

LE CARNAGE DES BREUVAGES

ÉMILY BOUCHARD ET JUSTINE TREMBLAY

ABSTRACT

During this project, we chose to study dental erosion because people consume more and more sweet, sour, salty, and carbonated drinks. This growing consumption has several negative effects on their general health and their dental health. The goal of this experiment is to confirm that acidic beverages have different effects on tooth surfaces. For the hypotheses, the first one states that dental erosion becomes more significant with the decrease of the pH of the solution with which it is in contact. The second one states that, after soaking, dental erosion of tooth surfaces is more significant according to the order of the following drinks: first lemonade, second Gatorade, and finally RedBull. To perform this experiment, 63 extracted teeth were disinfected, dried, weighed, and photographed. First of all, 7 solutions were selected: 3 of which we produced by ourselves in the laboratory with 3 different low pH, then Gatorade, lemonade, RedBull, and distilled water. 9 teeth were immersed individually in each of these solutions for a period of 4 weeks. Twice a week, all of the solutions were replaced in order to keep them fresh. After these 4 weeks, each tooth was dried, weighed, and photographed again, which the final results could then be compared to the initial data. One tooth from each solution was selected to undergo the qualitative test of enamel hardness by attempting to scratch the enamel with a diamond-tipped pencil. We cannot affirm or deny our hypotheses because we have not been able to obtain concrete and meaningful results. On the other hand, we can say that the phenomenon of dental erosion did occur as all teeth experienced mass loss.

MOTS CLÉS : Chimie, dents, érosion dentaire, email, boissons, acidité.

INTRODUCTION

Dans la société actuelle, les gens consomment d'énormes quantités de boissons acides, telles que des jus, des boissons énergisantes, des

boissons gazeuses et autres équivalentes, hebdomadairement, voire même quotidiennement. Dans les deux dernières décennies, ces mêmes boissons ont gagné en

popularité. Certains chercheurs ont établi que la prévalence globale de l'érosion dentaire des personnes âgées entre 5 et 88 ans est d'environ 37,9 % (Internet 1).

Pour ce qui est de la partie biologique de la dent, elle est composée de plusieurs structures (voir figure 1). Parmi toutes ses composantes, nous y retrouvons deux grandes parties, soient la couronne et la racine. La dent est formée de quatre types de tissus : l'émail, la dentine, la pulpe et le ciment.

- > L'émail : il recouvre l'externe de la périphérie de la couronne et est la partie la plus minéralisée et dure de tout l'organisme. Il est constitué principalement de phosphate de calcium ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).
- > La dentine : elle se retrouve au centre de la dent (donc au centre de la couronne et de la racine) et sert à protéger la pulpe dentaire et les tissus conjonctifs qui contiennent les nerfs et les vaisseaux.
- > Le ciment : il se retrouve sur la paroi de la racine et sert de cartilage entre l'os alvéolaire et la dent.
- > La pulpe : elle se trouve à l'intérieur de la dentine et sert d'organe vasculo-nerveux. Elle est constituée de tissus conjonctifs et lymphatiques, de nerfs et de vaisseaux.

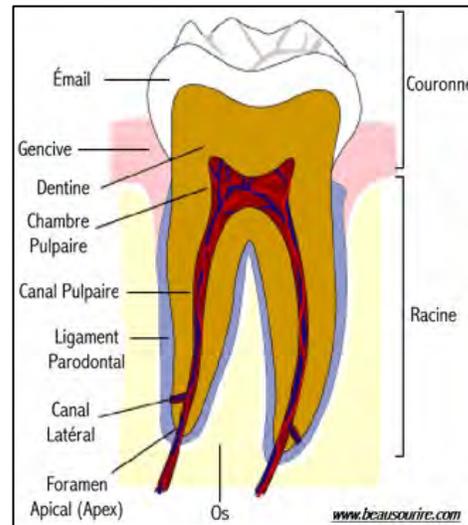


Figure 1. La structure de la dent (Internet 2).

L'érosion dentaire est définie comme la perte irréversible de la structure dentaire due à un processus chimique de déminéralisation (une dissolution du minéral dentaire se produit) et ceci se produit sans l'implication de bactérie. L'érosion dentaire est une condition multifactorielle et a une étiologie complexe. Les sources d'acides peuvent être intrinsèques ou extrinsèques. En effet, il existe plusieurs exemples de sources intrinsèques, tels que les reflux gastro-œsophagiens, les régurgitations et les vomissements spontanés. La source extrinsèque la plus importante d'exposition des dents aux acides est le régime alimentaire, dont la consommation de boissons. Ce phénomène sur la substance dentaire est le résultat de l'action des acides dont le pH est inférieur à 6,5, considérant les seuils critiques de 5,5 pour l'émail et de 6,5 pour la dentine et le ciment (Internet 1). Ce

phénomène est une réaction de déminéralisation (voir la figure II).

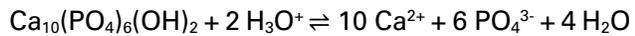


Figure II. Réaction de déminéralisation de l'hydroxyapatite de calcium de l'émail dentaire (Internet 3).

L'émail est avasculaire, acellulaire et non innervé. Il est organisé en prismes et en substances interprismatiques, eux-mêmes composés de cristaux. Sa composition est de 96 % de phase minérale, 3,2 % d'eau et de 0,8 % de matière organique (Internet 1). Lors d'un contact prolongé avec les acides, les minéraux de la dent s'en libèrent pour tenter de venir neutraliser l'environnement. La déminéralisation érosive des composantes anorganiques de l'émail se caractérise par un ramollissement initial en surface, qui varie en fonction de la fréquence et du temps de contact avec les acides. Ce processus est suivi d'une dissolution continue, couche par couche, des cristaux d'émail, ce qui conduit à sa perte progressive jusqu'à pouvoir disparaître par endroit dans les cas sévères. La dentine, ainsi exposée, devient affectée à son tour, et d'autant plus sévèrement puisqu'elle possède plus de minéraux solubles et une phase minérale moins importante (de 70 %) (Internet 1). Le ciment est minéralisé à 65 % et représente la portion la moins minéralisée de la dent (Internet 4). L'érosion dentaire affaiblit ainsi les tissus durs minéralisés, entraînant subséquemment la diminution de leur résistance à l'usure lors de la

mastication et du brossage par exemple. Il est difficile de percevoir visuellement l'érosion aux premiers stades. Les premiers signes typiques d'érosion de l'émail sont l'apparition d'un émail lisse, soyeux et terne (une perte de brillance), indiquant une augmentation de la rugosité de l'émail au niveau microscopique. Au stade plus sévère, on note alors une perte de volume, soit souvent sous forme de cavité.

En effet, il est important de considérer le pouvoir érosif des boissons consommées sur une base plus ou moins régulière, afin d'être davantage conscient des potentiels dommages que ces breuvages peuvent entraîner sur la santé buccodentaire. C'est d'autant plus important d'être bien informé à ce sujet, puisque ce sont des conséquences irréversibles qui peuvent survenir.

Tableau I. Table des boissons en fonction de leur pH et de leur pouvoir érosif (Internet 5).

Extrêmement érosives	
Boissons	pH
Pepsi	2,39
Limonade Minute Maid	2,57
RockStar Energy Drink	2,74
V8, Splash Tropical Blend	2,93
Érosives	
Boissons	pH
Gatorade	3,08
7up	3,24
RedBull Energy Drink	3,37
Welch's 100% Grape juice	3,38
Minimalement érosives	
Boissons	pH
V8 vegetable juice	4,23

Root Beer A&W	4,27
Café Starbucks	5,11
Eau minérale Perrier	5,25

Le but de l'expérimentation présentée ici est de confirmer que les boissons acides produisent différents effets sur l'émail dentaire. Les hypothèses ont été établies en fonction des connaissances de base que les étudiantes possédaient et celles qu'elles ont acquises suite aux nombreuses recherches effectuées. Deux hypothèses ont été retenues pour ce projet. Tout d'abord, la première d'entre elles stipule que l'érosion dentaire augmente avec la diminution du pH. La deuxième hypothèse indique que l'érosion dentaire est plus importante pour une dent ayant trempée, selon l'ordre suivant, dans :

1. la limonade de la marque « Minute Maid » (ayant un pH de 2,57)
2. le Gatorade de la sorte « cool blue » (ayant un pH de 3,08)
3. le RedBull du type « original » (ayant un pH de 3,37).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

La liste de matériel utilisé se trouve à l'annexe 1.

Les dents utilisées sont toutes des dents de sagesse extraites à la clinique de chirurgie buccale et maxillo-faciale de Dr Claude David. Pour les manipuler sans danger, les dents ont été préalablement désinfectées à l'aide de méthanal (formaldéhyde) concentré à 1%. Celles-ci ont été immergées dans cette solution pour

une durée d'une semaine, pour finalement les sortir dans le but de les rincer et de les faire sécher dans l'étuve à une température de 30 °C pour une durée de 24 h.



Figure III. Les dents dans l'étuve.

Par la suite, différentes quantités d'acide chlorhydrique (HCl) ont été diluées dans un litre d'eau distillée afin d'obtenir trois solutions ayant des pH égaux aux trois boissons choisies et achetées aux fins de l'expérimentation. Pour ce faire, l'équipe a utilisé les formules suivantes (voir les calculs et la signification des différentes variables à l'annexe 3) :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH}$$

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

$$C = \frac{\rho V_1}{M_1 V_{slt}}$$

Avant l'immersion des dents, elles ont toutes été pesées et photographiées afin de pouvoir obtenir des résultats quantitatifs et qualitatifs. Chacune d'elle a été placée individuellement dans une éprouvette numérotée, pour ensuite être regroupée en groupe de

huit par boissons et solutions préparées de pH définis.



Figure IV. Toutes les dents dans leur éprouvette respective.

De plus, les sept dents restantes ont aussi été mises dans des éprouvettes contenant chacune une boisson ou solution différente afin de tenter de rayer leur émail dans le but de juger de l'importance de l'amollissement de leur surface. Les liquides ont été changés deux fois par semaine, pour une période de quatre semaines, durant laquelle les dents sont restées immergées. Les dents sont demeurées à une température moyenne de 20,2 °C pour toute la durée de l'expérimentation. Il a été possible d'observer une coloration des racines pour les dents dont les boissons dans lesquelles elles avaient trempé étaient colorées (voir la figure V).



Figure V. Une dent colorée par le Gatorade.

Pendant ce temps de trempage, des cristaux se sont formés et apposés sur les parois de certaines dents (voir la figure VI).



Figure VI. Cristaux sur une dent ayant trempé dans le RedBull.

Certains d'entre eux ont été recueillis afin de pousser l'expérience à savoir s'il s'agissait de sucre, ceci grâce à l'utilisation du test de Fehling (voir la figure VII). Ce test chimique permet de détecter la présence d'un groupement aldéhyde. Les quantités nécessaires afin de produire en laboratoire les deux solutions pour ce test ont été adaptées par stœchiométrie afin d'obtenir un volume adapté de solution pour l'expérience à faire (voir les calculs à l'annexe 4).



Figure VII. Les deux solutions pour le test de Fehling.

Ensuite, les mêmes protocoles de rinçage et de séchage ont été appliqués avant la deuxième pesée. Pour obtenir des résultats qualitatifs, les sept autres dents ont été rayées au niveau de l'émail à l'aide d'un crayon à pointe de diamant et observées au binoculaire.

RÉSULTATS

Tableau II. Comparaison des pourcentages moyens de masses dentaires perdues des dents provenant de liquides ayant un pH semblable (pH \approx 3,37).

	Moyenne (%)	Écart type
RedBull	7,3	1,9
Solution 1	0,54	0,19

Tableau III. Comparaison des pourcentages moyens de masses dentaires perdues des dents provenant de liquides ayant un pH semblable (pH \approx 3,08).

	Moyenne (%)	Écart type
Gatorade	3,91	0,56
Solution 2	0,60	0,26

Tableau IV. Comparaison des pourcentages moyens de masses dentaires perdues des dents provenant de liquides ayant un pH semblable (pH \approx 2,57).

	Moyenne (%)	Écart type
Limonade	8,0	2,1
Solution 3	0,75	0,23

Tableau V. Pourcentage moyen de masses dentaires perdues des dents provenant de l'eau distillée (pH \approx 5,4).

	Moyenne (%)	Écart type
Eau distillée	0,52	0,14

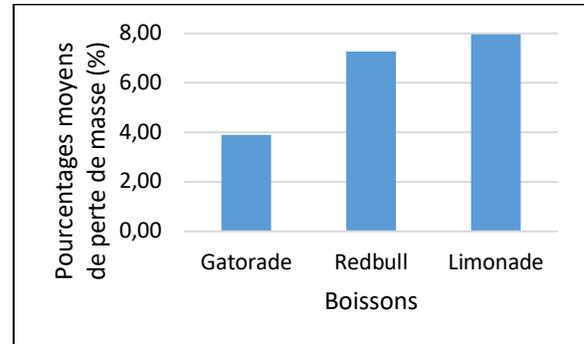


Figure VIII. Graphique des pourcentages moyens de perte de masses des dents en fonction des trois boissons usuelles sélectionnées.

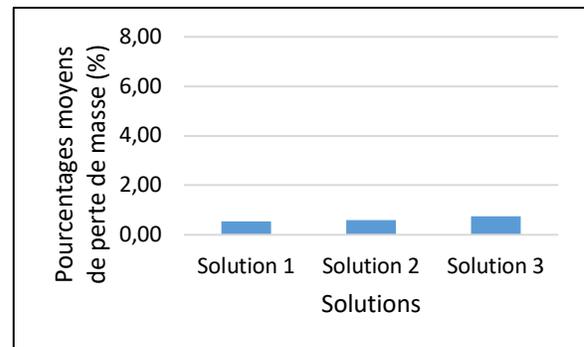


Figure IX. Graphique des pourcentages moyens de perte de masses des dents en fonction des trois solutions acides faites en laboratoire.

DISCUSSION

L'objectif de l'expérimentation était d'analyser la possible perte de masse due à l'érosion dentaire sur différentes dents de sagesse. Au cours de celle-ci,

il a été possible de constater une perte de masse, pour l'ensemble des dents analysées (voir tableau II, III, IV et V). Malgré cela, il a été impossible de trouver une corrélation entre les hypothèses de départ et les résultats obtenus.

Premièrement, l'hypothèse qui stipulait que les pH plus acides favorisent une érosion dentaire plus importante n'a été que partiellement vérifiée puisqu'aucun résultat concret et significatif n'a été démontré lors de l'expérimentation. En effet, en effectuant des tests d'hypothèses ainsi que des calculs d'intervalles de confiance, il est possible de constater qu'aucun d'entre eux n'ait été assez significatif pour conclure quoi que ce soit (voir à l'annexe 10). Il est de même pour la seconde hypothèse, qui énonçait l'ordre des boissons (soit limonade, ensuite Gatorade et finalement RedBull) selon lequel le phénomène d'érosion dentaire serait plus important en fonction de leur acidité. Selon les tests d'hypothèses, la différence de perte de masse créée par le RedBull et la limonade n'est pas assez importante pour les différencier et les départager, mais ces résultats sont assez grands pour affirmer que la perte de masse est plus grande pour ceux-ci que pour le Gatorade.

D'ailleurs, les trois solutions ont été créées selon les mêmes pH que ces boissons usuelles afin d'observer si la théorie, qui stipulait que c'est l'acide qui est le seul à avoir un impact sur l'érosion dentaire, disait vrai. En observant les tableaux II, III et IV, il est

évident qu'il y a d'autres facteurs que l'acidité qui ont influencé la perte de masse (comme le type d'acide utilisé ou même le sucre). En effet, la perte de masse a été beaucoup plus importante pour les dents immergées dans les boissons achetées que celles dans les solutions préparées.

En ce qui concerne la composition des cristaux, le test de Fehling a révélé la présence d'aldose, et donc a confirmé qu'il y avait présence de sucre pour le Gatorade et le RedBull.

De plus, pour ce qui est des dents qui étaient immergées dans l'eau distillée, une perte de masse inattendue s'est produite (voir tableau V). En effet, une réaction chimique s'est produite à l'insu de l'équipe (voir la figure II).

Celle-ci s'explique à la base par la composition de l'émail, surtout constitué d'hydroxyapatite de calcium, un minéral qui possède la formule chimique : $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ (Internet 3). En utilisant l'eau distillée, dépourvue de tous ses minéraux, ayant un pH de 5,4 (Internet 6), les minéraux de l'émail se sont dissouts dans l'eau afin d'équilibrer le milieu, il y a donc eu déminéralisation. Donc, la masse perdue de ces dents est due à cette perte de minéraux dans l'eau.

En ce qui concerne le test de dureté effectué sur les dents, des résultats qualitatifs ont été obtenus. Il a été possible de rayer plus facilement les dents qui ont été immergées dans le Gatorade, le RedBull et la limonade que celles ayant trempé dans les trois solutions préparées.

La principale cause d'erreur qui a pu jouer grandement sur les résultats peut être attribuée au brossage des dents suite à leur trempage de quatre semaines. Seules les dents des boissons ont été brossées puisque celles-ci possédaient des cristaux sur leurs parois. Ce brossage, sur l'émail amolli, a pu leur faire perdre une plus grande quantité de substance dentaire. Une autre cause qui a pu influencer la différence de masse serait due au nettoyage des dents fait au départ. Un maximum de débris (tartre, tissus mous, os) se trouvant sur les parois ainsi qu'entre les racines de la dent a été enlevé, mais il est impossible de confirmer que toutes les matières organiques sur la dent aient été retirées complètement. Donc s'ils en restaient, ces débris ont pu être dissous dans les liquides, ce qui aurait alors augmenté la perte de masse.

CONCLUSION

Somme toute, les deux hypothèses de départ sont infirmées par manque de données significatives. Il est également pertinent d'affirmer que l'ordre des boissons usuelles selon l'importance de l'érosion dentaire anticipée n'a pas été respecté, puisque le RedBull ainsi que la limonade ont eu un plus grand potentiel érosif sur les dents que le Gatorade.

Le projet comportait différents inconvénients et limites. Tout d'abord, le temps a été une composante très contraignante pour le projet, car avec plus de temps, les dents auraient pu

être immergées plus longtemps dans les boissons, ce qui aurait pu amener des résultats plus significatifs. Sans parler des nombreux autres tests chimiques qui auraient pu être faits, afin de déterminer les composantes de ces boissons, qui ont aussi pu contribuer à une perte de masse dentaire.

SUGGESTIONS ET PERSPECTIVES D'AVENIR

Dans le but de poursuivre ce même projet, il serait intéressant d'analyser les effets des autres composantes des boissons usuelles quant à leur impact sur les dents, en terme d'érosion dentaire, autres que le facteur d'acidité. De plus, il serait d'autant plus intéressant de refaire l'expérience avec plus de boissons ou de solutions et ayant des pH plus distincts les uns des autres.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les gens sans qui le projet n'aurait pu être réalisé. Steve Gamache, responsable du cours « Projet en sciences » et tuteur, Jessica Maltais, technicienne en laboratoire, Jean-Norbert Fournier, enseignant en mathématiques et statistiques, ainsi que les autres enseignants dans le département des Sciences de la nature, Martin Imbeault, enseignant en biologie, et Jean Bédard, enseignant en physique. Ceux-ci ont tous su supporter l'équipe tout au long de leur projet.

Ensuite, pour les compléments d'information et pour l'acquisition des dents utilisées, Dre Manon St-Pierre, chirurgien-dentiste, Dr Claude David, chirurgien maxillo-facial, Jean Barbeau, microbiologiste à la faculté de médecine dentaire à l'Université de Montréal et Félix Girard, professeur agrégé dans le département de santé buccale (Faculté de médecine dentaire) à l'Université de Montréal.

RÉFÉRENCES

- Internet 1. PINEAU, C. (10 octobre 2019). Consulté le 21 janvier 2021. L'érosion dentaire. Pages consultées : 3, 16, 25. Lien : <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02400031/document>
- Internet 2. LEMAGNER, F. (24 juin 2011). Consulté le 21 janvier 2021. La dent. Lien : <https://flavio31.pagesperso-orange.fr/dent.html>
- Internet 3. LANGLEY, C. et VENDETTI, C. (2019). Consulté le 9 février 2021. Prends soin de tes dents à l'aide de la chimie! Lien : <https://parlonsscience.ca/ressources-pedagogiques/les-stim-en-contexte/prends-soin-de-tes-dents-a-laide-de-la-chimie>
- Internet 4. LEBEZE, I. (2018). Consulté le 9 février 2021. Le ciment. Page 4. Lien : <https://chirdent25.weebly.com/uploads/8/4/8/3/84838684/cement.pdf>
- Internet 5. Journal of the Americal Dental Association. (2016). Consulté le 6 avril 2021. Table of Beverage Acidity. Lien : <http://markdannerdmd.com/downloads/table-beverage-acidity.pdf>
- Internet 6. WIKIPÉDIA. (5 mai 2021). Consulté le 5 mai 2021. Eau distillée. Lien : https://fr.wikipedia.org/wiki/Eau_distillée#Eau_réellement_distillée
- Millipore Sigma. (2021). Consulté le 16 février 2021. Calculateur de concentration. Lien : <https://www.sigmaldrich.com/chemistry/stockroom-reagents/learning-center/technical-library/molarity-calculator.html>
- WIKIPÉDIA. (14 mars 2021). Consulté le 31 mars 2021. Réaction de Fehling. Lien : https://fr.wikipedia.org/wiki/Réaction_de_Fehling

ANNEXES

ANNEXE 1

Liste du matériel et des solutions

Pour désinfecter les dents

Matériel

- > Dents
- > Entonnoir
- > Bécher de 100 mL
- > Papier parafilm
- > Équipement de protection (gants de caoutchouc, sarrau, lunettes, masque de procédure)

Solution

- > Méthanal concentré à 1 %

Pour faire les solutions acides à pH différents

Matériel

- > Entonnoir
- > Flacon laveur
- > Ballons de 1 L (3)
- > Embout à micropipette
- > Bouteilles étanches de 1 L (3)
- > Bêchers de 50 mL et de 600 mL
- > Étiquettes officielles du SIMDUT
- > Micropipette de 50 μ L et de 1000 μ L

Solutions

- > Eau distillée
- > Acide chlorhydrique (HCl)

Pour sortir les dents du méthanal

Matériel

- > Étuve
- > Entonnoir
- > Vases de pétri (2)
- > Bécher de 600 mL
- > Équipement de protection (gants de caoutchouc, sarrau, lunettes, masque de procédure)

Solution

- > Eau distillée

Pour préparer les dents à l'expérimentation

Matériel

- > Pincés
- > Balance
- > Nacelles
- > Brosse à dents
- > Crayon permanent
- > Petites éprouvettes (61)
- > Grosses éprouvettes (2)

Pour mettre les dents dans les différentes boissons

Matériel

- > Papier parafilm
- > Bêchers de 50 mL (7)
- > Support à éprouvettes

Solutions

- > Eau distillée
- > RedBull (du type original)
- > Gatorade (de la sorte « cool blue »)
- > Limonade (de la marque « Minute Maid »)
- > Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 0,000 427 M
- > Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 0,000 832 M
- > Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 0,002 692 M

Pour les semaines suivantes

Matériel

- > Papier parafilm
- > Bêchers de 50 mL (7)

Solutions

- > Eau distillée
- > RedBull (du type « original »)
- > Gatorade (de la sorte « cool blue »)
- > Limonade (de la marque « Minute Maid »)
- > Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 0,000 427 M
- > Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 0,000 832 M
- > Acide chlorhydrique (HCl) concentré à 0,002 692 M

Pour le rayage des dents

Matériel

- > Dents
- > Pincés
- > Binoculaire
- > Crayon à pointe de diamant

Pour le test de Fehling

Matériel

- > Poire
- > Balance
- > Spatules
- > Bain-marie
- > Nacelles (3)
- > Flacon laveur
- > Entonnoirs (2)
- > Cristaux recueillis
- > Bécher de 100 mL
- > Plaque chauffante
- > Pince à éprouvettes
- > Pipettes de 5 mL (2)
- > Ballons de 25 mL (2)

Solutions

- > Eau distillée
- > NaOH
- > $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$
- > $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$
- > Saccharose (sucrose)

ANNEXE 2

Protocoles

Pour l'utilisation du méthanal 1 %

1. À l'aide d'un entonnoir, sortir les dents des pots Masson remplis d'eau.
2. Rincer les dents et les pots Masson avec de l'eau distillée pour enlever un maximum de débris.
3. Mettre les dents sur un papier absorbant pour enlever un maximum d'eau.
4. Remettre les dents dans les pots Masson.
5. Sous la hotte et avec l'équipement de protection complet, ajouter la quantité minimum nécessaire (pour que toutes les dents soient immergées) de méthanal concentré à 1 % dans les contenants.
6. Refermer les contenants en les sécurisant avec du papier paraffilm.
7. Mettre les contenants au réfrigérateur pour environ 7 jours.

Pour faire chaque solution acide

1. Faire les calculs nécessaires afin de connaître la bonne concentration de la solution à préparer.
2. Dans un ballon de 1 L, mettre environ 250 mL d'eau distillée.
3. Pipetter le bon volume d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 34 % pour la solution et mettre cette petite quantité dans le ballon.
4. Fermer le ballon et bien brasser la solution.
5. Ajouter de l'eau distillée jusqu'à obtenir un volume total d'environ 1 L (continuer de brasser fréquemment la solution afin de bien l'homogénéiser).
6. Compléter le volume final de 1 L à l'aide d'un flacon laveur.
7. Mettre le contenant du ballon dans une bouteille étanche de 1 L.
8. Faire imprimer l'étiquette officielle du SIMDUT appropriée pour chaque solution et la coller sur la bouteille.
9. Placer la bouteille à température ambiante.

Pour sortir les dents du méthanal

1. Sous la hotte, avec l'équipement de protection complet, ouvrir les pots Masson.
2. Vider le contenu des pots Masson dans un entonnoir.
3. Rincer les dents à l'aide d'eau distillée plusieurs fois afin d'enlever un maximum de méthanal.
4. Mettre les dents sur un papier absorbant pour enlever un maximum d'eau.
5. Mettre les dents dans un vase de pétri et ensuite dans l'étuve à une température de 30 °C pour une durée de 24h.

Pour préparer les dents

1. Sortir les dents de l'étuve.
2. Brosser chaque dent avec la brosse à dents pour enlever les débris qui puissent y avoir entre les racines et sur les surfaces des dents.
3. Numéroter 63 éprouvettes (de 1 à 63) avec un crayon permanent (mettre les plus grosses dents dans de plus grosses éprouvettes).
4. Peser chaque dent (noter la masse de la dent 1 qui sera dans l'éprouvette 1, ainsi de suite pour toutes les dents). Après les avoir pesés, manipuler les dents avec des pinces.

Pour mettre les dents dans les boissons

1. Déterminer quelle dent sera dans quelle boisson (9 dents par boisson).
2. En fonction de ce tableau, remplir avec un bécher les éprouvettes selon la boisson attitrée (chaque dent doit être complètement immergée dans le liquide).
3. Fermer les éprouvettes à l'aide de papier paraffin.

Pour le rayage des dents

1. Sortir la dent de l'eau.
2. Essuyer les surfaces de la dent.
3. Tenter de rayer l'émail et la racine de la dent avec le crayon à pointe de diamant.
4. Observer au binoculaire les surfaces rayées.

Pour le test de Fehling

1. Préparer les deux solutions :
 - a) Peser 1,733 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ et le mettre dans un ballon de 25 mL à l'aide d'un entonnoir. Dissoudre ce solide dans de l'eau distillée et compléter le volume ensuite.
 - b) Peser 8,65 g de $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ et 2,5 g de NaOH. Les mettre dans un ballon de 25 mL à l'aide d'un entonnoir. Dissoudre ces deux solides dans de l'eau distillée et compléter le volume.
2. Faire chauffer un bain-marie sur une plaque chauffante.
3. Ajouter 2 mL de chaque solution (a et b) dans chacune des éprouvettes contenant des cristaux recueillis sur les dents.
4. Faire chauffer les éprouvettes dans le bain-marie quelques minutes ou jusqu'à l'apparition de précipités.
5. Sortir l'éprouvette de l'eau bouillante et la mettre dans un bécher d'eau froide pour arrêter la réaction.
6. Faire le même test sur des cristaux de saccharose.
7. Analyser le précipité s'il y a lieu.

ANNEXE 3

Calculs pour obtenir la concentration molaire (M) des solutions acides à faire en fonction des pH des boissons choisies

Exemple de calcul

Solution 1 : RedBull (pH = 3,37)

Formule 1 : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$

pH = 3,37

$[H_3O^+] = 10^{-pH}$

$[H_3O^+] = 10^{-3,37}$

$[H_3O^+] = 0,000\ 426\ 579\ M$

Formule 2 : $C_1V_1 = C_2V_2$

C_1 : concentration initiale de HCl (10,817 M)

V_1 : volume initial de HCl (inconnu)

C_2 : concentration finale (0,000 426 579 M)

V_2 : volume final de la solution (1000 mL)

$C_1V_1 = C_2V_2$

$(10,817\ M) \cdot V_1 = (0,000\ 426\ 579\ M) \cdot (1000\ mL)$

$V_1 = 0,039\ 474\ 900\ mL$

Formule 3 : $C = \frac{\rho V_1}{M_1 V_{slt}}$

ρ : masse volumique (1,16 g/mL)

V_1 : volume initial de HCl (0,039 474 900 mL)

M_1 : masse molaire de HCl (36,46 g/mol)

V_{slt} : volume final de la solution (1 L)

C : concentration de la solution (inconnu)

$C = \frac{\rho V_1}{M_1 V_{slt}}$

$C = \frac{(1,16\ g/mL)(0,039\ 474\ 9\ mL)}{(36,46\ g/mol)(1\ L)}$

$C = 0,001\ 255\ 921\ M$ (à 100 %)

Mais le HCl utilisé était concentré à 34 % ;

$C = 0,001\ 255\ 921\ M = 1,0$

? $M = 0,34$ (produit croisé)

$C_{solution\ 1} = 0,000\ 427\ 013\ M$

ANNEXE 4

Calculs pour les deux solutions du test de Fehling

Selon le Handbook 72^e édition

Solution a) :

Dissoudre 34,66 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ dans de l'eau distillée et diluer dans 500 mL d'eau distillée.

Comme nous voulons seulement 25 mL :

$$34,66 \text{ g} = 500 \text{ mL}$$

$$? \text{ g} = 25 \text{ mL}$$

Donc : dissoudre 1,733 g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ dans de l'eau distillée et diluer dans 25 mL d'eau distillée.

Solution b) :

Dissoudre 173 g de $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ et 50 g de NaOH dans de l'eau distillée et diluer dans 500 mL d'eau distillée.

Comme nous voulons seulement 25 mL :

$$173 \text{ g} = 500 \text{ mL} \quad \text{et} \quad 50 \text{ g} = 500 \text{ mL}$$

$$? \text{ g} = 25 \text{ mL} \quad \quad \quad ? \text{ g} = 25 \text{ mL}$$

Donc : dissoudre 8,65 g de $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ et 2,5 g de NaOH dans de l'eau distillée et diluer dans 25 mL d'eau distillée.

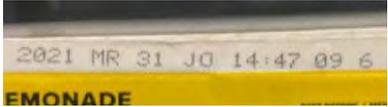
ANNEXE 5

Les contenants des boissons usuelles utilisées

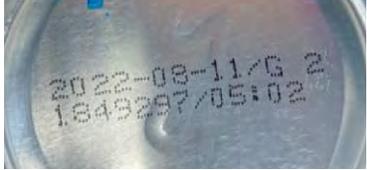
Gatorade de la sorte « cool blue »

Contenant	Valeur nutritive	Date d'expiration														
	 <p>Nutrition Facts Valeur nutritive Per 591 mL / par 591 mL</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Amount / Teneur</th> <th>% Daily Value* / % valeur quotidienne*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calories / Calories</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Fat / Lipides</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>Sodium / Sodium</td> <td>250 mg</td> </tr> <tr> <td>Potassium / Potassium</td> <td>65 mg</td> </tr> <tr> <td>Carbohydrate / Glucides</td> <td>38 g</td> </tr> <tr> <td>Protein / Protéines</td> <td>0 g</td> </tr> </tbody> </table>	Amount / Teneur	% Daily Value* / % valeur quotidienne*	Calories / Calories	150	Fat / Lipides	0 g	Sodium / Sodium	250 mg	Potassium / Potassium	65 mg	Carbohydrate / Glucides	38 g	Protein / Protéines	0 g	 <p>JE 20 21 15050H102304</p>
Amount / Teneur	% Daily Value* / % valeur quotidienne*															
Calories / Calories	150															
Fat / Lipides	0 g															
Sodium / Sodium	250 mg															
Potassium / Potassium	65 mg															
Carbohydrate / Glucides	38 g															
Protein / Protéines	0 g															

Limonade de la marque « Minute Maid »

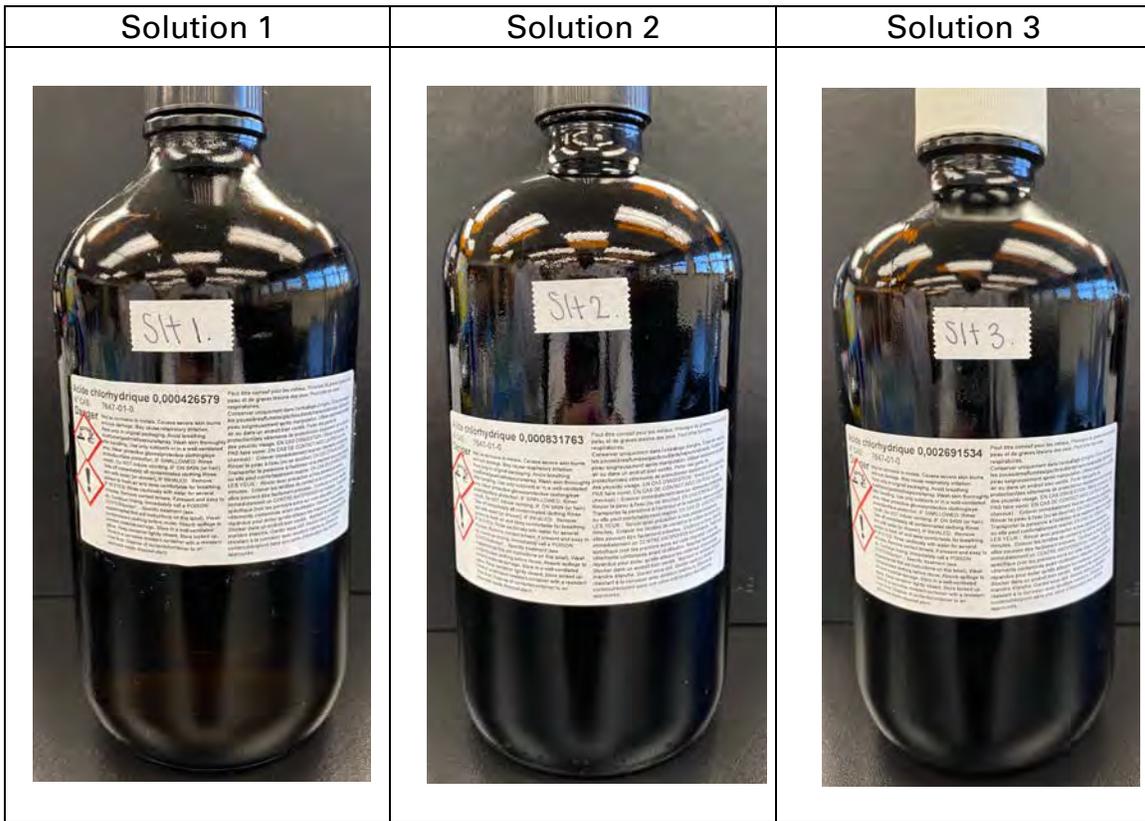
Contenant	Valeur nutritive	Date d'expiration																														
	 <p>Nutrition Facts Valeur nutritive Per 1 cup (250 mL) pour 1 tasse (250 mL)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>% Daily Value*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calories</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Fat / Lipides</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>Saturated / saturés</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>+ Trans / trans</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>Carbohydrate / Glucides</td> <td>10 g</td> </tr> <tr> <td>Fibre / Fibres</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>Sugars / Sucres</td> <td>8 g</td> </tr> <tr> <td>Protein / Protéines</td> <td>0.1 g</td> </tr> <tr> <td>Cholesterol / Cholestérol</td> <td>0 mg</td> </tr> <tr> <td>Sodium</td> <td>20 mg</td> </tr> <tr> <td>Potassium</td> <td>50 mg</td> </tr> <tr> <td>Calcium</td> <td>0 mg</td> </tr> <tr> <td>Iron / Fer</td> <td>0 mg</td> </tr> <tr> <td>Vitamin C / Vitamine C</td> <td>63 mg</td> </tr> </tbody> </table>		% Daily Value*	Calories	35	Fat / Lipides	0 g	Saturated / saturés	0 g	+ Trans / trans	0 g	Carbohydrate / Glucides	10 g	Fibre / Fibres	0 g	Sugars / Sucres	8 g	Protein / Protéines	0.1 g	Cholesterol / Cholestérol	0 mg	Sodium	20 mg	Potassium	50 mg	Calcium	0 mg	Iron / Fer	0 mg	Vitamin C / Vitamine C	63 mg	 <p>2021 MR 31 JO 14:47 09 6 EMONADE</p>
	% Daily Value*																															
Calories	35																															
Fat / Lipides	0 g																															
Saturated / saturés	0 g																															
+ Trans / trans	0 g																															
Carbohydrate / Glucides	10 g																															
Fibre / Fibres	0 g																															
Sugars / Sucres	8 g																															
Protein / Protéines	0.1 g																															
Cholesterol / Cholestérol	0 mg																															
Sodium	20 mg																															
Potassium	50 mg																															
Calcium	0 mg																															
Iron / Fer	0 mg																															
Vitamin C / Vitamine C	63 mg																															

RedBull du type original

Contenant	Valeur nutritive	Date d'expiration														
	 <p>Nutrition Facts/Valeur nutritive Per 250 mL / Par 250 mL</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Amount / Teneur</th> <th>% Daily Value*</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Calories/Calories</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Fat/Lipides</td> <td>0 g</td> </tr> <tr> <td>Sodium/Sodium</td> <td>105 mg</td> </tr> <tr> <td>Carbohydrate/Glucides</td> <td>27 g</td> </tr> <tr> <td>Sugars/Sucres</td> <td>27 g</td> </tr> <tr> <td>Protein/Protéines</td> <td>0 g</td> </tr> </tbody> </table>	Amount / Teneur	% Daily Value*	Calories/Calories	110	Fat/Lipides	0 g	Sodium/Sodium	105 mg	Carbohydrate/Glucides	27 g	Sugars/Sucres	27 g	Protein/Protéines	0 g	 <p>2022-08-11/G 2 1849297/05:02</p>
Amount / Teneur	% Daily Value*															
Calories/Calories	110															
Fat/Lipides	0 g															
Sodium/Sodium	105 mg															
Carbohydrate/Glucides	27 g															
Sugars/Sucres	27 g															
Protein/Protéines	0 g															

ANNEXE 6

Solutions créées en laboratoire



Étiquette SIMDUT de l'acide chlorhydrique (HCl) utilisé

Acide chlorhydrique 37 %
N° CAS: 7647-01-0

Danger




May be corrosive to metals. Causes severe skin burns and eye damage. May cause respiratory irritation. Keep only in original packaging. Avoid breathing dust/fume/gas/mist/vapours/spray. Wash skin thoroughly after handling. Use only outdoors or in a well-ventilated area. Wear protective gloves/protective clothing/eye protection/face protection. IF SWALLOWED: Rinse mouth. Do NOT induce vomiting. IF ON SKIN (or hair): Take off immediately all contaminated clothing. Rinse skin with water [or shower]. IF INHALED: Remove person to fresh air and keep comfortable for breathing. IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing. Immediately call a POISON CENTER/doctor/... Specific treatment (see supplemental first aid instructions on this label). Wash contaminated clothing before reuse. Absorb spillage to prevent material damage. Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed. Store locked up. Store in a corrosive resistant container with a resistant inner liner. Dispose of contents/container to an approved waste disposal plant.

Peut être corrosif pour les métaux. Provoque de graves brûlures de la peau et de graves lésions des yeux. Peut irriter les voies respiratoires. Conserver uniquement dans l'emballage d'origine. Éviter de respirer les poussières/fumées/gaz/brouillards/vapeurs/aérosols. Se laver la peau soigneusement après manipulation. Utiliser seulement en plein air ou dans un endroit bien ventilé. Porter des gants de protection/des vêtements de protection/un équipement de protection des yeux/du visage. EN CAS D'INGESTION : Rincer la bouche. Ne PAS faire vomir. EN CAS DE CONTACT AVEC LA PEAU (ou les cheveux) : Enlever immédiatement tous les vêtements contaminés. Rincer la peau à l'eau [ou se doucher]. EN CAS D'INHALATION : Transporter la personne à l'extérieur et la maintenir dans une position où elle peut confortablement respirer. EN CAS DE CONTACT AVEC LES YEUX : Rincer avec précaution à l'eau pendant plusieurs minutes. Enlever les lentilles de contact si la victime en porte et si elles peuvent être facilement enlevées. Continuer à rincer. Appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON /un médecin. Traitement spécifique (voir les premiers soins sur cette étiquette). Laver les vêtements contaminés avant réutilisation. Absorber toute substance répandue pour éviter qu'elle attaque les matériaux environnants. Stocker dans un endroit bien ventilé. Maintenir le récipient fermé de manière étanche. Garder sous clef. Stocker dans un récipient résistant à la corrosion avec doublure intérieure. Éliminer le contenu/récipient dans une usine d'élimination des déchets approuvée.

ANNEXE 7

Masses avant et après l'expérimentation pour chacune des dents

BOISSONS	NUMÉRO DE LA DENT	MASSE (en g)	
		AVANT	APRÈS
Gatorade	1	2,3592	2,2845
	2	1,5758	1,4996
	3	1,7989	1,7380
	4	1,8637	1,7909
	5	1,6964	1,6207
	6	1,7040	1,6445
	7	1,6173	1,5543
	8	1,8655	1,7887
RedBull	9	2,0087	1,8915
	10	1,1134	0,9980
	11	1,8308	1,7213
	12	1,7776	1,6660
	13	2,3920	2,2329
	14	2,1587	2,0242
	15	2,3792	2,2211
	16	1,4543	1,3078
Limonade	17	2,0695	1,8088
	18	1,9632	1,8224
	19	1,7232	1,5891
	20	2,1050	1,9779
	21	1,1960	1,0975
	22	1,9834	1,8594
	23	1,6567	1,5442
	24	1,6071	1,4659
Solution 1	25	1,3711	1,3494
	26	2,0236	2,0150
	27	1,1067	1,0983
	28	1,3132	1,3072
	29	1,1455	1,1358
	30	2,1518	2,1400
	31	1,6609	1,6545
	32	1,1148	1,1105
Solution 2	33	1,8902	1,8784
	34	1,2708	1,2645
	35	1,7526	1,7460
	36	1,5964	1,5896
	37	1,6619	1,6534
	38	1,9288	1,9191

	39	0,9284	0,9222
	40	1,5762	1,5572
Solution 3	41	1,5305	1,5166
	42	1,0890	1,0802
	43	1,1082	1,0959
	44	1,8353	1,8272
	45	1,0864	1,0775
	46	2,2659	2,2562
	47	1,8294	1,8145
	48	1,6728	1,6617
Eau distillée	49	1,2816	1,2749
	50	1,8806	1,8736
	51	2,6927	2,6739
	52	1,6438	1,6337
	53	1,4923	1,4814
	54	1,8515	1,8448
	55	1,5905	1,5839
	56	1,6960	1,6883

ANNEXE 8

Photos de quelques dents pour chaque boisson et solution

Gatorade « cool blue »		
	Avant	Après
Dent #2		
Dent #5		

RedBull original		
	Avant	Après
Dent #10		
Dent #16		

Limonade « Minute Maid »		
	Avant	Après
Dent #17		

Dent #24		
----------	---	---

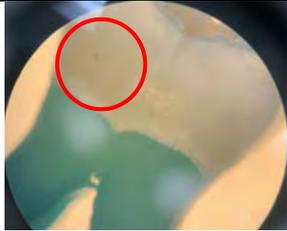
Solution 1		
	Avant	Après
Dent #27		
Dent #29		

Solution 2		
	Avant	Après
Dent #39		
Dent #40		

Solution 3		
	Avant	Après
Dent #41		
Dent #43		

Eau distillée		
	Avant	Après
Dent #51		
Dent #53		

ANNEXE 9
Résultats des tests de rayage

NUMÉRO DE LA DENT	BOISSON	PHOTO	COMMENTAIRES
57	Gatorade		Quand même facile à rayer. Rayure visible au binoculaire et à l'œil nu.
58	RedBull		Moins facile à rayer que la dent #57. Rayure visible au binoculaire et à l'œil nu.
59	Limonade		Très facile à rayer. Rayure bien visible au binoculaire et à l'œil nu.
60	Solution 1		Très difficile à rayer. Rayure peu visible au binoculaire.
61	Solution 2		Plus facile à rayer que la dent no 60. Rayure visible au binoculaire.

62	Solution 3		Facile à rayer. Rayure bien visible au binoculaire.
63	Eau distillée		Difficile à rayer. Rayure peu visible au binoculaire.

ANNEXE 10

Les tests d'hypothèses

Premier test d'hypothèse :

Où : variation 2 → variation de la boisson 2 (RedBull)
variation 3 → variation de la boisson 3 (limonade)

H ₀ : variation 2 = variation 3	
H ₁ : variation 2 < variation 3	
alpha = 0,05	
Règle : si T < -1,761, on rejette H ₀	
CALCUL	
sp	1,98006221
T	-0,7063606

Deuxième test d'hypothèse :

Où : variation pH 1 → variation de la solution 1
variation pH 2 → variation de la solution 2

H ₀ : variation pH 1 = variation pH 2	
H ₁ : variation pH 1 < variation pH 2	
alpha = 0,05	
Règle : si T < -1,771, on rejette H ₀	
CALCUL	
sp	0,23037982
T	-0,4813931

Troisième test d'hypothèse :

Où : variation pH 2 → variation de la solution 2
variation pH 3 → variation de la solution 3

H ₀ : variation pH 2 = variation pH 3	
H ₁ : variation pH 2 < variation pH 3	
alpha = 0,05	
Règle : si T < -1,761, on rejette H ₀	
CALCUL	
sp	1,98006221
T	-0,144262

Quatrième test d'hypothèse :

Où : variation pH 3 → variation de la solution 3
variation E → variation de l'eau distillée

H ₀ : variation pH 3 = variation E	
H ₁ : variation pH 3 > variation E	
alpha = 0,05	
Règle : si T > -1,761, on rejette H ₀	
CALCUL	
sp	0,19280188
T	2,28491742

Cinquième test d'hypothèse :

Où : variation pH 2 → variation de la solution 2
variation E → variation de l'eau distillée

H ₀ : variation pH 2 = variation E	
H ₁ : variation pH 2 > variation E	
alpha = 0,05	
Règle : si T > -1,761, on rejette H ₀	
CALCUL	
sp	0,21166555
T	0,75744469

Sixième test d'hypothèse :

Où : variation pH 1 → variation de la solution 1
variation E → variation de l'eau distillée

H ₀ : variation pH 1 = variation E	
H ₁ : variation pH 1 > variation E	
alpha = 0,05	
Règle : si T > -1,771, on rejette H ₀	
CALCUL	
sp	0,16573433
T	0,26539684