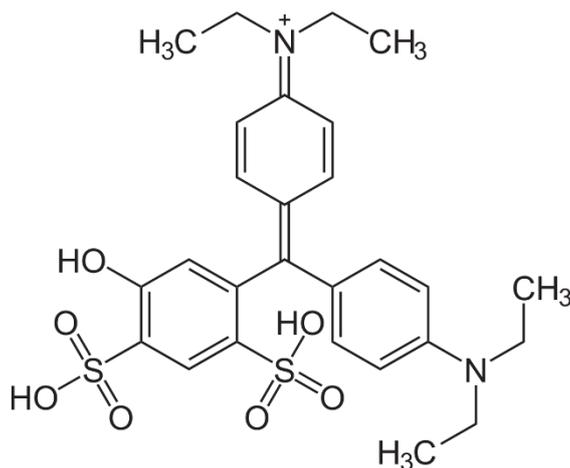
Propriétés physico-chimiques : Les polymères sont généralement utilisés dans les plastiques.

Utilité pour la tablette : Il s'agit d'un polymère ayant une coloration jaune. Il est difficile de trouver plus d'informations sur ce composé mais nous pouvons émettre l'hypothèse qu'il s'agit avant tout d'un colorant réalisé à partir de pigments minéraux ici jaune car la pastille de lave-vaisselle est au citron.

CI 42051 [18]

CAS : 20262-76-4 (sel de sodium), 3536-49-0 (sel de calcium).

Formule :



Propriétés physico-chimiques : Il est classifié comme un ammonium quaternaire et un colorant de synthèse. Il doit respecter la directive 95/45/CE de la Commission (E131).

Utilité pour la tablette : Le bleu patenté est un colorant bleu.

II - Annexes des expériences [II]

1) Fiches sécurité [II.1]

A) Dosage du peroxyde d'hydrogène [II.1.A]

La fiche sécurité de la pastille de lave-vaisselle est à regarder en *annexe [1]*.

Produit	Formule brute	n° CAS	Pictogrammes	EPI
Acide sulfurique	H ₂ SO ₄	7664-93-9		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.
Peroxyde d'hydrogène	H ₂ O ₂	7722-84-1		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.
Permanganate de potassium	KMnO ₄	7722-64-7		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton, hotte aspirante

B) Dosage du sodium et du potassium [II.1.B]

La fiche sécurité des produits utilisés est disponible ci-dessus dans *l'annexe [1]*.

C) Dosage des ions carbonates [II.1.C]

La fiche sécurité de la pastille de lave-vaisselle est à regarder en *annexe [1]*.

Calcium carbonate : Ca_2CO_3
 Sodium carbonate : Na_2CO_3 (10-25%)
 Sodium carbonate peroxyde : $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}_2$ (10-25 %)
 Sodium bicarbonate : NaHCO_3
 Acide chlorhydrique

	Formule brute	n° CAS	Pictogrammes	EPI
Calcium carbonate	CaCO_3	471-34-1		
Sodium carbonate	Na_2CO_3	497-19-8		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.
Sodium carbonate peroxyde	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5\text{H}_2\text{O}_2$	15630-89-4		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.
Sodium bicarbonate	NaHCO_3	144-55-8		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.
Acide chlorhydrique	HCl	7647-01-0		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.

D) Dosage des séquestrants [II.1.B]

La fiche sécurité de la pastille de lave-vaisselle est à regarder en *annexe [1]*.

Produit	Formule brute	n° CAS	Pictogrammes	EPI
NET	$C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$	67-63-0		Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.
Solution en ions Mg^{2+}		22537-22-0		(Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.)
Solution tampon Borax à pH=10	H_5NO	1310-73-2		(Lunettes de protection, gants en latex, blouse en coton.)

- NET

Le NET contient plusieurs dangers :

En cas d'inhalation, aérer et donner de l'air frais. Consulter un médecin en cas de troubles.

En cas de contact avec les yeux, rincer pendant plusieurs minutes sous l'eau courante en écartant les paupières.

En cas d'ingestion, consulter un médecin si des troubles apparaissent et persistent. Porter un équipement de protection (lunettes, blouse, gants) en cas de manipulation.

- Solution en ions Mg^{2+}

Cette solution contient plusieurs dangers :

En cas d'inhalation, aérer et donner de l'air frais. Consulter un médecin en cas de troubles.

En cas de contact avec les yeux, rincer pendant plusieurs minutes sous l'eau courante en écartant les paupières.

En cas d'ingestion, consulter un médecin si des troubles apparaissent et persistent. Porter un équipement de protection (lunettes, blouse, gants) en cas de manipulation.

- Solution tampon Borax à pH = 10

En cas de contact oculaire : rincer immédiatement et abondamment à l'eau, y compris sous les paupières, pendant au moins 15 minutes. Consulter un médecin.

En cas de contact cutané : rincer immédiatement et abondamment à l'eau pendant au moins 15 minutes. Consulter immédiatement un médecin en cas de symptômes. Retirer et laver les gants et vêtements contaminés, y compris leur doublure intérieure, avant réutilisation.

En cas d'ingestion : ne pas faire vomir. Consulter un médecin.

En cas d'inhalation : transporter la victime à l'air frais. En cas de difficultés respiratoires, administrer de l'oxygène. En l'absence de respiration, pratiquer la respiration artificielle. Consulter immédiatement un médecin.

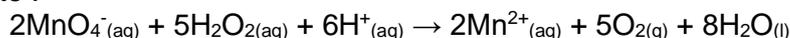
E) Dosage de l'eau [II.1.E]

La fiche sécurité des produits utilisés est disponible ci-dessus dans *l'annexe [1]*.

2) Protocoles [II.2]

A) Dosage du peroxyde d'hydrogène [II.2.A]

Nous pouvons effectuer un titrage par colorimétrie du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) par solution aqueuse de permanganate de potassium en considérant l'équation de réaction suivante :



Recherches préliminaires :

Formule de la constante d'équilibre :

$$K = \frac{[Mn^{2+}]^5}{[MnO_4^-]^5 [H_2O_2]^2}$$

Nous avons les deux équations rédox suivantes :



$$E_1 = E_1^\circ + \frac{0,06}{5} \log\left(\frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]}\right)$$



$$E_2 = E_2^\circ + \frac{0,06}{2} \log\left(\frac{P(O_2)[H^+]^2}{[H_2O_2]}\right)$$

A l'équilibre, nous avons $E_1 = E_2$ donc :

$$E_1 = E_1^\circ + \frac{0,06}{5} \log\left(\frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]}\right) = E_2 = E_2^\circ + \frac{0,06}{2} \log\left(\frac{P(O_2)[H^+]^2}{[H_2O_2]}\right)$$

Ainsi,

$$E_1^\circ - E_2^\circ = \frac{0,06}{2} \log\left(\frac{P(O_2)[H^+]^2}{[H_2O_2]}\right) - \frac{0,06}{5} \log\left(\frac{[MnO_4^-][H^+]^8}{[Mn^{2+}]}\right)$$

$$E_1^\circ - E_2^\circ = 0,006 \log\left(\frac{[Mn^{2+}]^5}{[H_2O_2]^2 [MnO_4^-]^5}\right)$$

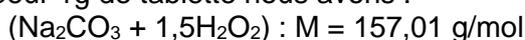
Donc, $K = 10^{\frac{E_1^\circ - E_2^\circ}{0,006}}$

Soit $K = 10^{\frac{1,51 - 0,69}{0,006}} = 10^{137}$

Nous voulons déterminer la teneur du H_2O_2 .

Il y a entre 10 et 25 % de percarbonate de sodium ($Na_2CO_3 + 1,5H_2O_2$) d'après la fiche de de sécurité.

Donc pour 1g de tablette nous avons :



$$0,1 \text{ g} < m < 0,25 \text{ g}$$

$$6,37 \times 10^{-4} \text{ mol} < n < 1,59 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

(H_2O_2) :

$$9,55 \times 10^{-4} \text{ mol} < n < 2,39 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Ainsi pour 1g de tablette nous avons entre $9,55 \times 10^{-4}$ mol et $2,39 \times 10^{-3}$ mol de H_2O_2 , donc un ordre de grandeur d'environ 10^{-3} mol.

$$n(Na_2CO_3 + 1,5H_2O_2) = 1,5 \cdot n(H_2O_2)$$

$$\text{Avec } n(H_2O_2) = \frac{5 \cdot V_{eq} \cdot C(MnO_4^-)}{2}$$

Ainsi la formule pour trouver

$$m(Na_2CO_3 + 1,5H_2O_2) = 1,5 \cdot \frac{5 \cdot V_{eq} \cdot C(MnO_4^-)}{2} \cdot M(Na_2CO_3 + 1,5H_2O_2)$$

On souhaiterait avoir un volume équivalent entre 10 et 20 mL, avec une concentration $C(MnO_4^-) = 0,02$ g/mol.

$$1,5 \cdot \frac{5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02}{2} \cdot 157,01 < m(Na_2CO_3 + 1,5H_2O_2) < 1,5 \cdot \frac{5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02}{2} \cdot 157,01$$

$$0,12 \text{ g} < m(Na_2CO_3 + 1,5H_2O_2) < 0,24 \text{ g}$$

Pour la masse de tablette, en prenant la masse maximum possible, nous trouvons donc :

$$m(\text{tablette}) = \frac{100}{25} \cdot m(Na_2CO_3 + 1,5 H_2O_2)$$

$$m(\text{tablette}) = \frac{100}{25} \cdot 0,24 = 0,96 \text{ g}$$

Nous arrondirons la pesée de la masse à 1g

Matériel nécessaire :

- Solution aqueuse de permanganate de potassium à 0,02 mol/L
- Une burette graduée
- Des fioles jaugées de différentes contenances
- Des pipettes jaugées (éventuellement)
- Un bécher
- Un erlenmeyer
- Un agitateur magnétique + barreau
- La tablette de lave-vaisselle à diluer
- Papier pH et pH mètre
- Acide sulfurique commercial dilué d'un facteur 5, $c = 18/5 = 3,6$ mol/l

Manipulation :

- Réduire en poudre une tablette de lave-vaisselle et en prélever 1g ;
- Dissoudre 1g de tablette avec un volume d'eau (environ 50 mL) ;
- Ajouter un volume $V = 10$ mL d'acide sulfurique à la solution pour l'acidifier et tester le pH ;
- Mettre en solution la burette graduée et la remplir d'une solution aqueuse de permanganate de potassium ;
- Ajouter le barreau aimanté et placer sur l'agitateur ;
- Effectuer le titrage rapidement en versant la solution de permanganate de potassium ;
- Repérer un intervalle du volume équivalent ;
- Refaire le tirage en goutte à goutte dans l'intervalle précédemment trouvé ;
- Définir l'équivalence avec l'observation du changement de couleur de la solution (de rose à transparent) ;

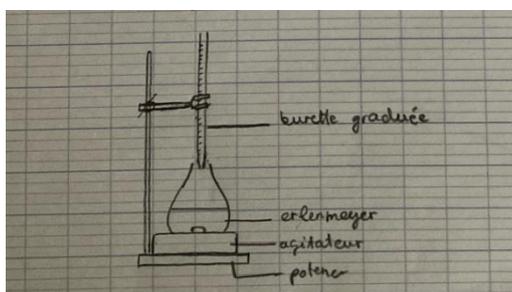


Schéma du dosage du peroxyde d'hydrogène

B) Dosage du sodium et du potassium [II.2.B]

[24], [25], [26]

Recherches préliminaires :

Pour commencer, le carbonate de sodium Na_2CO_3 est le plus abondant et représente entre 10 et 25%.

$$\%m(\text{Na}) = \frac{M(\text{Na})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)} = \frac{2 * 23}{2 * 23 + 12 + 3 * 16} = 0,43$$

Ainsi, l'intervalle avec le pourcentage maximal et minimal de carbonate de sodium présent dans la tablette de lave-vaisselle peut être calculé :

$$0,43 * 0,10 = 0,043 \text{ et } 0,43 * 0,25 = 0,108$$

Donc théoriquement la tablette contient entre 4 et 11 % de carbonate de sodium.

Ensuite, le percarbonate de sodium Na_2CO_4 est présent entre 10 et 25%.

$$\%m(\text{Na}) = \frac{M(\text{Na})}{M(\text{Na}_2\text{CO}_4)} = \frac{2 * 23}{2 * 23 + 12 + 4 * 16} = 0,377$$

Comme précédemment, l'intervalle de présence peut être calculer : $0,377 * 0,10 = 0,038$ et $0,377 * 0,25 = 0,095$

La tablette contient entre 4 et 10 % de carbonate de sodium.

Et enfin le silicate de sodium Na_2SiO_2 est présent entre 2,5 et 10%.

$$\%m(\text{Na}) = \frac{M(\text{Na})}{M(\text{Na}_2\text{SiO}_2)} = \frac{2 * 23}{2 * 23 + 28 + 3 * 16} = 0,434$$

Donc, de la même manière, $0,434 * 0,025 = 0,011$ et $0,434 * 0,10 = 0,04$

La tablette contient entre 1 et 4 % de carbonate de sodium.

Ainsi, il y a entre 9 et 25% de sodium dans la tablette de lave-vaisselle, et entre 0,09 g et 0,25 g de sodium dans 1g de tablette de lave-vaisselle.

La concentration en sodium étant trop importante, nous avons cherché à déterminer le volume de dilution à effectuer afin de travailler avec des volumes convenables et des concentrations en sodium cohérentes.

Nous décidons de faire une première dilution dans un volume de 100 ml d'eau (solution S0).

Nous avons alors $C = \frac{m}{V * M}$, donc c appartient à l'intervalle [0,04 ; 0,11] mol/L.

(avec $C_{\min} = \frac{0,09}{0,1 * 23} = 0,04$ mol/L et $C_{\max} = \frac{0,25}{0,1 * 23} = 0,11$ mol/L).

Pour effectuer une deuxième dilution et s'approcher d'une concentration de $2 \cdot 10^{-6}$ mol/L, nous avons calculé le facteur de dilution (entre $0,04 / 2 \cdot 10^{-4} = 200$ et $0,11 / 2 \cdot 10^{-4} = 550$). Ainsi nous décidons de diluer 1mL de la solution mère dans 200 mL d'eau (solution S1).

Après ces deux dilutions, la concentration devrait s'approcher de $2 \cdot 10^{-6}$ mol/L. Il sera alors possible de doser facilement la quantité de sodium dans la tablette.

Matériel nécessaire :

- Pilon et mortier
- Balance et spatule
- Bécher et entonnoir
- 4 fioles de 100 mL
- Eau milli-Q (eau plus filtrée que l'eau distillée pour éviter les réactions s'il y a encore du sodium)
- Bac à ultrasons
- 4 pipettes jaugées de 1 mL
- 4 fioles de 200mL
- 8 tubes adaptés à la centrifugeuse
- Centrifugeuse
- 8 béchers de 25 mL
- Photomètre de flamme
- Solutions étalons

Préparation de la solution à doser à partir de la pastille de lave-vaisselle :

- Écraser dans un mortier environ $\frac{1}{4}$ de la tablette de lave-vaisselle ;
- Peser précisément une masse proche de 1g sur une balance de précision à 10^{-3} et à l'aide de l'entonnoir introduire dans la fiole de 100 mL ;
- Remplir un peu en rinçant le bécher et l'entonnoir la fiole d'eau milli-Q et agiter pour favoriser la dissolution ;
- Pour finir la dissolution, placer la fiole dans un bac à ultrasons ;
- Compléter la fiole jusqu'au trait de jauge et agiter.
- Remplir au même niveau les tubes adaptés pour la centrifugeuse de la solution obtenue et les positionner de manière diamétralement opposée dans la centrifugeuse (cette étape sert à éliminer les particules s'il y en a) ;
- Prélever 1 mL de la solution obtenue, l'introduire dans une fiole de 200 mL et compléter jusqu'à la jauge d'eau milli-Q ;
- Répéter ces étapes 2 fois afin d'avoir 2 solutions différentes ;
- Puis verser un peu de solution dans un bécher de 25 mL ;
- Faire de même avec la solution mère, (celle de la solution dans la fiole de 100mL) qui servira pour doser le potassium s'il y en a ;

Préparation du photomètre de flamme :



Image du photomètre de flamme

- Allumer l'appareil en cliquant sur "power", la pompe située sous la paillasse, reliée à l'appareil, est à mettre en route également ;
- Allumer la flamme du photomètre : augmenter le débit de gaz au maximum après avoir ouvert les entrées de gaz, enfoncer l'élément blanc situé à l'arrière de l'appareil puis appuyer sur le bouton "ignition" pour initier l'allumage ;
- Rester appuyé sur ce dernier bouton jusqu'à l'allumage du logo de la flamme sur l'affichage numérique ;
- Lorsque ce logo apparaît, baisser le débit du gaz de 2 à 3 tours sur l'appareil ;
- Vérifier dans la cheminée (ou le tuyau bleu contenant le triangle rouge avec la flamme) que la flamme ne monte pas trop haut et ne dépasse pas de la cheminée ;
- Étalonner l'appareil, prenons l'exemple de l'étalonnage pour une expérience sur le sodium ;
- Verser de l'eau ultra pure dans un bécher puis le placer sous le tuyau d'aspiration. Laisser le système se stabiliser ;
- Lorsque cela est fait, l'appareil affiche une valeur numérique. A l'aide des deux boutons de sensibilité, modifier cette valeur pour que l'appareil affiche la valeur "0" ;
- Prendre la solution étalon de sodium de concentration $3 \cdot 10^{-4}$ mol/L et introduire le tuyau d'aspiration ;
- Régler la molette du bouton sensibilité pour régler l'affichage à 30 puis replacer le tuyau dans l'eau ultra pure.

C) Dosage des ions carbonates [II.2.C]

Recherches préliminaires et calcul de la masse de tablette nécessaire :

Liste des composants qui nous intéressent :

- Calcium carbonate : CaCO_3
- Sodium carbonate : Na_2CO_3 (10-25%)
- Sodium carbonate peroxyde : $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 1.5 \text{H}_2\text{O}_2$ (10-25 %)

Nous n'avons pas toutes les données donc nous estimons qu'il y a entre 40% et 60% d'ions carbonates.

Pour un gramme de tablette, nous avons :

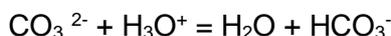
Une masse d'ions carbonates comprise entre $0,4\text{g} < m < 0,5\text{g}$.

La masse molaire est de $M = 61,0168 \text{ g/mol}$.

Ainsi, la quantité de matière est comprise entre $6,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol} < n < 8,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

Les ions carbonates sont à caractère basique c'est pourquoi nous voulons faire une réaction acido-basique des ions carbonates.

La réaction sera la suivante :



Nous obtenons $V_{\text{eq}} = \frac{n(\text{CO}_3)}{c(\text{H}_3\text{O})}$

Ainsi, $n(\text{CO}_3) = V_{\text{eq}} \cdot c$

Or nous voulons un volume équivalent d'environ égal à 14mL,

Donc nous prenons $n(\text{CO}_3) = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$,

Ce qui revient à une masse d'environ 0,17 g de tablette. Pour simplifier nous prendrons environ 0,1g.

Matériel :

- Solution aqueuse d'acide chlorhydrique
- Une burette graduée
- Des fioles jaugées de différentes contenances
- Un bécher
- Un erlenmeyer
- Un agitateur magnétique et un barreau
- Une tablette de lave-vaisselle à diluer
- Un pH mètre et un conductimètre

Schéma :

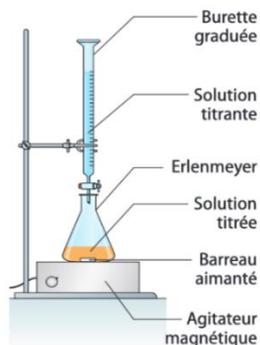


Schéma du dosage des ions carbonate

Manipulation :

- Réduire en poudre une tablette de lave-vaisselle et en prélever une masse de 0,1 g ;
- Dissoudre cette masse avec un volume d'eau (environ 50 mL) ;
- Faire la mise en milieu de la burette graduée et la remplir d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique (solution titré d'approximativement 0,1 mol/L) ;
- Ajouter le barreau aimanté et placer la solution de pastille dissoute sur l'agitateur ;
- Effectuer le suivi conductimétrique et pH métrique en versant la solution d'acide chlorhydrique.

D) Dosage des séquestrants [II.2.D]

Commençons par définir ce qu'est un séquestrant.

Les séquestrants ont pour rôle d'empêcher l'action des ions provenant d'une eau dure (calcium, magnésium...). Cela signifie que lorsque l'eau utilisée par le lave-vaisselle est dure ; donc qu'elle contient des ions calcium ou magnésium, par exemple, en grande quantité ; les séquestrants présents dans la pastille vont piéger ces ions pour les empêcher de nuire au nettoyage de la vaisselle.

Les séquestrants permettent de ralentir la vitesse de germination et de croissance des cristaux. Cela signifie qu'ils réduisent la formation du calcaire dans le lave-vaisselle permettant ainsi une plus grande durée de vie de ce dernier. Ainsi, ils permettent de protéger les appareils de chauffage de l'entartrage. Les séquestrants sont également utilisés dans l'entretien de l'eau de piscine.

Matériel :

- Burette 25 ± 0.03 mL
- Bécher 50 mL
- 1 pastille de lave-vaisselle
- Solution tampon borax à pH=10
- Indicateur coloré NET (réagit en présence d'ions Ca^{2+})
- Solution d'ions Mg^{2+} de concentration 1000 mg/L
- Agitateur magnétique
- Pipette jaugée 10 ± 0.02 mL
- Fioles jaugées 50 ± 0.06 mL, 100 ± 0.1 mL
- Spatule
- Coupelle
- Pilon et mortier
- Eau déionisée

Protocole :

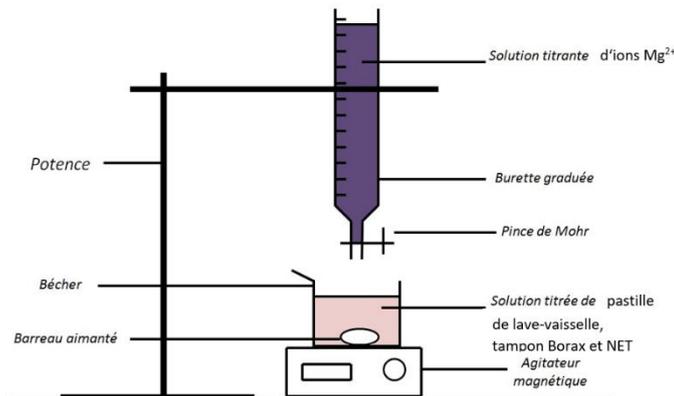


Schéma du dosage des séquestrants

- Porter des équipements de protection.
- Diluer la solution Mg^{2+} par 5 afin d'obtenir une concentration 200 mg/L.
 - Prélever 20 mL de solution à 1000 mg/L,
 - Verser dans une fiole jaugée de 100 mL,
 - Verser de l'eau déionisée aux deux tiers de la fiole et parfaire la solution dans un bain à ultrasons pour dissoudre entièrement la pastille.
 - Remplir d'eau déionisée jusqu'au trait. Nous avons alors une solution de concentration de 200 mg/L.
- Réaliser une expérience témoin :
 - Verser dans un bécher environ 20 mL d'eau déionisée (ne contenant aucun ions Mg^{2+} et Ca^{2+}).
 - Ajouter 20 mL de solution tampon Borax et quelques gouttes de NET.
 - La solution dans le bécher doit être bleue car le NET est libre.
 - Verser une goutte de solution de Mg^{2+} diluée.
 - La solution doit directement devenir rouge rosée car le NET complexe Mg^{2+} .
 - (Voir interprétation ci-dessous)
- Peser avec précision environ 1g de pastille préalablement réduite en poudre à l'aide du pilon et du mortier.
- Dissoudre dans une fiole jaugée de 50mL avec de l'eau déionisée. Nous pourrions parfaire la dissolution par passage dans un bain à ultrasons avant de remplir la fiole jaugée jusqu'au trait pour dissoudre complètement le solide.
- Prélever, à l'aide d'une pipette jaugée, 10 mL de cette solution.
- Verser les 10 mL dans un bécher.
- Ajouter 20 mL de solution tampon Borax et quelques gouttes de NET.
- Ici, le NET doit colorer la solution en bleu. Cela signifie qu'il est libre.
- Placer la burette sur la potence.
- Placer l'agitateur magnétique sous la burette.
- Placer un bécher "poubelle" sous la burette.
- Mettre en milieu la burette avec la solution d'ions Mg^{2+} .
- Faire le zéro de la burette.
- Enlever le bécher "poubelle" et placer le bécher contenant la solution de pastille de lave-vaisselle sous la burette.
- Ajouter le barreau aimanté dans le bécher.
- Titrer la solution de lave-vaisselle par la solution de Mg^{2+} . Repérer lorsque la solution présente dans le bécher passe du bleu pâle au rouge rosée : c'est l'équivalence.
- Déterminer, avec précision, le volume versé de Mg^{2+} lorsque le NET change de couleur.
- Effectuer à nouveau ce titrage mais avec 20 mL de solution de pastille de lave-vaisselle. Le but ici est d'avoir un volume équivalent plus élevé.

E) Dosage de l'eau

Nous ne pouvons pas estimer la quantité d'eau car nous n'avons pas d'informations sur la teneur en eau dans la tablette.

Matériel nécessaire :

- Pilon et mortier,
- Thermobalance et imprimante directement reliée donnant les résultats,
- Soucoupe en aluminium,
- Tablette de lave-vaisselle

Manipulation :

- Ecraser la tablette de lave-vaisselle à l'aide du pilon et du mortier ;
- Allumer la sorbonne ;
- Allumer la thermobalance et l'imprimante ;
- Régler l'appareil sur 120°C et 30 minutes ;
- Ouvrir le tiroir de l'appareil,
- Placer une soucoupe en aluminium,
- Fermer la balance et tarer l'appareil ;
- Ouvrir le tiroir et placer une masse d'environ 1 gramme de tablette écrasée ;
- Appuyer sur « Start » sur l'appareil ;
- Observer les résultats chaque minute sur le papier imprimé ;
- Choisir d'arrêter le chauffage lorsque la masse ne varie plus en appuyant sur « Stop » ;
- Récupérer le papier et analyser les résultats.

Images des résultats obtenus

Minuterie	30:00 min	Minuterie	30:00 min
Tempér.dessic.	120 °C	Tempér.dessic.	120 °C
Pesée	1.315 g	Pesée	1.120 g
1:00 min	1.303 g	1:00 min	1.111 g
2:00 min	1.298 g	2:00 min	1.105 g
3:00 min	1.295 g	3:00 min	1.102 g
4:00 min	1.293 g	4:00 min	1.100 g
5:00 min	1.292 g	5:00 min	1.099 g
6:00 min	1.290 g	6:00 min	1.097 g
7:00 min	1.288 g	7:00 min	1.096 g
8:00 min	1.287 g	8:00 min	1.094 g
9:00 min	1.285 g	9:00 min	1.093 g
10:00 min	1.284 g	10:00 min	1.092 g
11:00 min	1.283 g	11:00 min	1.091 g
12:00 min	1.282 g	12:00 min	1.090 g
13:00 min	1.281 g	13:00 min	1.090 g
14:00 min	1.281 g	14:00 min	1.089 g
15:00 min	1.280 g	15:00 min	1.088 g
Durée totale	15:01 min	Durée totale	15:02 min
Résult.final	1.280 g	Résult.final	1.088 g
>>>>>> MANUEL <<<<<<<<		>>>>>> MANUEL <<<<<<<<	
CS Scanné avec CamScanner		CS Scanné avec CamScanner	

3) Incertitudes [II.3]

A) Dosage du peroxyde d'hydrogène [II.3.A]

Matériel utilisé :

Balance : ± 0.1 mg

Burette : ± 0.03 mL

Sur le graphique, 1 mL correspond à 6 mm. Donc $U_{\text{exp}} = 1/6 \approx 0,2$ mL

$$\Delta U_{\text{burette}} = \sqrt{U_{\text{burette}}^2 + 2 * U_{\text{lecture}}^2 + U_{\text{exp}}^2} = \sqrt{0.03^2 + 2 * 0.05^2 + 0.2^2} \approx 0.3 \text{ mL}$$

$$\Delta U_{\text{balance}} = \pm 10 \text{ mg}$$

Incertitude totale :

$$\frac{U(V_{\text{eq}})}{V_{\text{eq}}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_{\text{burette}}}{V_{\text{burette}}}\right)^2} = \frac{0,3}{17,6} = 0,02$$

$$\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_{\text{balance}}}{m_{\text{balance}}}\right)^2} = 0,02$$

$$U(\text{teneur}) = \text{teneur} * \sqrt{\left(\frac{U(V_{\text{eq}})}{V_{\text{eq}}}\right)^2 + \left(\frac{U(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{U(C)}{C}\right)^2} = \frac{0,03}{0,5044} * \sqrt{0,02^2 + 0,02^2 + 0,003^2}$$

$$= 0,002$$

B) Dosage du sodium et du potassium [II.3.B]

Nous cherchons tout de même un intervalle de confiance à 95% de la teneur expérimentale. C'est pourquoi, nous avons tout d'abord fait une régression linéaire à une seule variable afin de trouver l'estimation de l'écart type :

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$= \frac{18}{4}$$

$$= 4.5$$

Nous trouvons ainsi $s_x = 0,048$, ce qui nous permet de calculer l'intervalle de confiance à 95% $U(x) = 2s_x n = 0,048$.

La teneur doit donc être comprise entre 0,20 et 0,30 $\text{g}_{\text{Na}}/\text{g}_{\text{tablette}}$, ce qui est le cas.

Avec la même méthode que précédemment nous cherchons à déterminer l'intervalle de confiance. Nous trouvons que la valeur moyenne est de $1.36 \cdot 10^{-4} \text{g}_{\text{K}}/\text{g}_{\text{tablette}}$ qui s'explique par la faible présence de potassium dans la tablette de lave-vaisselle. Nous procédons aux mêmes étapes que pour le sodium afin de déduire l'estimation de l'écart type $s_x = 2,0 \cdot 10^{-5}$ qui nous permet de trouver l'intervalle de confiance à 95%, $U(x) = 2,0 \cdot 10^{-5}$. Nous pouvons donc conclure que la teneur de potassium est comprise entre $1.1 \cdot 10^{-4}$ et $1.6 \cdot 10^{-4} \text{g}_{\text{K}}/\text{g}_{\text{tablette}}$.

C) Dosage des ions carbonates [II.3.C]

Incertitudes sur le matériel utilisé :

Balance : ± 0.1 mg

Burette : ± 0.03 mL

Fiole 50mL : ± 0.06 mL

Pipette 10mL : ± 0.02 mL

Fiole 100mL : ± 0.1 mL

$$\Delta U_{burette} = \sqrt{U_{burette}^2 + 2 * U_{lecture}^2 + U_{exp}^2} = \sqrt{0.03^2 + 2 * 0.05^2 + 0.2^2} \approx 0.3 \text{ mL}$$

$$\Delta U_{balance} = \pm 10 \text{mg}$$

$$\Delta U_{fiole50} = \sqrt{U_{fiole50}^2 + U_{lecture}^2} = \sqrt{0.06^2 + 0.05^2} \approx 0.8 \text{ mL}$$

$$\Delta U_{fiole100} = \sqrt{U_{fiole100}^2 + U_{lecture}^2} = \sqrt{0.1^2 + 0.05^2} \approx 0.2 \text{ mL}$$

$$\Delta U_{pipette10} = \sqrt{U_{pipette10}^2 + 2 * U_{lecture}^2} = \sqrt{0.02^2 + 2 * 0.05^2} \approx 0.08 \text{ mL}$$

Incertitude totale :

$$\frac{U(V_{eq})}{V_{eq}} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_{burette}}{V_{burette}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U_{fiole50}}{V_{fiole50}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U_{fiole100}}{V_{fiole100}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U_{pipette10}}{V_{pipette10}}\right)^2} = 0,02$$

$$\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{\Delta U_{balance}}{m_{balance}}\right)^2} = 0,1$$

Nous avons également pour la teneur,

$T = \frac{C(HCl) * V_{eq1}}{m_{pesée}}$ donc l'incertitude sera :

$$U(teneur) = teneur * \sqrt{\left(\frac{U(V_{eq})}{V_{eq}}\right)^2 + \left(\frac{U(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{U(C)}{C}\right)^2} * 100 = 7\%$$

D) Dosage des séquestrants [II.3.D]

Ce dosage ne comporte pas d'incertitude puisqu'il est qualitatif.

E) Dosage de l'eau

Tout d'abord, calculons l'incertitude pour la première expérience.

Soit m la masse pesée au départ, m_{exp} la masse finale, T la teneur massique et Δ_{exp} l'incertitude sur la masse finale.

L'incertitude de la thermobalance vaut $\sqrt{\frac{2}{3}}$.

$m=1315\text{mg}$, $m_{exp}=35\text{mg}$

Il vient donc :

$$\frac{\Delta_{exp}}{m_{exp}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\frac{2}{3}}}{1315}\right)^2 + \left(\frac{(\sqrt{\frac{2}{3}})^2 + (\sqrt{\frac{2}{3}})^2}{1280}\right)^2} = 1,21 \cdot 10^{-3} \text{mg}$$

Ainsi, on trouve $\Delta_{exp}= 4,24 \cdot 10^{-2} \text{mg}$

Et $m_{exp} = 35,0000 \pm 0,0012 \text{mg}$

Donc $T = \frac{0,035}{1,315} = 26,6160 \pm 0,0012 \text{mg/g}$.

Maintenant, calculons l'incertitude pour la seconde expérience.

Soit m la masse pesée au départ, m_{exp} la masse finale, T la teneur massique et Δ_{exp} l'incertitude sur la masse finale.

L'incertitude de la thermobalance vaut $\sqrt{\frac{2}{3}}$.

$m=1120\text{mg}$, $m_{exp}=32\text{mg}$

Il vient donc :

$$\frac{\Delta_{exp}}{m_{exp}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\frac{2}{3}}}{1120}\right)^2 + \left(\frac{(\sqrt{\frac{2}{3}})^2 + (\sqrt{\frac{2}{3}})^2}{1088}\right)^2} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{mg}$$

Ainsi, on trouve $\Delta_{exp}= 4,58 \cdot 10^{-2} \text{mg}$

Et $m_{exp}=32,0000 \pm 0,0014 \text{mg/g}$

Donc $T = \frac{0,032}{1,120} = 28,5714 \pm 0,0014 \text{mg/g}$.

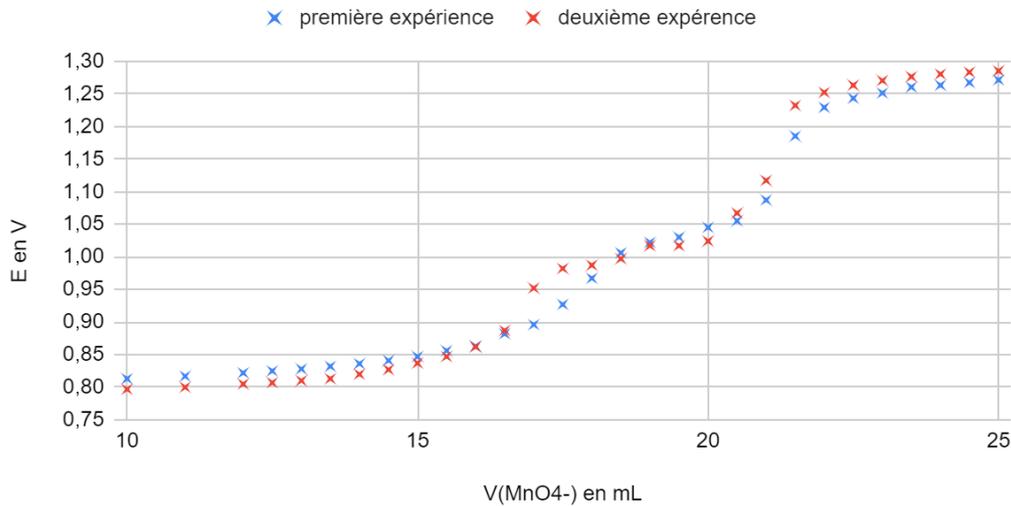
En moyenne, on obtient une teneur massique de $\frac{26,6160+28,5714}{2} = 27,5937 \pm 0,0013 \text{mg/g}$.

Donc dans une tablette de 12 grammes, $m_{eau}=27,5937 \cdot 12 = 331,124 \pm 0,016 \text{mg}$.

4) Fin d'interprétation [II.4]

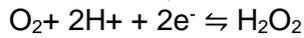
A) Dosage du peroxyde d'hydrogène [II.4.A]

dosage du peroxyde d'hydrogène avec du permanganate de potassium



Soit le couple O₂/H₂O₂,

Nous avons,



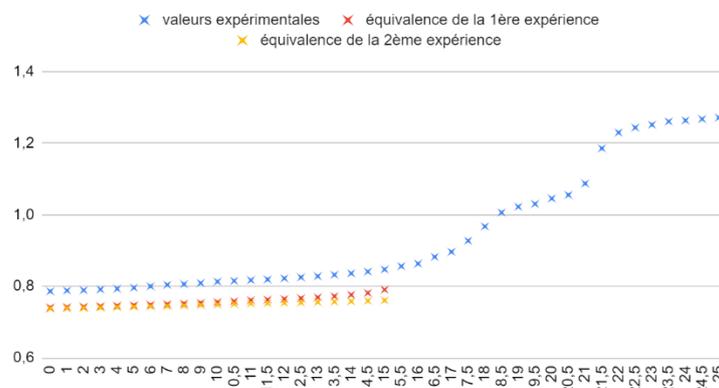
$$E = E^\circ + \frac{0,06}{2} \log\left(\frac{P_{O_2}[H^+]^2}{[H_2O_2]}\right)$$

Avec P(O₂) = 1 bar et [H⁺] = 1 mol/L

$$\text{Et } [H_2O_2] = \frac{5 * C(MnO_4^-)(V_{eq} - V)}{2 * (V(H_2O_2) + V(MnO_4^-))}$$

$$E = E^\circ + \frac{0,06}{2} \log\left(\frac{1}{\frac{5 * C(MnO_4^-)(V_{eq} - V)}{2 * (V(H_2O_2) + V(MnO_4^-))}}\right) = 0,69 + 0,03 \log\left(\frac{2 * (40 + V(MnO_4^-))}{5 * 0,02 * (V_{eq} - V(MnO_4^-))}\right)$$

Coupe comparative expérimentale-théorique



B) Dosage du sodium et du potassium [II.4.B]

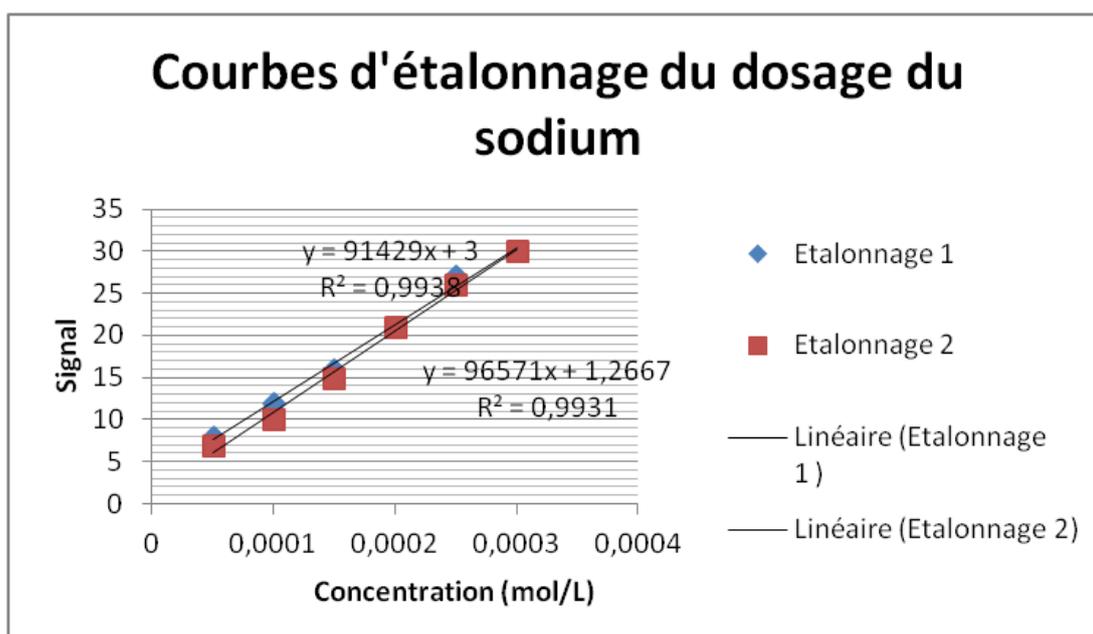
Nous avons tout d'abord prélevé une masse, m , de la tablette de lave-vaisselle que nous avons mis en solution (appelé $S_{1-(\text{numéro de l'échantillon})}$). Nous avons répété cette opération 2 fois dans un premier temps, mais par suite de résultats trop divergents nous avons été amenés à réaliser deux autres mesures afin de nous faire une idée plus précise.

Suite à la préparation des solutions diluées correspondant à chaque masse (voir en annexe [II.2.B] et appelées $S_{2-(\text{numéro de l'échantillon})}$ dans la suite de l'annexe), nous avons utilisé le photomètre de flamme afin de pouvoir déterminer la concentration de sodium présente dans chaque solution. Néanmoins, avant de prélever les valeurs lues sur l'appareil, nous avons étalonné l'appareil avec des solutions étalons réalisées au préalable. Ces valeurs nous permettront par la suite de pouvoir déterminer la quantité de sodium, car les coefficients que nous lisons sur le photomètre de flamme sont proportionnels à la concentration. Grâce à la courbe d'étalonnage que nous avons réalisée, nous pourrions trouver les concentrations souhaitées.

Nous avons dû tracer deux courbes d'étalonnage, en effet, dans un premier temps nous espérons n'avoir à réaliser que deux solutions (S_{2-1} et S_{2-2}) mais suite aux premières mesures, nous avons constaté des résultats assez différents de la valeur théorique. Pour confirmer ou non ces résultats, nous avons décidé de préparer deux autres solutions (S_{2-3} et S_{2-4}) et donc nous avons dû réétalonner l'appareil. Les valeurs de ces deux étalonnages sont donc :

Concentration (mol/L)	$3 \cdot 10^{-4}$	$2.5 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	$1.5 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-4}$
Coefficient (Ech 1 et 2)	30	27	21	16	12	8
Coefficient (Ech 3 et 4)	30	26	21	15	10	7

Grâce à ces résultats nous effectuons une régression linéaire et nous trouvons les courbes suivantes :



Par la suite nous allons effectuer les mesures sur les solutions diluées que nous avons préparées grâce au photomètre de flamme. Les résultats sont donc les suivants :

Echantillon	S ₂₋₁	S ₃₋₁	S ₂₋₂	S ₂₋₃	S ₂₋₄
Signal	59	24	40	50	62

Nous remarquons que ces valeurs sont assez hautes et assez éloignées de la courbe d'étalonnage. Pour cette raison, nous avons décidé de diluer la solution S₂₋₁ en une solution S₃₋₁ (20 mL de S₂₋₁ dans 50 mL d'eau) afin de vérifier les résultats. Nous trouvons donc un facteur de 5/2=2,5 (S₃₋₁ est donc la solution S₂₋₁ diluée 2,5 fois). Pour la solution, S₃₋₁, nous obtenons un signal de 24 sur le photomètre de flamme. Ainsi, suite à la dilution le signal est passé de 59 à 24, et 59/24 ≈ 2,3, ce qui est cohérent avec le facteur de dilution.

Nous allons donc exploiter les graphiques ci-dessous, plus précisément les équations des droites, pour déterminer dans un premier temps la concentration de sodium présente dans chacune des solutions diluées. Celles-ci vont nous permettre de trouver la concentration recherchée à l'aide d'une simple équation. Nous cherchons donc les concentrations de sodium associées aux coefficients lus sur le spectromètre de flamme.

Nous trouvons donc pour la première courbe d'étalonnage $x = \frac{y-3}{91429}$ et pour la deuxième $x = \frac{y-1.2667}{96571}$. Une fois les concentrations déterminées, nous allons pouvoir déterminer les quantités de matière de sodium associé à la solution mère. Nous devons donc calculer $n_{S1} = C_{sol.mère} * V_{sol.mère}$ avec $C_{sol.mère} = C_{S2} * 200 \text{ mol/L}$ et $V_{sol.mère} = 100 \text{ mL}$.

Nous pouvons ainsi en déduire la teneur de la solution, $t = \frac{n_x * M_{Na}}{m_{tablette}}$.

Ces calculs sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

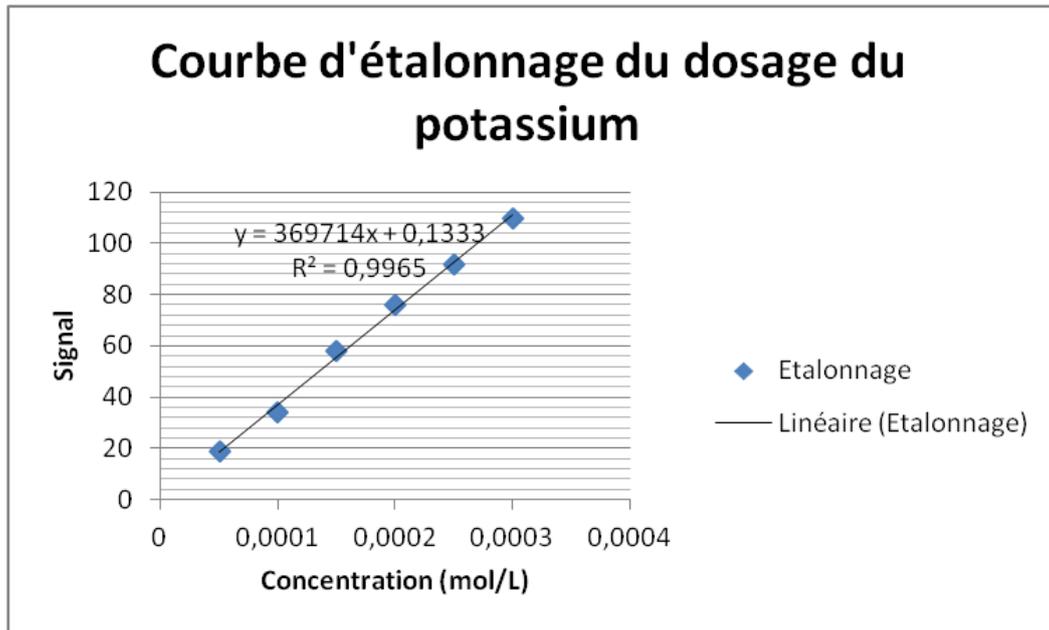
	Ech 1	Ech 2	Ech 3	Ech 4
m pesée (g)	1.00145	1.0000	1.0001	0.9991
Signal sur S ₂	59	40	50	62
Etalonnage	y = 91429 x + 3 (r ² =0,9938)		y = 96571x + 1.2667 (r ² =0,9931)	
C _{S2} (mol/L)	6,12*10 ⁻⁴	4,05*10 ⁻⁴	5,05*10 ⁻⁴	6,29*10 ⁻⁴
n _{S1} (mol)	12,24*10 ⁻³	8,1*10 ⁻³	10,1*10 ⁻³	12,58*10 ⁻³
Teneur (gNa/gtablette)	0,28	0,186	0,23	0,29

Nous avons donc une valeur moyenne de 0,25 g_{Na}/g_{tablette}, qui appartient bien à l'intervalle théorique, [0,09 ; 0,25].

Nous allons maintenant nous intéresser au dosage du potassium.

De la même manière que précédemment, nous allons construire la courbe d'étalonnage à partir des valeurs suivantes :

Concentration (mol/L)	3*10 ⁻⁴	2.5*10 ⁻⁴	2*10 ⁻⁴	1.5*10 ⁻⁴	1*10 ⁻⁴	0.5*10 ⁻⁴
Signal	110	92	76	58	34	19



Grâce à l'équation de droite, nous pouvons trouver la concentration du potassium dans les S_{1-1} , S_{1-2} , S_{1-3} et S_{1-4} et en déduire la quantité de matière de potassium puis la teneur :

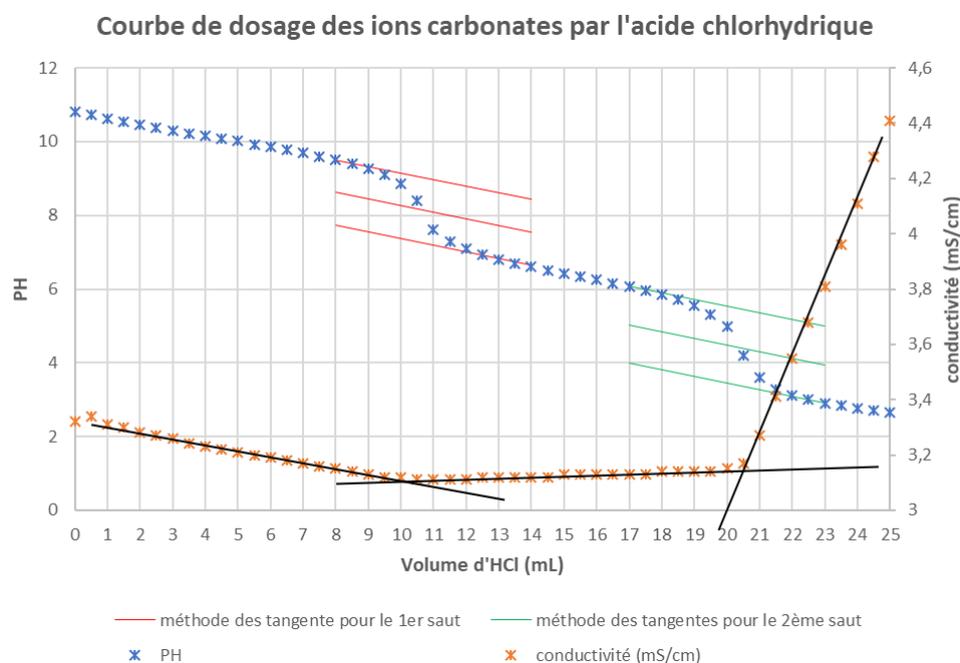
	$C_{S_1}(\text{mol/g})$	$n_{S_1}(\text{mol})$	Teneur (gK/gtablette)
Ech 1	$3.75 \cdot 10^{-5}$	$3.75 \cdot 10^{-6}$	$1,46 \cdot 10^{-4}$
Ech 2	$4.02 \cdot 10^{-5}$	$4.02 \cdot 10^{-6}$	$1,57 \cdot 10^{-4}$
Ech 3	$2.94 \cdot 10^{-5}$	$2.94 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-4}$
Ech 4	$3.21 \cdot 10^{-5}$	$3.21 \cdot 10^{-6}$	$1,26 \cdot 10^{-4}$

La valeur moyenne est de $1.36 \cdot 10^{-4} \text{ gK/g}_{\text{tablette}}$ qui appartient bien à l'intervalle théorique, $[1.1 \cdot 10^{-4} ; 1.6 \cdot 10^{-4}] \text{ gK/g}_{\text{tablette}}$. Ces valeurs sont complètement expérimentales. En effet, au départ nous n'avions pas de renseignements sur la présence de potassium dans la tablette. Nous observons tout de même qu'il y a du potassium, même si c'est dans de faibles proportions.

C) Dosage des ions carbonates [II.4.C]

Calcul de la teneur avec le volume équivalent :

Nous utilisons la méthode des tangentes pour déterminer les volumes équivalents trouvés grâce au dosage pH-métrique et nous utilisons aussi la conductivité pour déterminer l'équivalence.



Grâce à l'analyse du pH, nous voyons deux sauts de pH donc nous avons deux volumes équivalents,

$V_{eq1} = 10.5\text{mL}$ et $V_{eq2} = 20.25\text{ mL}$.

Grâce à l'analyse de la conductivité, nous trouvons également deux volumes équivalents,

$V_{eq1} = 10.2\text{mL}$ et $V_{eq2} = 20.5\text{ mL}$.

Cela donne :

V_{eq}	Eq 1	Eq 2
Méthode pH	10.5	20.25
Méthode conductivité	10.2	20.5
Moyenne	10.35	20.375

Nous pouvons voir que le deuxième volume équivalent est le double du premier aux incertitudes de lecture et expérimentales près. Cela signifie que la quantité de bicarbonates dosés lors de la seconde équivalence est négligeable devant celle des carbonates.



Nous pouvons ainsi trouver la quantité des ions carbonates grâce à la formule suivante :

Pour $V_{eq} = V_{eq1} = 10.35\text{mL}$,
Soit, $n(\text{CO}_3^{2-}) = V_{eq} \cdot C(\text{H}_3\text{O}^+)$,
 $n(\text{CO}_3^{2-}) = 10.35 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}$,
Donc, $n(\text{CO}_3^{2-}) = 1.035 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

Pour $V_{eq} = V_{eq2} - V_{eq1} = 10,025\text{mL}$,
Soit, $n(\text{CO}_3^{2-}) = V_{eq} \cdot c(\text{H}_3\text{O}^+)$,
 $n(\text{CO}_3^{2-}) = 10,025 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3}$,
Donc, $n(\text{CO}_3^{2-}) = 1,025 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

Nous obtenons une moyenne de quantité de matière $n(\text{CO}_3^{2-}) = 1.030 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.
Cependant, V_{eq} devrait être plus grand que V_{eq} donc nous ne le prenons pas en compte.

De plus, nous avons $M(\text{CO}_3^{2-}) = 60.0089 \text{ g/mol}$.

Pour 0.10033 g de tablette, nous trouvons :

$$m(\text{CO}_3^{2-}) = M(\text{CO}_3^{2-}) \cdot n(\text{CO}_3^{2-})$$

$$m(\text{CO}_3^{2-}) = 60,0089 \cdot 1.03 \cdot 10^{-3}$$

$$m(\text{CO}_3^{2-}) = 0.0618 \text{ g}$$

La teneur en ions carbonate est donc de :

$$T = (0.06318 / 0.10033) \cdot 100 = 0.6297 \cdot 100 = 63\%$$

D) Dosage des séquestrants [II.4.D]

La quantité de séquestrants dans la pastille est-elle suffisante pour un lavage ?

Il est à noter que l'analyse qui va suivre n'est qu'approximative au vu des informations que nous possédons sur ces séquestrants.

L'analyse se basera sur la teneur en ions Mg^{2+} et Ca^{2+} dans l'eau de Rouen. Dans cette ville, l'eau est composée de 4,5 mg/L d'ions Mg^{2+} et 105 mg/L d'ions Ca^{2+} . Notons que

*pour un lavage en lave-vaisselle, il faut en moyenne 12 litres d'eau. Soit un nombre de $3,14 \cdot 10^{-2}$ moles pour les ions Ca^{2+} et $2,22 \cdot 10^{-3}$ moles pour les ions Mg^{2+} pour un volume de 12L. Nous avons donc $3,36 \cdot 10^{-2}$ moles environ.

Sachant que la pastille pèse environ 12 grammes, sa teneur durant un lavage à 12 litres d'eau est de 1 g/L.

Dans la manipulation, nous utilisons une solution en ions Mg^{2+} à 200 mg/L. La solution de pastille de lave-vaisselle contient 1 gramme de pastille pour 50 mL d'eau déionisée soit une teneur de 0,2 g/L.

Si nous faisons l'étude avec 10 mL de solution de pastille de lave-vaisselle. En faisant une moyenne des deux manipulations effectuées, nous pouvons dire que le volume équivalent versé est de 7,75 mL environ.

Pour "détruire" les séquestrants présents à 0,2 g/L, il faut donc 7,75 mL de solution d'ions Mg^{2+} à 200 mg/L.

Ainsi cela correspond à une masse de :

$$m = 200 \cdot 7,75 \cdot 10^{-3} = 1,55 \text{ mg pour 1 gramme de tablette et pour une solution de } \text{Mg}^{2+} \text{ à } 200 \text{ mg/L}$$

Cela correspond à :

$$m = 1,55 \cdot 5 = 7,75 \text{ mg pour 1 gramme de tablette et pour une solution de } \text{Mg}^{2+} \text{ à } 1 \text{ g/L et donc } 93 \text{ mg pour 12 grammes de pastille}$$

Soit une quantité de matière de :

$$n = 93 \cdot 10^{-3} / 24,305 = 3,83 \cdot 10^{-3} \text{ moles car la masse molaire du magnésium est de } 24,305 \text{ g/mol}$$

Il faut $3,83 \cdot 10^{-3}$ moles d'ions Mg^{2+} pour que tous les séquestrants aient réagi pour une pastille de 12 grammes.

Sachant qu'à Rouen, nous comptons $3,36 \cdot 10^{-2}$ moles d'ions dans l'eau, à première vue la quantité en séquestrant ne semble pas suffisante face au nombre de moles dans l'eau.

Cependant, il est à noter que dans le lave-vaisselle, nous introduisons du sel régénérant qui effectue un premier traitement des ions présents dans l'eau avant d'envoyer l'eau dans le lave-vaisselle. De plus, certains lave-vaisselles contiennent aujourd'hui un système d'adoucissement, appelé adoucisseur d'eau, permettant de réguler la dureté de l'eau grâce à une analyse très simple et rapide de l'eau. Nous pouvons notamment retrouver ce système sur des lave-vaisselles *Beko*.

Remarquons que les séquestrants peuvent, pour certains, représenter une certaine dangerosité. Donc, nous pourrions effectuer une analyse plus poussée concernant l'identité des séquestrants et leur utilité dans la pastille de lave-vaisselle pour en utiliser le moins possible et les moins dangereux possibles. A ce stade d'études, il est difficile de pouvoir analyser tout cela.