



COLLÉGIAL INTERNATIONAL
SAINTE-ANNE

JOUR-
NAL DU
CiSA 2018
JOUR-
NAL



FORE- WORD

Can CEGEP students carry out relevant, university-level research?

Our journal is annual, open-access, multi-disciplinary and bilingual.

It is based at Collégial international Sainte-Anne in Montréal. Its main aim is to encourage research at CEGEP level.

Our focus is on research papers presented as part of the Integrative Project, a compulsory end-of-CEGEP course, which involves a deeper research process as well as a multi-disciplinary approach. Unlike the majority of the other CEGEPs, at CiSA the Integrative Project consists of a five-week internship in an institution of the student's choosing, at the end of which the students have to write a research project. It is our view that some of those projects are definitely worth a 'second life' through publication in an academic journal.

For the first year, 2018, we prioritized papers presented by our current students but, for the coming years, the publication will be open to all CEGEP students.

We accept research submissions until the end of May. The decision about what should be accepted for publication belongs to the editors. Once accepted for publication, the paper is reviewed by the editor in charge. The review process takes around two weeks (yes, we all want to enjoy the summer...). The authors then have two months to complete their articles and resubmit. During September, the articles are reviewed again and then professionally edited for publication. Our aim is to keep the publication process within four months.

Our editors are paid through a grant gracefully offered by Sainte-Anne, which also provides the technical support required in order to publish the journal. We invite all CEGEP students to submit full-length research articles for the 2019 issue.

HOW

WE

WORK

BOARD OF EDITORS

Jean Caillé, PhD

Professor of Mathematics

Marcel Mitrasca, PhD

Professor of Political Science

Ian Wikarski, MSc

Professor of Physics

The papers are judged based on:

- originality, relevance, and a clear theoretical framework
- quality of content: literature review, research statement, research methodology, findings, and discussion of findings
- high quality and relevant sources
- proper use of the academic apparatus: in-text citations, reference list, appendixes
- originality, thoroughness, and quality of the arguments provided throughout the paper
- language use – grammar, vocabulary, mechanics
- overall organization and style of the paper

For general guidance

mje.mcgill.ca/about/editorialPolicies#focusAndScope

SUB- MISSION POLICY

SUB- MISSION GUIDE- LINES

- it should include an abstract in both, English and French (100-150 words)
- the referencing style is the APA (6th edition), for social science papers, or CSE, for natural science papers
- wherever possible, the URLs for the references should be provided
- the submission file should be in Microsoft Word or Word-compatible format
- the author should use Arial font, single spaced
- the tables, pictures, graphs and other visual elements should be placed within the text and clearly labeled
- if any endnotes are used, they should be manually inserted in the text

Détermination de la maladie génétique de la cystinose néphropathique à l'aide de la PCR et du séquençage par la méthode de Sanger

Feng Ling Yun

BIO G R A P H Y

Feng Ling Yun, affectionately called Emma at CiSA, wants to become a doctor. This is her dream! Emma graduated in May 2018 with a DEC in Health Sciences and a mention for completing all requirements for the Science Honours program. She had previously completed a double-DEC in Science and Music at Collège Jean-de-Brébeuf and École de musique Vincent-d'Indy in 2016. Emma is a high school graduate from Collège Sainte-Anne that she attended from 2012 to 2014. She is a very talented pianist who won several well-known competitions at the provincial, national and international competitions, e.g. Crescendo Competition. Emma was invited to play at Carnegie Hall in New York in 2014. Over the past years, she has been greatly involved in volunteering, assisting elderly in residences, accumulating more than 200 hours helping ill children at Hôpital Sainte-Justine, and organizing a project in 2014 to help students of an elementary school in a remote mountain village in Tibet. Emma has also won many prizes in mathematical contests.

Résumé

La cystinose néphropathique est une maladie génétique rare affectant environ 1 enfant sur 200 000. Le fonctionnement de plusieurs organes, dont les reins, est affecté à cause de la délétion 57-kb entraînant une insuffisance rénale. Dans cette expérience au laboratoire de séquençage au centre d'innovation de Génome Québec et de l'université McGill et au cours de mi-avril au début de mai, l'amplification en chaîne par polymérase (PCR), l'électrophorèse sur le gel d'Agarose et le séquençage par la méthode de Sanger ont été employés pour détecter la présence de la délétion 57-kb. Les résultats des produits de PCR sur gel ont démontré la nature hétérozygote ou homozygote des 149 patients en plus de la présence ou l'absence de la délétion 57-kb. La comparaison avec les résultats du séquençage a permis de valider les résultats du gel. Environ 80% des échantillons testés ayant prouvé être de bonne qualité possédait une délétion 57-kb.

Abstract

The nephropathic cystinosis is a rare genetic illness affecting about 1 new born over 200 000. The huge deletion named the 57-kb deletion affects some organs' function including that of kidneys resulting in kidney failure. In this experiment in the sequencing laboratory in the Innovation Center of Genome Quebec and McGill University and during mid-April to the beginning of May, the polymerase chain reaction (PCR), agarose gel electrophoresis and Sanger sequencing were used to detect the existence of the 57-kb deletion. The results of PCR products in gel have demonstrated whether the patients were heterozygote or homozygote, in addition, they helped to determine the existence or the absence of the 57-kb deletion. A comparison with the results of sequencing have enabled the validation of the gel results. About 80% of the tested samples that have proven to be of good quality possessed the 57-kb deletion.

Introduction

Par définition, la cystinose est une maladie métabolique rare qui est caractérisée par l'accumulation anormale d'un acide aminé, la cystine, dans des organes. Cette maladie génétique est récessive et héréditaire. Le risque qu'un bébé naisse avec cette maladie est d'une chance sur quatre si les deux parents sont porteurs du même gène défectueux. Un diagnostic prénatal est suggéré à 4 ou 5 mois de grossesse. Un échantillon des villosités choriales est prélevé et l'amniocentèse est effectuée (Cystinose-Québec). Plusieurs organes tels que les reins, les yeux, les muscles, le pancréas et le cerveau seront touchés par cette maladie et une insuffisance rénale chronique terminale a lieu vers l'âge de 10 ans si la forme infantile n'est pas traitée (Paillet). Dépendamment des formes de cystinose, qui sont notamment néphropathique infantile, intermédiaire juvénile et oculaire bénigne, les différents organes sont atteints à des âges différents. En effet, la forme infantile appelée la cystinose néphropathique se manifeste chez les nourrissons et elle est habituellement diagnostiquée entre 6 et 18 mois. (Cystinose-Québec)

Les symptômes de la forme infantile sont que les enfants éprouvent une soif et urinent beaucoup, qu'ils sont incapables d'avaler ou de garder la nourriture, qu'ils souffrent des retards de croissance physique et des épisodes de déshydratation fréquents (*Paillet*). La cystéamine permet d'éviter l'accumulation de cystine dans les cellules. Le traitement à la cystéamine permet de retarder ou même arrêter l'insuffisance rénale. La cystéamine qui est prise à vie est un médicament qui a des effets secondaires importants.

Le diagnostic de la cystinose néphropathique est concluant avec un taux élevé de cystine intra-leucocytaire et une analyse moléculaire du gène CTNS en mutation. Le gène CTNS à l'origine de cette maladie est localisé sur le chromosome 17 et code pour la protéine *cystinosine* (*Taranta, 2010*). La cystinosine est un amino-acide-cystine transporteur qui est principalement exprimée dans les cristaux de cystines lysosomiques. La cystinose apparaît quand le système de transport ne réussit pas à évacuer la cystine et la laisse s'accumuler dans les lysosomes, étant donné l'absence de la cystinosine causée par la grosse délétion. La cystine accumulée forme des cristaux qui empêchent les cellules de fonctionner normalement. Les organes touchés sont notamment les reins, les yeux, la thyroïde, le foie et le système nerveux. Le syndrome de Faconi se manifeste lorsque la fonction tubulaire proximale rénale est perturbée. Ainsi, les électrolytes, les minéraux et le glucose sont éliminés dans l'urine avec un taux élevé. Les nouveau-nés peuvent manifester une déshydratation et un retard de croissance dès le sixième mois. Plus tard, le rachitisme se manifeste en grandissant. La cécité éventuelle est possible si l'accumulation de la cystine affecte les yeux, ce qui peut être vérifié par le test à la lampe à fente. Une transplantation rénale devrait être effectuée si l'hypertension et l'azotémie deviennent importantes vers l'âge de 10 ans.

Les mutations de la maladie NC qui ont été découvertes sont plus de 90, incluant des insertions et des délétions causant des mutations faux-sens et non-sens (*Shotelersuk, 1998*). En biologie, l'insertion est définie comme l'addition d'une séquence d'ADN étranger dans une molécule d'ADN ; la délétion est la perte d'une partie de nucléotides sur un chromosome ; la mutation faux-sens est le remplacement d'un codon par un autre codon spécifiant un autre acide aminé ; puis, la mutation non-sens est une substitution de bases transformant un codon en un des trois triplets qui marquent la fin d'une synthèse (UAG, UAA ou UGA) (*Granddictionnaire.com*). En effet, la malformation la plus fréquente retrouvée chez les patients est une délétion, la délétion 57-kb (Cystinose-Québec). Ce gène est composé de 12 exons, avec le codon de départ localisé sur l'exon 3. La mutation la plus commune dans le nord de l'Europe est la délétion 57-kb, qui est une mutation sur le chromosome 17p13, enlevant la majorité du gène CTNS et le gène CARK L/SHPK adjacent (*Freed, 2012*).

De plus, pour chaque gène sur les chromosomes constituant l'ADN, il existe deux allèles dont un contient l'information génétique provenant du père et l'autre, de la mère. Un individu homozygote possède deux allèles identiques pour chaque gène, tandis qu'un individu hétérozygote possède deux allèles différents parmi lesquels l'allèle dominant donne ses caractéristiques à cet individu. Le patient atteint de la cystinose néphropathique doit avoir hérité deux copies défectueuses du même gène pour développer la maladie. Dans la plupart de cas, un individu hétérozygote ayant hérité une seule copie défectueuse est un porteur sain, puisque la copie normale du gène va compenser le défaut de l'autre copie. En ce qui concerne les méthodes utilisées, l'amplification en chaîne par polymérase (PCR) désigne

une suite de réactions enzymatiques qui permettent d'amplifier un fragment d'ADN génomique spécifique. Elle permet ainsi d'isoler et d'obtenir une grande quantité d'ADN manipulables sur un gène. Le principe de base de la PCR repose sur la complémentarité des séquences de bases nucléiques, c'est à dire le fait que les nucléotides d'ADN s'associent en paires: A est en face de T; C en face de G. La synthèse débute par l'ajout d'une amorce sur le brin d'ADN d'un gène. Ensuite, une enzyme polymérase complète la séquence d'ADN à partir de l'amorce sens ou anti-sens en ajoutant des nucléotides. L'opération s'arrête lorsque les deux bouts se touchent. En outre, la réaction d'amplification dans un thermocycleur consiste en une succession de cycles qui comporte chacun trois étapes à des températures spécifiques. En effet, la dénaturation est effectuée aux alentours de 95 °C afin de séparer les deux brins d'ADN. Puis, l'hybridation s'effectue à une température entre 45 et 60 °C dépendamment de l'enzyme utilisée, en permettant l'appariement des amorces dans les brins d'ADN. L'élongation ou l'extension est l'élongation unidirectionnelle à partir de chaque amorce par l'enzyme polymérase qui ajoute des nucléotides en copiant le brin d'ADN tout en respectant les règles d'appariement, à une température d'environ 72 °C. Le taux d'amplification théorique est de 2^n , dont n est le nombre de cycles. La TAQ polymérase est une enzyme initialement extraite d'une bactérie (*Thermus aquaticus*) des sources chaudes. Sa température optimale d'action est de 72 °C. Bref, les trois étapes du cycle avec leur durée prédéterminée de respectivement environ 70 sec, 5 sec et 90 sec, recommencent après l'extension de sorte que les fragments nouvellement synthétisés servent de matrice pour la synthèse d'autres fragments (Barriel).

D'ailleurs, le séquençage de l'acide désoxyribonucléique (ADN) constitue une méthode dont le but est de déterminer la succession linéaire des bases A, C, G et T prenant part à la structure de l'ADN. La lecture de cette séquence permet de décortiquer l'information biologique contenue par celle-ci et a de nombreuses applications dans le domaine de la médecine notamment en facilitant le diagnostic, par exemple de la maladie de la cystinose néphropathique. La méthode de séquençage de Sanger a été développée au début des années 70. Décrite en 1977, elle est l'une des deux premières techniques de séquençage de l'ADN avec celle de Maxam-Gilbert. Sa diffusion, la commercialisation des automates utilisant des fluorophores quatre couleurs ainsi que le déploiement de la PCR dans les laboratoires ont grandement contribué à l'amélioration des procédures de séquençage. Elle a rapidement dépassé la méthode de Maxam-Gilbert et reste à ce jour la principale méthode utilisée dans les laboratoires. Une étape cruciale de la méthode de Sanger est effectuée par l'enzyme, l'ADN polymérase, à partir d'une amorce, en présence d'une faible proportion des nucléotides modifiés dont l'incorporation dans la chaîne arrête la copie d'ADN. Le résultat de cette étape est un mélange de chaînes polynucléotidiques de longueur inégale en fonction de la position du nucléotide modifié qui a été rendu radioactif ou fluorescent dans l'ADN. Les mélanges de fragments ainsi obtenus sont analysés par électrophorèse. Ainsi, la série de bandes radioactives ou de pics fluorescents indique la position des G, A, C ou T dans l'ADN de sorte qu'il devienne possible de reconstituer la séquence du fragment d'ADN à l'aide d'algorithmes informatiques. En général, les lectures du nombre de bases comportent une limite d'environ 500 bases. Les premiers séquenceurs automatiques ont été mis au point dans la seconde moitié des années 1980 et commercialisés notamment par la compagnie Applied Biosystems. Les appareils plus récents du séquençage effectuent la séparation des fragments sur un gel de polyacrylamide contenu dans un fin capillaire et la lecture de la position des bandes d'une manière de plus en plus rapide et résolutive. L'assemblage des segments qui peuvent mesurer jusqu'à quelques centaines de kilobases, est effectué en comparant deux à deux toutes les petites séquences (Lamoril et al. 2008).

Au centre d'innovation, un service de séquençage d'ADN de type Sanger utilisant la technologie 373pkl DNA Analyzer d'Applied Biosystems est offert.

Les objectifs de la recherche étaient d'abord d'analyser l'ADN par la PCR et par le séquençage Sanger chez les patients à l'aide d'un protocole optimal de PCR qui permettait l'amplification par la polymérase et ainsi le séquençage des régions ciblées. Ensuite, il fallait vérifier la présence de la grosse délétion du gène CTNS chez tous les patients. Enfin, il fallait déterminer la présence d'autres mutations chez les patients analysés. L'hypothèse était que la délétion 57-kb serait la plus fréquente mutation observée chez les patients.

Méthodologie

D'abord, une collecte de données publiées dans les revues scientifiques est effectuée pour déterminer les critères d'un diagnostic de la maladie NC. Les notions et les concepts liés à la génétique sont aussi étudiés en vue de comprendre les démarches de l'expérimentation. Par exemple, les recherches sont élaborées autour de la plus importante délétion 57-kb de mars à mi-avril.

Ensuite, au laboratoire de séquençage au centre d'innovation de Génome Québec et de l'université McGill, sous le guide du directeur de l'équipe de séquençage Dr. Pierre Lepage, 149 échantillons différents d'ADN génomiques extraits à partir de la salive étaient soumis aux tests de PCR suivis de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose 2% et au séquençage. Ils étaient divisés en six groupes. L'échantillon d'ADN de certains patients s'était retrouvé dans deux nouveaux envois qui étaient nommés groupes A et B. La solution de Master Mix PCR était préparée à l'aide de du protocole présenté en annexe adapté aux amorces et au nombre d'échantillon, avec comme variable le solvant DMSO à 5% utilisé pour optimiser la PCR de certaines amorces comme l'amorce de l'exon 10. L'enzyme TAQ, KAPA26 Fast HotStart à 5 U/uL, était choisie pour sa stabilité thermique lors de l'amplification dans le thermocycleur, puisqu'elle permet de procéder plus facilement aux manipulations en inhibant la réaction à la température ambiante. Le contrôle négatif constitué uniquement de Master Mix était utilisé pour détecter la contamination si celle-ci aurait lieu afin de reprendre les étapes du protocole pour réussir à obtenir les bons résultats. Le CEPH était employé pour donner un exemple d'une bande idéale à la PCR. Cinq amorces différentes étaient utilisées dans l'expérience pour l'amplification par polymérase dans un thermocycleur. Elles étaient regroupées en trois paires: LDM2F/LDM2R, LDM3F/LDM3R et LDM2F/LDM3NodelR. Deux amorces étaient des amorces sens et trois autres amorces étaient des amorces anti-sens. La paire LDM2F/LDM3NodelR était utilisée pour tester l'absence de délétion, si l'amplification ne réussissait pas à fonctionner pour les deux autres paires d'amorces. Puis, les conditions de PCR étaient optimisées par des essais-erreurs durant le processus. Les conditions standardisées de base pour l'amorce KAPA au thermocycleur étaient constituées des tranches de 96 °C pour 1 minute et 10 secondes, de 62 °C pour 10 secondes, de 72 °C pour 1 seconde et 30 secondes, puis après les 33 cycles, de 4 °C pour l'infinité afin de préserver le produit à la fin en attendant la récupération pour être préparé à l'électrophorèse sur le gel d'Agarose de 2%. La migration d'ADN sur le gel permettait de vérifier si la taille indiquée par la bande correspondait à la bande spécifique à la région ciblée.

De surcroît, l'amplification des exons 11 à 13 des ADN à l'aide des amorces spécifiques (Tableau 2) était effectuée avant que les produits de PCR soient préparés pour la migration sur gel afin de tester la qualité de l'ADN génomique, puisque la grosse délétion n'était pas localisée sur les exons 11 à 13. Une seule bande claire devrait apparaître sur le gel pour chaque échantillon si la qualité de l'ADN était bonne. Il faudrait ensuite soumettre les exons 3 à 10 des ADN de la bonne qualité au test de PCR à l'aide des amorces spécifiques, puis à une migration sur gel d'Agarose. Si les tests sur le gel des ADN indiquaient une absence de bandes pour les amorces ciblant les exons spécifiques de 3 à 10, l'absence de la grosse délétion serait démontrée et le séquençage ne serait pas nécessaire. À la suite de l'élimination, il fallait purifier les produits de PCR des ADN de bonne qualité présentant des bandes sur gel pour la paire d'amorce LDM2F/LDM3Nodel avant de les soumettre au séquençage par la méthode de Sanger pour vérifier si le patient n'était pas touché par la cystinose néphropathique, s'il présentait d'autres mutations dans la région du gène analysée et s'il était un hétérozygote. Bref, dans les trois semaines environ passées au laboratoire, le test de PCR, la migration de l'ADN et le séquençage étaient effectués de manière répétée.

Enfin, le séquenceur qui était utilisé pour séquencer les ADN génomiques était le *3730xl DNA analyzer* provenant de la compagnie *Applied Biosystems*. Il comporte 96 capillaires et peut lire approximativement entre 400 à 900 bases (*Thermo Fisher Scientific*). Des analyses des séquences de la plupart d'ADN utilisés étaient déjà effectuées par le laboratoire avant cette expérience depuis 2017, puisque les échantillons étaient envoyés de façon successive. Durant les trois derniers jours passés au laboratoire, les résultats expérimentaux étaient comparés avec ceux issus des analyses. En effet, il était possible de voir les séquences des parties d'ADN séquencées sur *Nanuq*. En utilisant le *Genome Browser* du site *UCSC*, les séquences de nucléotides étaient comparées aux séquences correspondantes de l'ADN humain normal afin de trouver les autres mutations, comme les petites additions ou les petites délétions. Étant donné que les résultats étaient déjà analysés, il ne fallait que comparer les résultats obtenus avec ceux des analyses antérieures qui utilisaient les mêmes ADN génomiques des patients.

Résultats

Trois paires d'amorces sens et anti-sens ont été utilisées pour tester la grosse délétion sur l'ensemble des 149 échantillons d'ADN. Elles sont LDM2F/LDM2R, LDM3F/LDM3R et LDM2F/LDM3NodelR. Ces amorces étaient des séquences de nucléotides qui se trouvaient sur différentes parties du gène CTNS (Tableau 1).

Tableau 1
Amorces utilisées pour tester la délétion 57-kb

| Amorce | Séquence |
|------------|----------------------------|
| LDM2F | 5'-ACCTCTCTGATGTGTCCAAG-3' |
| LDM2R | 5'-AGCCAAAGGCATCAGGAAA-3' |
| LDM3F | 5'-TCTTCTCCAGCTCCACCACT-3' |
| LDM3R | 5'-TTTCCGTCCTGTTTCCTCAC-3' |
| LDM3NodelR | 5'-AAGGGGCTCCCAGGTAGAG-3' |

Huit paires d'amorces sens ou anti-sens ont été utilisées pour tester les mutations sur les ADN du sixième groupe ciblant les exons 3 à 13 afin de déterminer les ADN qui devraient être séquencés (Tableau 2).

Tableau 2**Amorces utilisées pour tester les mutations aux exons de cinq ADN du sixième groupe**

| Amorce | Séquence |
|---------------|--------------------------------|
| CTNSE03F | 5'-CTGTCAGGTGGCAGTCCTTT-3' |
| CTNSE03R | 5'-GCCAAGAGGCAGACAGAGAC-3' |
| CTNSE04F | 5'-AGGGCTCGTCAGAGAGTCAG-3' |
| CTNSE04R | 5'-GACTCAGGGTGGGGGTCAG-3' |
| CTNSE05F | 5'-TGGAGCACCTAGCATTTCCT-3' |
| CTNSE05R | 5'-CCAACAAAGCCAAAATCACA-3' |
| CTNSE06E07F | 5'-TAAGCTCTTGAAGGTGAGG-3' |
| CTNSE06E07R | 5'-GGCAGACAGAAGGGTAGAGG-3' |
| CTNSE08E09F | 5'-CTCACCCCCTGGGGTCCTC-3' |
| CTNSE08E09R | 5'-TGTCTTCTATGCCCAGCACA-3' |
| CTNSE10F | 5'-CTGCCACAACCCAGTGCAG-3' |
| CTNSE10R | 5'-TTTCCGTCCTGTTTCCTCAC-3' |
| CTNSE11E12F | 5'-GGTCACCGTGTCTTGGAG-3' |
| CTNSE11E12R | 5'-GTCTCCTCTGTCCGCACACT-3' |
| CTNSE13F | 5'-AGTGTGCGGACAGAGGAGAC-3' |
| CTNSE13R | 5'-GGACGCTGAGTTATGTACAGAGAG-3' |

L'électrophorèse sur le gel d'Agarose a été effectuée à la suite de la PCR dans un thermocycleur à l'aide des amorces LDM2F/LDM2R, LDM3F/LDM3R et LDM2F/LDM3NodelR sur l'ensemble des ADN des patients des 6 groupes.

Le CEPH, qui était un contrôle positif, précédait le contrôle négatif sur le gel (Figures 1 à 5). À l'aide des amorces ciblant les exons 3 à 13, la PCR et l'électrophorèse étaient effectuées sur les cinq ADN du sixième groupe (Figures 6 à 8).

Certains échantillons d'ADN dont la qualité était mauvaise avaient été remplacés par des échantillons des mêmes patients dans deux nouveaux envois par le client. Deux nouveaux ADN génomiques, 86 et 89, avaient été inclus dans ces deux envois (Figures 9 et 10). Les tests de PCR étaient repris une autre fois pour les ADN dont les résultats ne concordaient pas avec ceux issus du séquençage ou dont la présence de la bande était ambiguë (Figures 11 et 12). Après les reprises, certains ADN avaient eu des résultats logiquement attendus.

Chaque séquence obtenue par la méthode de Sanger avec la machine *3730xl DNA analyzer* était comparée avec celle du génome humain normal sur le Genome Browser de UCSC afin de vérifier sa position sur le chromosome 17 (Figures 13 et 14).

Les produits de PCR des ADN du sixième groupe dont l'absence de délétion était signalée par la PCR ont été séquencés. Ainsi, les séquences amplifiées par PCR des exons 3 à 13 des ADN 62 et 165 étaient mises dans le séquenceur du *Applied Biosystems*. La qualité de l'exon 10 de l'ADN 165 était mauvaise étant donné du bruit de fond fort (Figure 15). Les débuts et les fins des séquences étaient difficiles à déterminer (Figure 16). Chaque pic des lignes en couleurs indiquait une base azotée A, G, C ou T, ce qui était bien illustré par les figures 17 et 18. Un exemple des polymorphismes d'un seul nucléotide démontrant un hétérozygote est présenté à la figure 18.

Discussion

Si les paires d'amorce LDM2F/LDM2R et LDM3F/LDM3R amplifiaient la séquence de l'ADN avec la bonne taille, c'est-à-dire si le résultat sur le gel était visible sous la forme d'une seule bande visible, le patient devrait être un homozygote ayant la grosse délétion. La paire d'amorce LDM2F/LDM3NodeIR amplifierait correctement la séquence de l'ADN avec la bonne taille si le patient était un homozygote normal sans la grosse délétion ou était un hétérozygote. Dans le cas où les trois amorces fonctionnaient, le patient devrait être un hétérozygote (Figure 19). En d'autres mots, si les trois tests à l'aide des amorces LDM2F/LDM2R, LDM3F/LDM3R et LDM2F/LDM3NodeIR donnaient des résultats positifs, c'est-à-dire que des belles bandes étaient présentes sur gel, le patient était un hétérozygote ayant un des allèles portant une délétion. Si les tests à l'aide des amorces LDM2F/LDM2R et LDM3F/LDM3R donnaient des résultats positifs, le patient devrait être un homozygote ayant une délétion. En effet, les amorces LDM2F/LDM2R et LDM3F/LDM3R avaient la même fonction puisque leur amorce anti-sens s'attachait de l'autre bout de la grosse délétion, donc elles devaient donner les mêmes résultats. Si les résultats pour ces deux amorces étaient différents, il serait confirmé que l'ADN n'était pas de bonne qualité. Si le test à l'aide de la paire d'amorces LDM2F/LDM3NodeIR donnait un résultat sur gel positif, mais les deux autres tests donnaient un résultat négatif, ceci indiquerait que le patient n'avait pas de délétions sur le gène CTNS, puisque les amorces anti-sens LDM2R et LDM3R ne pouvaient pas ajouter des nucléotides sur une longue distance de plus de 57-kb qui séparait les amorces sens et anti-sens. Dans cette expérience, seulement les produits de PCR des ADN qui fonctionnaient avec la paire d'amorce LDM2F/LDM3NodeIR étaient séquencés pour valider les résultats de PCR.

Toutes les séquences des longueurs variées issues du séquençage avaient été comparées à celles d'un génome humain normal. Il était remarqué qu'elles concordaient en effet avec les séquences positionnées sur la chromosome 17. En réalité, la cystinose néphropathique (MIM 219800) est une maladie rare héritée chez les nouveau-nés avec un taux d'environ 1 sur 100 000 à 20 0000 dans la population en générale. Le gène CTNS à l'origine de cette maladie génétique est située sur le chromosome 17p13.2. Il comprend 12 exons qui s'étend sur 23 kb de ADN génomique avec une région codante de 1104 bp (Nesterova et Gahl, 2001). La plus grande délétion implique les exons 1 à 9 et en partie l'exon 10. En sachant que les exons 1 et 2 n'étaient pas codants, elle affecte la région codante entre l'exon 3 et l'exon 10 du gène CTNS, qui est la région dans laquelle les amorces étaient choisies. Originellement, la délétion était décrite comme étant d'une longueur de 65 kb. Cependant, la taille était redéfinie à 57257 pb (Ruapar et al. 2001) de sorte que son nom actuel est la délétion 57-kb.

C'est sur la position 13.2 du bras court du chromosome 17 où est localisé le gène CTNS qui code pour la protéine de transport *cystinosine* (NCBI), qui est composée de 367 acides aminés peptidiques. La cystinosine comprend sept domaines transmembranaires qui ont la fonction de transporter l'acide aminé *cystine* à l'extérieurs des lysosomes à l'aide du gradient électrochimique H⁺. En effet, le lysosome se charge de digérer les protéines en acides aminés. Ainsi, une grosse délétion du gène CTNS qui provoque une perte complète de la protéine provoque une accumulation anormale d'un acide aminé, la cystine, dans des cellules qui composent les organes du corps.

Elle engendre d'approximativement 50 % des cas de cystinose néphropathique chez la population de la descendance européenne (*NIH*). D'autres mutations peuvent entraîner la production d'une plus courte protéine qui n'est pas capable d'assurer sa fonction de transport. Par contre, certaines mutations peuvent ne pas affecter l'activité normale de la protéine (*NIH*).

Même si les résultats sur le gel avec les paires d'amorces LDM2F/LDM2R et LDM3F/LDM3R devraient être pareils, puisque ces deux paires d'amorces fonctionnent de la même manière, certains résultats n'étaient pas cohérents et avaient été repris. Dans les deux dernières colonnes sur le gel se trouvaient le contrôle positif et le contrôle négatif. L'ADN du contrôle positif se nommait le CEPH. Il était utilisé pour assurer les techniciens de laboratoire de la réussite de la PCR à l'aide de sa bande bonne taille lorsque les bandes des autres ADN ne fonctionnaient pas. Le contrôle négatif qui était la solution Master Mix sans ADN, permettait d'assurer la qualité des résultats en démontrant si la contamination de Master Mix avait lieu. Si la contamination était arrivée, la PCR devrait être reprise.

La raison pour laquelle les exons 11 à 13 étaient aussi séquencés en dépit du fait que ces exons n'étaient des régions touchées par la délétion était pour déterminer la qualité de l'ADN. Dans cette expérience, 11 échantillons sur les 149 ADN génomiques n'étaient pas de bonne qualité pour effectuer le séquençage, puisque les PCR sur les exons 11 à 13 n'étaient pas fonctionnels, ce qui pourrait être observé par les bandes absentes sur le gel d'Agarose à l'aide des amorces des exons 11 à 13. De plus, si les trois tests avec les trois amorces LDM mentionnées donnaient des résultats négatifs, c'était aussi une preuve que l'ADN n'était pas fonctionnel. En outre, 10 résultats de mon expérience étaient différents de ceux issus du séquençage parmi les 138 résultats fonctionnels. Comptant parmi ces 10 résultats, 5 ADN donnaient des bandes pâles sur le gel, ce qui rendaient les résultats d'analyse ambivalents, donc incertains. Donc, le taux de réussite de PCR qui validait de manière juste les résultats fonctionnels issus séquençage était d'environ 93 %.

Remarquons que pour le sixième groupe, la PCR ne fonctionnait que pour les ADN 62 et 165, ce qui marquait l'absence de délétion homozygote chez ces patients (Figure 15). En effet, la PCR fonctionnait pour les cinq échantillons du sixième groupe aux exons 11 à 13, démontrant la bonne qualité de ces ADN (Figure 16 et 17). D'ailleurs, les résultats des reprises A et B avec les ADN provenant des nouveaux envois démontraient que le client n'avait pas envoyé des échantillons d'ADN nouvellement extraits, puisque les produits de PCR sur le gel n'étaient toujours pas cohérents.

Un *SNP* n'est pas forcément pathogène (Bourgeois et Rodden-Robinson, 2015). Les polymorphismes nucléotidiques ponctuels ou *SNP* étaient parfois observés sur les électrophorégrammes où deux bases azotées sembleraient avoir tous un pic au même endroit. Le lecteur distinguait deux couleurs provenant de deux nucléotides. Ceci signifie que le client était un hétérozygote.

L'électrophorégramme avec l'amorce dans l'exon 10 de l'ADN 165 était de mauvaise qualité à cause du bruit de fond, c'est-à-dire qu'il présentait des petits et des grands pics des différentes couleurs au même endroit sur la séquence. Ainsi, il était difficile de déterminer de façon certaine les suites de nucléotides. La cause majeure possible était une insuffisance d'ADN dans le mélange réactionnel. Donc, il fallait quantifier avec une nouvelle concentration d'ADN

dans la solution de Master Mix PCR. Le bruit de fond pourrait être anticipé à partir du résultat sur le gel d'Agarose puisqu'il serait possible de voir plusieurs bandes non spécifiques dans la même colonne de migration (Figure 10). En effet, les amorces se liaient à d'autres régions de l'ADN en entraînant une amplification d'autres séquences qui n'étaient pas ciblées. Étant donné que la taille des fragments amplifiés était différente, différentes bandes apparaîtraient. De plus, le produit de PCR d'une taille plus petite que 250 pb peut aboutir à une qualité de séquence diminuée dû à un phénomène de sursaturation. Ce phénomène de sursaturation engendre des bandes trop intenses sur le gel (Figure 10), ainsi que la compression de certaines bases azotées au début de la séquence (Figure 29). Il s'agit d'une limite inhérente de la technologie 3730X de Sanger.

Des 149 échantillons d'ADN reçus, il peut être observé que 74 échantillons d'ADN comptaient comme des homozygotes et 59 échantillons provenaient des patients hétérozygotes (Tableau 3 et Figure 20).

Tableau 3

Nombre d'échantillons d'ADN différents selon les critères d'analyse

| Critères d'analyse | Nombre |
|-------------------------------------------------|---------------|
| Hétérozygotes | 59 |
| Homozygotes possédant une grosse délétion | 41 |
| Homozygotes ne possédant pas de grosse délétion | 33 |
| ADN de mauvaise qualité | 11 |
| ADN ayant certaines bandes pâles sur le gel | 5 |
| Total | 149 |

En effet, la délétion 57-kb représentait un taux élevé d'environ 55% chez l'ensemble de patients atteints de cystinose néphropathique qui étaient homozygotes, et un taux élevé d'environ 75% chez l'ensemble des 133 patients homozygotes ou hétérozygotes. Ainsi, elle dépassait dans l'un ou dans l'autre cas la moitié des mutations qu'il était possible de détecter à l'aide de la méthode de PCR et de gel.

Après avoir repris les PCR des échantillons qui n'étaient pas pareils aux résultats du séquençage, il a été observé que les résultats des 10 échantillons demeuraient incohérents avec ceux du séquençage. Il est possible que ces erreurs aient émané soit des manipulations de la PCR de cette expérience, soit de celles des recherches antérieures. Parmi ces 10 échantillons, les PCR des 2 échantillons ont été réussies dans cette expérience avec les trois paires d'amorces mentionnées, mais les séquençages n'avaient pas fonctionné sur certains exons à l'aide d'autres amorces dans les expériences précédentes, notamment avec les amorces pour les exons 5 et 10. Les erreurs pourraient être causées par une imprécision de séquenceur, par l'usure du gel qui a été réutilisé à plusieurs reprises ou par la contamination de l'échantillon d'ADN au cours de la manipulation.

Conclusion

Les objectifs de la recherche ont été atteints d'étape en étape. D'abord, l'analyse de l'ADN par PCR a validé avec un taux de réussite d'environ 93% les résultats par le séquençage Sanger chez les patients. Ensuite, la présence de la grosse délétion du gène CTNS a été vérifiée chez tous les patients et il a été noté qu'elle représentait plus que la moitié des mutations chez les patients homozygotes et qu'elle était présente chez environ 80% des patients homozygotes ou hétérozygotes. Enfin, la présence d'autres mutations chez les patients analysés a été, entre autres, observée par les SNP sur les électrophorégrammes dans la base de données de Nanuq. Donc, l'hypothèse que la délétion 57-kb serait la plus fréquente mutation observée chez les patients participant à l'expérience a été confirmée par la PCR, par l'électrophorèse et par le séquençage. D'ailleurs, les techniques de séquençage de la nouvelle génération, next-generation sequencing, qui sont désignés aussi par séquençage haut débit, high-throughput sequencing, rendent l'analyse de plus en plus précise et facile. Elles offrent une plateforme intéressante qui permet le séquençage simultané des milliers et des millions de molécules d'ADN en révolutionnant les domaines de la médecine personnalisée, des maladies génétiques et des diagnostics cliniques. Dans le laboratoire de service de Génome Québec, des nouvelles machines de la nouvelle génération remplacent au fil du temps ceux qui les précèdent en dépit du coût initial de leur achat qui constitue un grand investissement au départ. Le directeur Pierre Lepage affirme que le prix pour séquencer chaque échantillon est néanmoins de moins en moins coûteux. Aussi, les prochaines expériences pourraient viser à pousser la recherche sur la cystinose néphropathique au niveau des symptômes dans un cadre clinique.

Acknowledgements

I would like to thank Professor Ian Wikarski for his support as my supervisor for the Science Honours program and Professor Jean Caillé for his support as my supervisor for my research project performed as my integration project. Their help was greatly appreciated. I also want to express my gratitude to all research participants in my project.

Références

Agence de la biomédecine, agence relevant du ministère de la santé net [Internet]. 2004. France.

[Cité le 12 mai 2018].

URL : <https://www.genetique-medicale.fr/la-genetique-l-essentiel/genetique-et-maladies-quels-liens/article/qu-est-ce-qu-une-maladie-genetique>

Barriel, V. PCR (polymerase chain reaction) ou AMPLIFICATION EN CHAÎNE PAR POLYMÉRAS [Internet]. Encyclopædia Universalis. [Cité le 21 avril 2018].

URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/pcr-amplification-en-chaine-par-polymerase/>

Bourgeois, P et Rodden-Robinson, T. 2015. La génétique pour les Nuls. First-Grund. France : Wiley Publishing. Cystinose-Québec [Internet]. 2009. Quebec ; [Cité le 31 octobre 2018].

URL : <http://www.cystinose.ca/definition.html>

Genetics Home Reference [Internet]. 2008. États-Unis : NIH ; [Mise à jour le 8 mai 2018; cité le 11 mai 2018].

URL : <https://ghr.nlm.nih.gov/gene/CTNS>

Jordan, B. Le séquençage des génomes [Internet]. Encyclopædia Universalis. [Cité le 22 avril 2018].

URL : <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/genomique-le-sequencage-des-genomes/>

Le journal des femmes avec santé médecine.net [Internet]. [Cité le 12 mai 2018].

URL : <https://sante-medecine.journaldesfemmes.fr/faq/8051-allele-definition>

NCBI [Internet]. 2018. États-Unis; [Mise à jour le 14 avril 2018; cité le 11 mai 2018].

URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/1497>

Nesterova, G et Gahl, WA. 2001. Cystinosis [Internet]. Seattle : NCBI ; [Mise à jour le 7 décembre 2017; cité le 13 mai 2018].

URL : <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK1400/>

Thermo Fisher Scientific [Internet]. États-Unis; [Cité le 7 mai 2018].

URL : <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/3730XL>

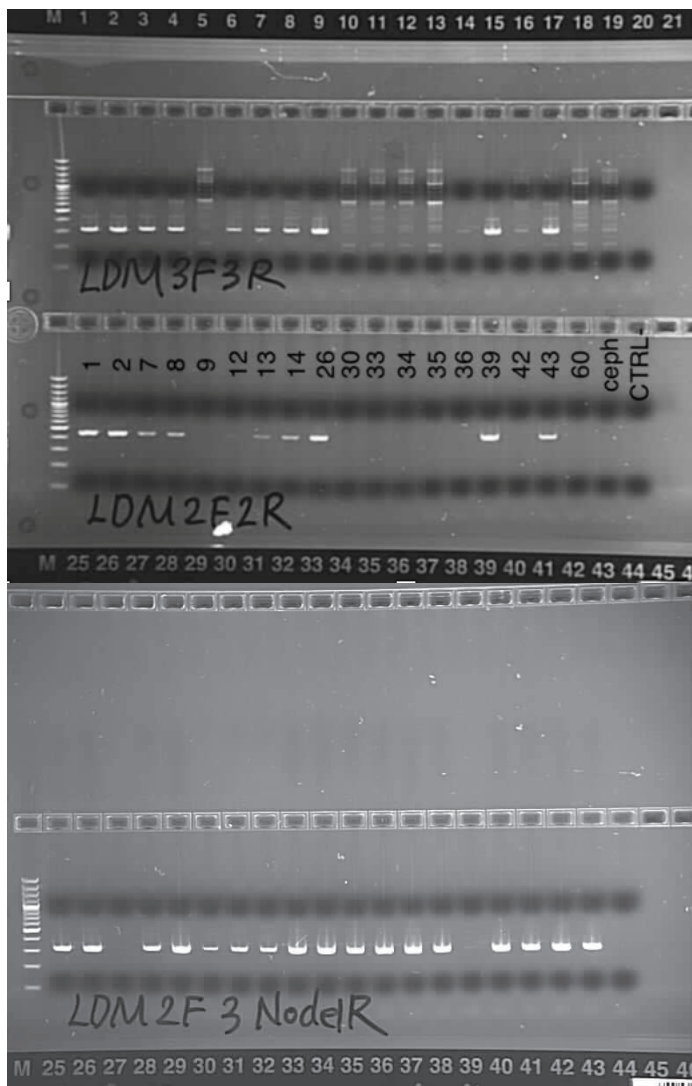


Figure 1

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du premier groupe d'ADN génomique à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

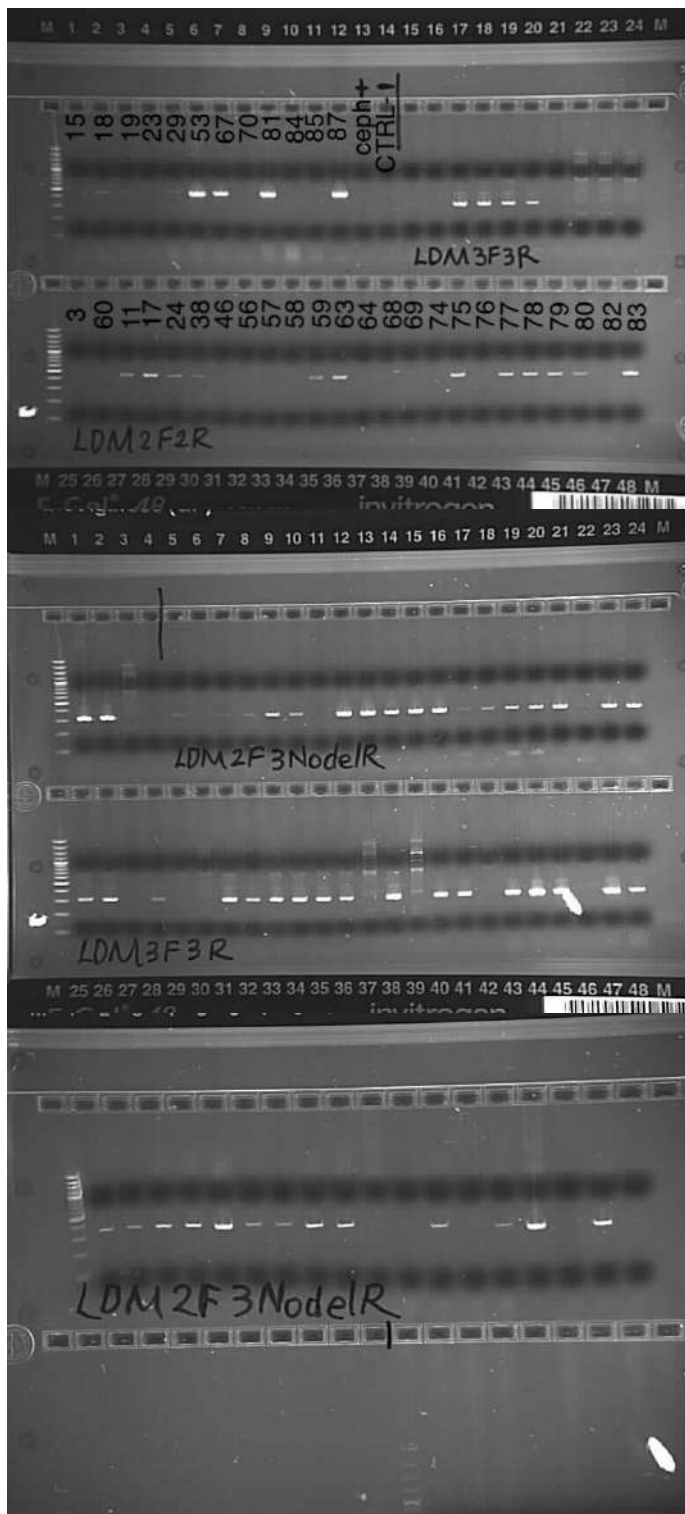


Figure 2

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du deuxième groupe d'ADN génomique à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

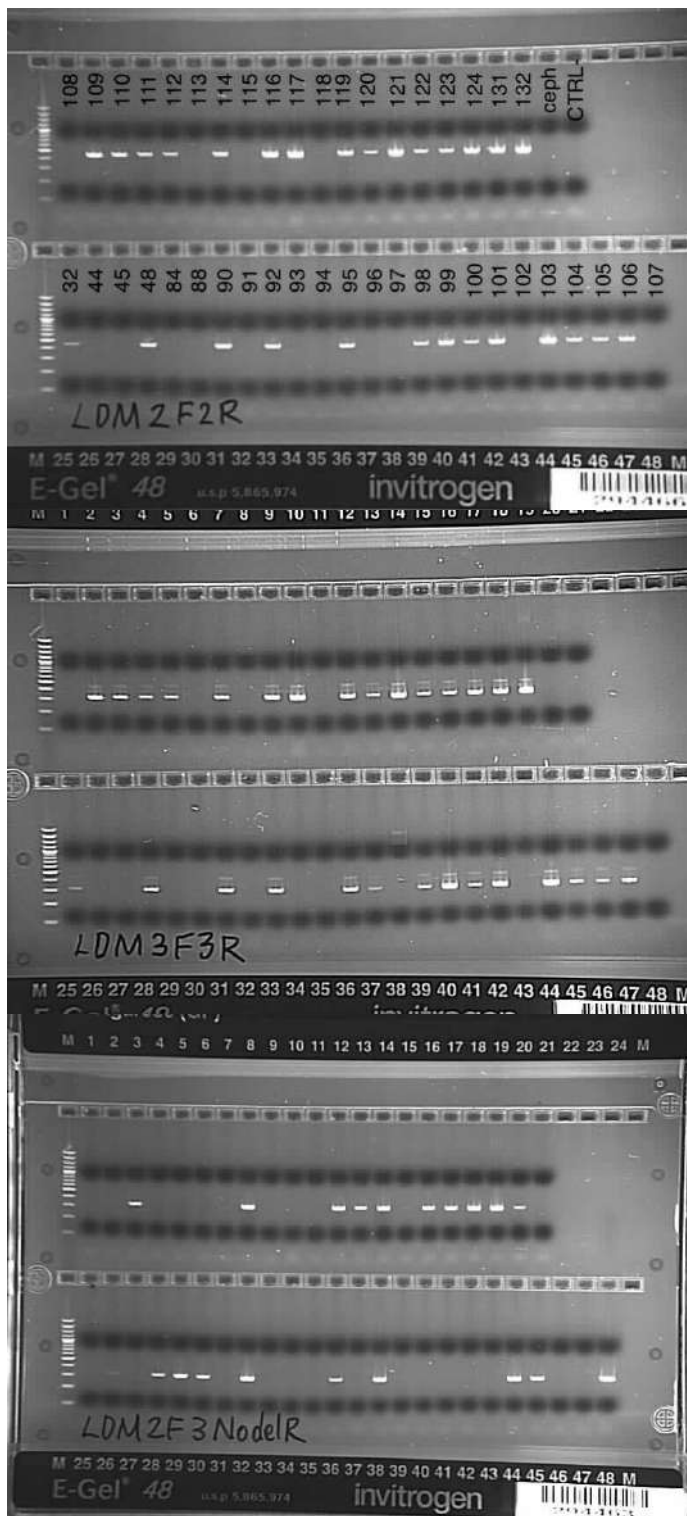


Figure 3

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du troisième groupe d'ADN génomique à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

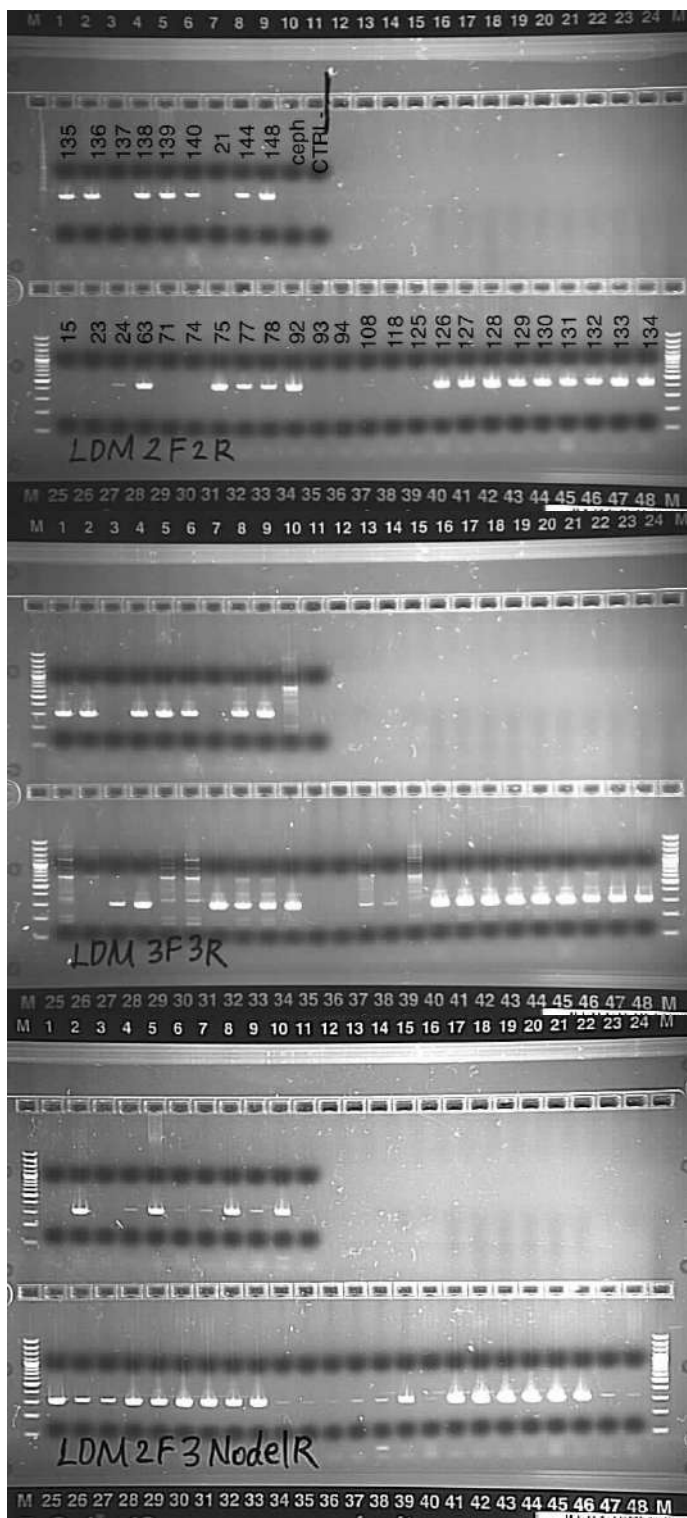


Figure 4

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du quatrième groupe d'ADN génomique à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

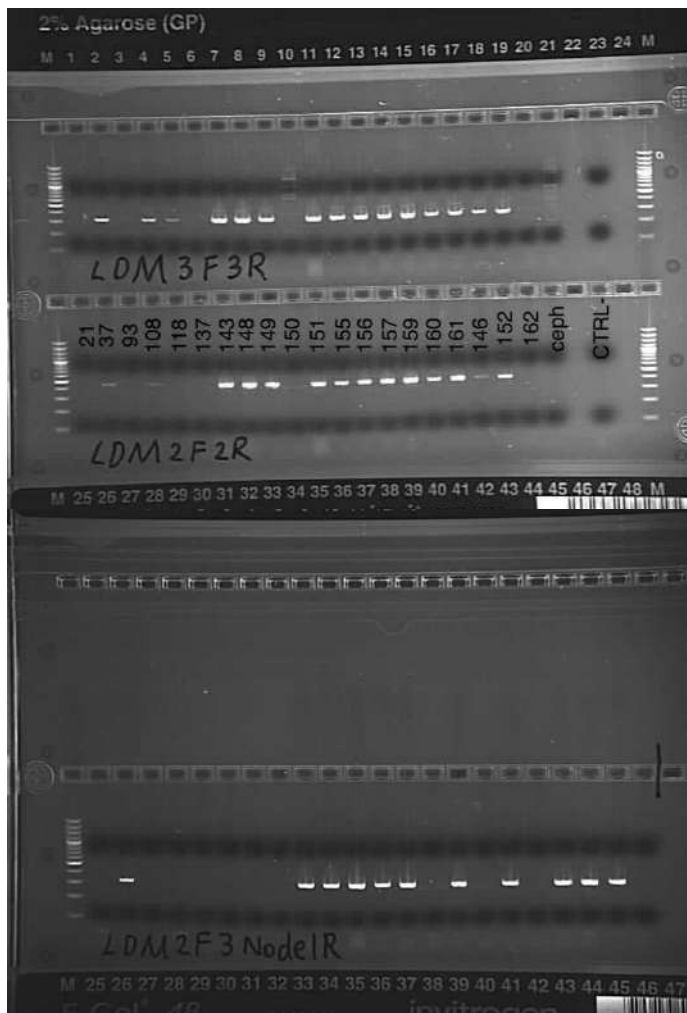


Figure 5

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du cinquième groupe d'ADN génomique à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

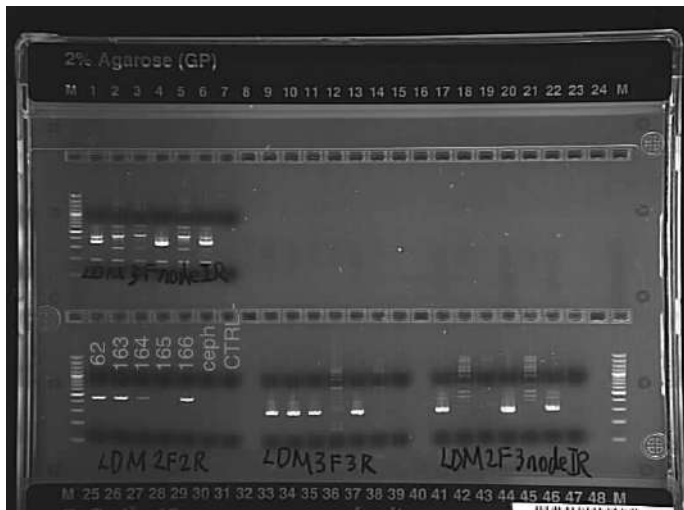


Figure 6

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du sixième groupe d'ADN génomique à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

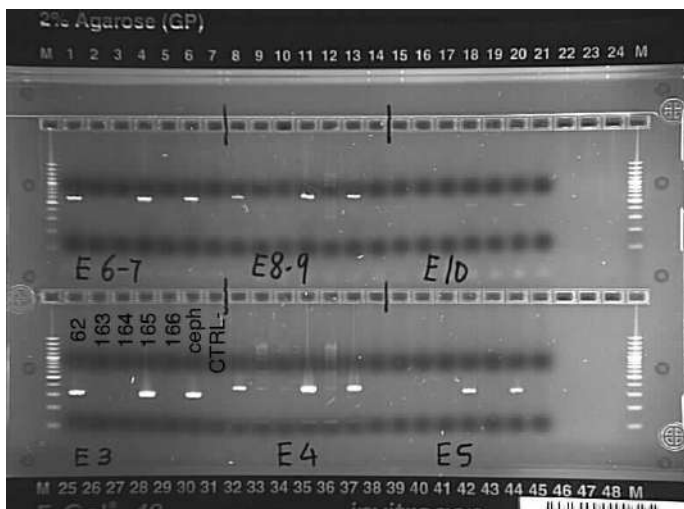


Figure 7

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du sixième groupe d'ADN génomique à l'aide des amorces ciblant les exons spécifiques de E3 à E10

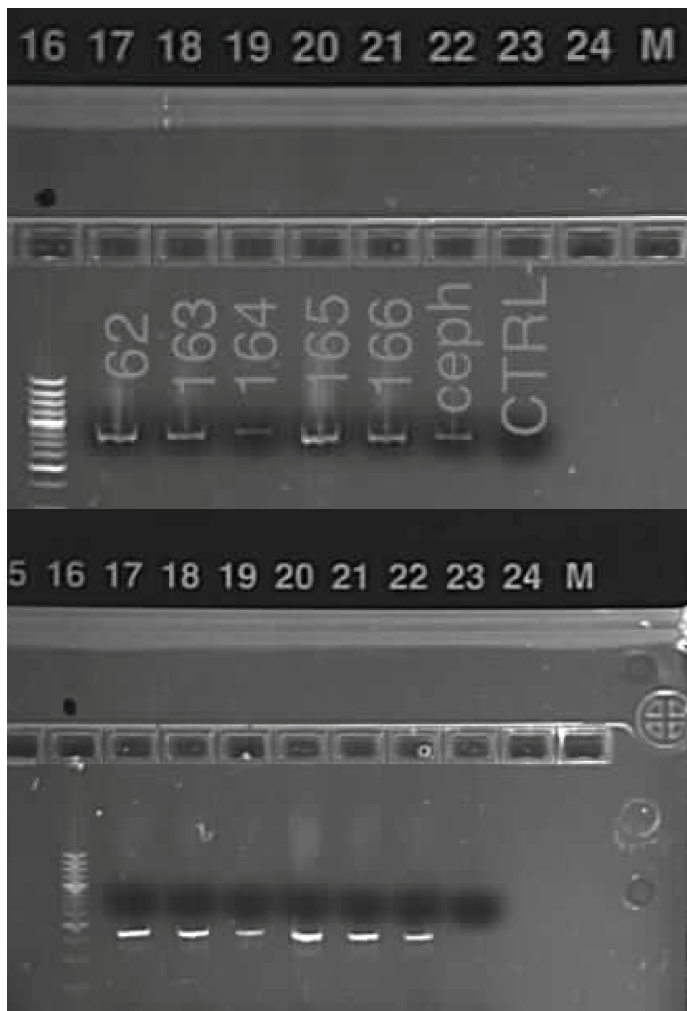


Figure 8

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du sixième groupe d'ADN génomique à l'aide des amorces ciblant les exons spécifiques E11 à E13

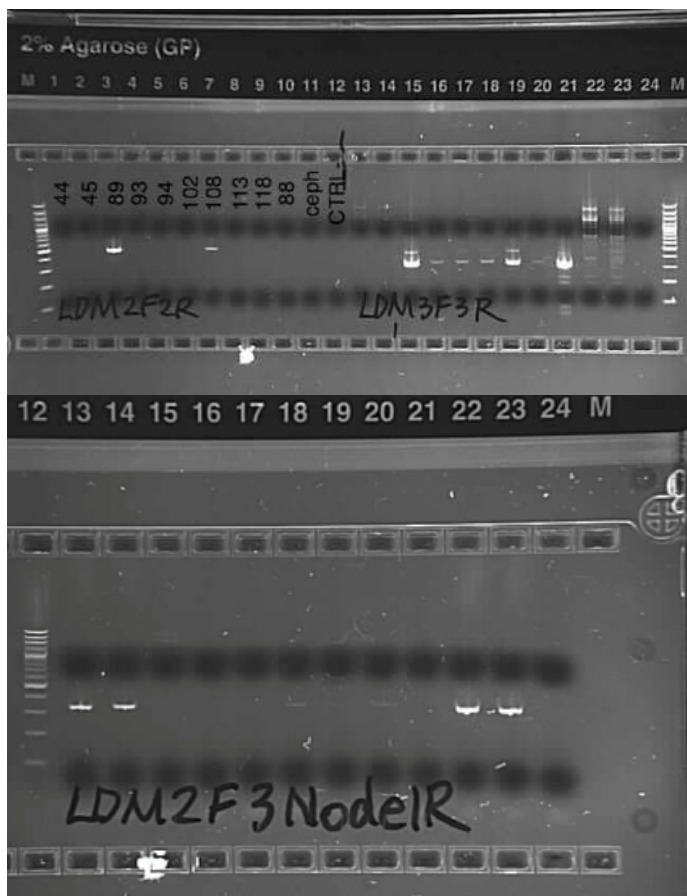


Figure 9

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du groupe A d'ADN génomique de remplacement à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion



Figure 10

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose du groupe B d'ADN génomique de remplacement à l'aide des trois paires d'amorces pour tester la grosse délétion

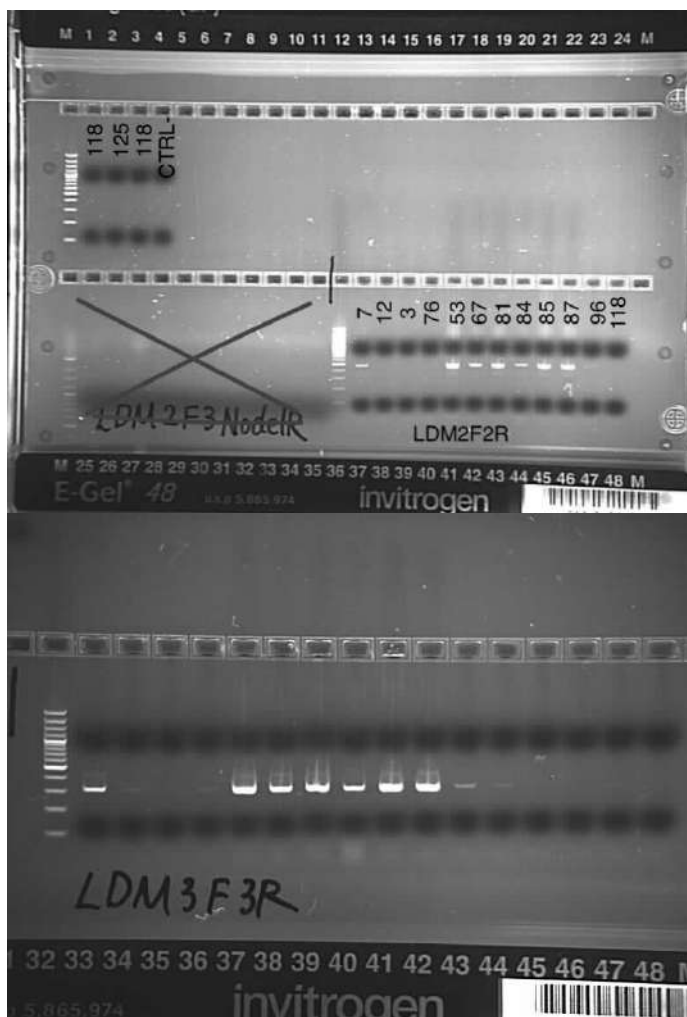


Figure 11

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose d'ADN génomiques de reprise à l'aide des deux paires d'amorces LDM2F/LDM2R et LDM3F/LDM3R

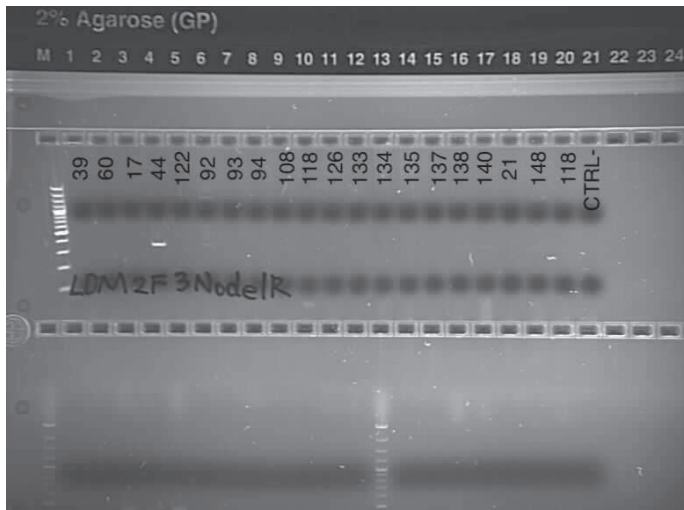


Figure 12

Les résultats de l'électrophorèse sur le gel d'Agarose d'ADN génomiques de reprise à l'aide de la paire d'amorces LDM2F/LDM3NodeIR

cDNA YourSeq

```
nTGAnCTGAT TCAACATTCC CCTGAAC TTCCTTGCTG TTTTCTTCC 50
TAGTCTGAG AAATCGAGAA ACATGATAAG GAATTGGCTG ACTATTTTAA 100
TCCTTTTCC CCTGAAGCTC GTAGAGAAAT GTGGTAAGTT TAGAAATGAC 150
ACGTCAACTT GTAAAGAGG GAAATGCTGG CTAGAGGAAG GAGTAATCTG 200
ATCTGTTTGT TGCCAAGGGT TTAGAATCAT TCAGACCACA TGCTCTCTGC 250
TnGncTCTTG Gnnn
```

Genomic chr17 :

```
ccctctgagg ccgtgatgca aagccctgag gtcacagctg tcaggtggca 3640085
gtcccttatg agccatccat gctccagagg gcagattgtc tacagggagc 3640135
TGAgCTGATT CAACATTCCC CTGAAC TTCTTGCTGT TTTTCTTCC 3640185
AGTTCGAGA AAATCGAGAAA CATGATAAGG AATTGGCTGA CTATTTTAT 3640235
CCTTTTCCC CTGAAGCTCG TAGAGAAATG TGTTAAGTTT AGAAATGACA 3640285
CGTCAACTTT GTAAAGAGGG AAATGCTGGC TAGAGGAAGG AGTAATCTGA 3640335
TCTGTTTGT GCCAAGGGTT TAGAATCATT CAGACCACAT GTCTCTGTCT 3640385
gGcTCTTGgc catgtggcca ctgggggtgt ggagcagacc caggtctggg 3640435
atccaggtgt tctgcaaaga gccagatagt tccacatata attggccttc 3640485
tgccctggt
```

Figure 13

La comparaison du résultat à la suite du séquençage de l'exon 3 de l'ADN 62 avec la séquence normale à l'aide du site UCSC

cDNA YourSeq

```

nnecttettn nnnnCTCTGC CGTGCTCTCT CnnnAGGTGA GGTGGGGTGG 50
CGGGTGTGG CTGGGGTGGC CTGTGGGGGG CCAGGGCTGG TCTCACCTCA 100
TACAGGCAGC ACTGCACGAT GATGATCAGC GTGAGGACAA CCGCGTGCAG 150
GCTGAAGAAG ACGTCCTTGC TGTTCACGGG GTTCACTCCG TTGGGGTATT 200
TGAGGAGAAA CTGCTCCTCT TTGGTGGGTG GGAGAAGCTG GGTGGTGAGG 250
GGCAGCCGGG CCACCACGCC ATGTGGGCAG AGATGTAGGG CACCAGAGGG 300
AGGCCGATGT TGAATACACT GTAGGCCACG AAGCCCGTCA GGTTCAGAGC 350
CACGAAGTCG AAGCTCAGAC CAATGACACT GCAGGGGGTG GAGGGACAAG 400
ACAGGGCAGG GGGTGAAGAC TGGCAGGGGT GGAGGGACAG GCCAGAGGGT 450
GAGGACTGGC GGGGGTGGAG GGGCAGGGCA GGGTGGGGGG TAAGGACTGG 500
CGAGGGGTGG TGGGGCAGGG CAGGGGGTGA GGACTGGCAG GGGTGGAGGG 550
GCAGGGCAGG GGTGAGGACC Cnnnnngtg agn

```

Genomic chr17 (reverse strand):

```

caccocagac ttggggggct ctgagggcct ggactcatgg gtgtcttcta 3656929
tgcccagcac aggacctgga tgaatgaaca cacacccctc ctttcccagg 3656879
CTCTGCCGTG TCTTCTtca aAGGTGAGGT GGGGTGGCGG GTGTTGGCTG 3656829
GGGTGGCCTG TGGGGGGCCA GGGCTGGTCT CACCTCATA CAGCAGACT 3656779
GCACGATGAT GATCAGCGTG AGGACAACCG CGTGCAGGCT GAAGAAGACG 3656729
TCCTTGCTGT TCACGGGGTT CACTCCGTTG GGGTATTGA GGAGAACTG 3656679
CTCTGTTTTG GTGGTGGGA GAAGCTGGGT GGTAGGGGC AGCCGGGCCA 3656629
CCACGCCATG TGGGCAGAGA TGAaggcag gcaaggccgt accttgatgt 3656579
agGCACCCA GAGGAGGCCG ATGTTGAATA CACTGTAGCC CACGAAGCCC 3656529
GTCAGGTCCA GAGCCACGAA TTCGAAGCTC AGACCAATGA CACTGCAGGG 3656479
GGTGGAGGGA CAAGACAGGG CAGGGGGTGA AGACTGGCAG GGGTGGAGGG 3656429
ACAGGGCAGA GGGTGAAGAC TGGCAGGGGT GGAGGGCAG ggcagagggt 3656379
gaggactggc gggggtggag gggcagGCA GGGTGGGGGG TAAGGACTGG 3656329
CGAGGGGTGG TGGGGCAGGG CAGGGGGTGA GGACTGGCAG GGGTGGAGGG 3656279
GCAGGGCAGG GGTGAGGACC Cagggggtg aggactgggt gggggtggag 3656229
ggcaggggca gtgggtaagg actggcgggg gtggaggggc atggcagggg 3656179
gtgagggctg gcgggggtgg aa

```

Figure 14

La comparaison du résultat démontrant une courte délétion à la suite du séquençage de l'exon 8 et 9 de l'ADN 62 avec la séquence normale à l'aide du site UCSC

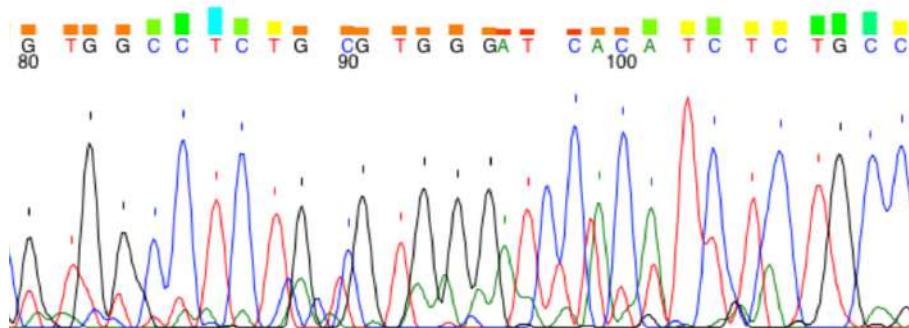


Figure 15

Le résultat d'une mauvaise qualité du séquençage de l'exon 10 de l'ADN 165 sur l'électrophorogramme

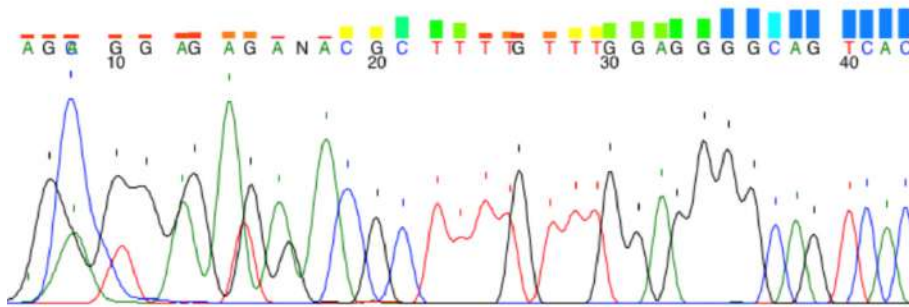


Figure 16

Le début de la séquence amplifiée sur l'électrophorogramme de l'exon 11 et 12 de l'ADN 62

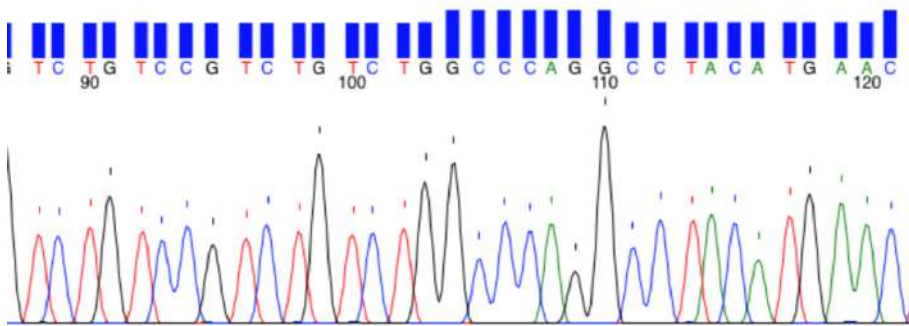


Figure 17

Le milieu de la séquence amplifiée sur l'électrophorogramme de l'exon 11 et 12 de l'ADN 62

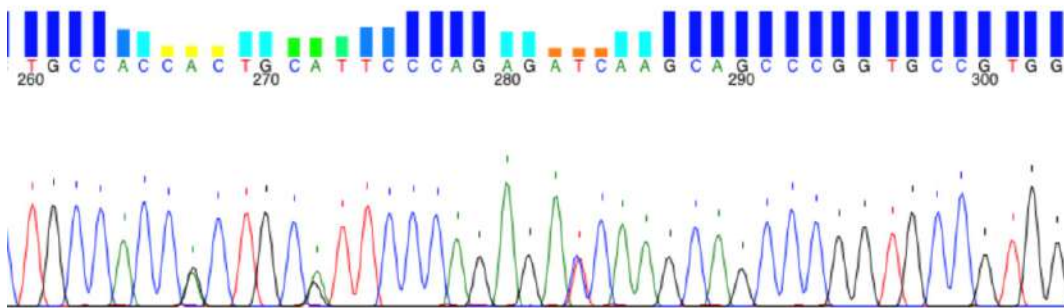


Figure 18

Le milieu de la séquence amplifiée sur l'électrophorogramme de l'exon 13 de l'ADN 62 montrant des SNP hétérozygotes

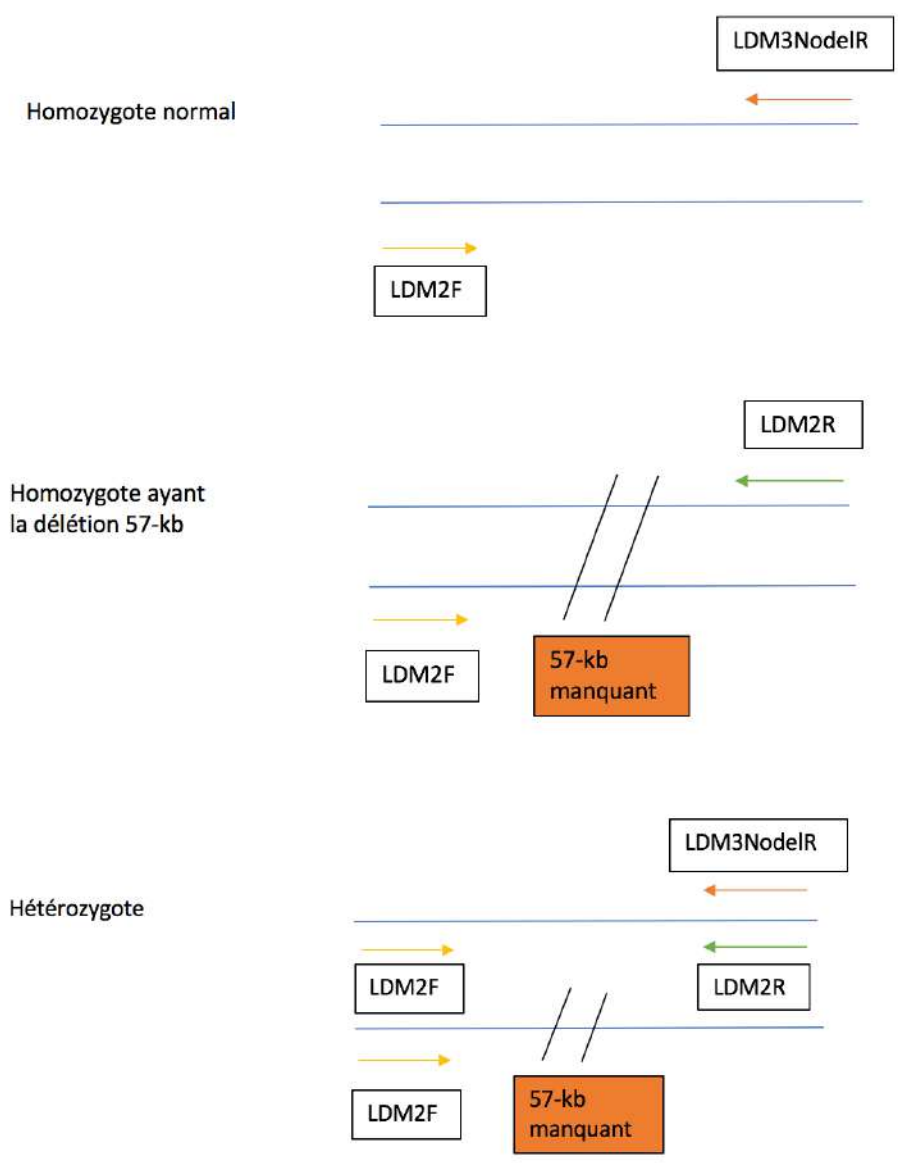


Figure 19

Le schéma expliquant le fonctionnement des amorces choisies pour tester la délétion 57-kb

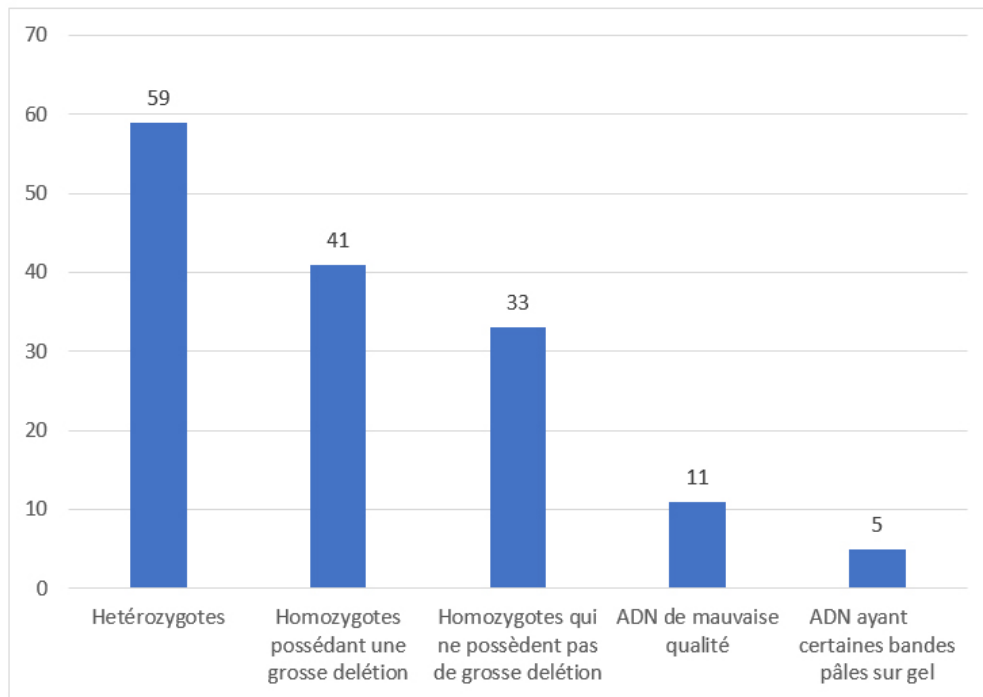


Figure 20

Nombre d'échantillons d'ADN différents selon les critères d'analyse

Annexe A

Résultats de la PCR compilés sur le gel des groupes 1 et 2

Présence de bande spécifique : amplification

Absence de bandes spécifiques : pas d'amplification

| No. du puits sur la plaque | No. d'échantillon d'ADN | LDM2 | LDM3 | LDM2F/LDM3NodeIR |
|----------------------------|-------------------------|------|-----------|------------------|
| A01 | 1 | | | |
| A02 | 2 | | | |
| A03 | 7 | | | |
| A04 | 8 | | | |
| A05 | 9 | | | |
| A06 | 12 | | très pâle | |
| A07 | 13 | | | |
| A08 | 14 | | | |
| A09 | 26 | | | |
| A10 | 30 | | | |
| A11 | 33 | | | |
| A12 | 34 | | | |
| B01 | 35 | | | |
| B02 | 36 | | | |
| B03 | 39 | | | |
| B04 | 42 | | | |
| B05 | 43 | | | |
| B06 | 60 | | | |
| A01 | 3 | | | |
| A02 | 60 | | | |
| A03 | 11 | | | |
| A04 | 17 | | | |
| A05 | 24 | | | |
| A06 | 38 | | | |
| A07 | 46 | | | |
| A08 | 56 | | | |
| A09 | 57 | | | |
| A10 | 58 | | | |
| A11 | 59 | | | |
| A12 | 63 | | | |
| B01 | 64 | | | |
| B02 | 68 | | | |
| B03 | 69 | | | |

| | | | | |
|-----|----|--|-----------|--|
| B04 | 74 | | | |
| B05 | 75 | | | |
| B06 | 76 | | très pâle | |
| B07 | 77 | | | |
| B08 | 78 | | | |
| B09 | 79 | | | |
| B10 | 80 | | | |
| B11 | 82 | | | |
| B12 | 83 | | | |
| C01 | 15 | | | |
| C02 | 18 | | | |
| C03 | 19 | | | |
| C04 | 23 | | | |
| C05 | 29 | | | |
| C06 | 53 | | | |
| C07 | 67 | | | |
| C08 | 70 | | | |
| C09 | 81 | | | |
| C10 | 84 | | | |
| C11 | 85 | | | |
| C12 | 87 | | | |

Résultats de la PCR compilés sur le gel du groupe 3

| No. du puits sur la plaque | No. d'échantillon d'ADN | LDM2 | LDM3 | LDM2F/LDM3NodeIR |
|----------------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------|
| A01 | 32 | | | |
| A02 | 44 | | | |
| A03 | 45 | | | |
| A04 | 48 | | | |
| A05 | 84 | | | |
| A06 | 88 | | | |
| A07 | 90 | | | |
| A08 | 91 | | | |
| A09 | 92 | | | |
| A10 | 93 | | | |
| A11 | 94 | | | |
| A12 | 95 | | | |
| B01 | 96 | Très pâle | très pâle | |
| B02 | 97 | | | |
| B03 | 98 | | | |
| B04 | 99 | | | |
| B05 | 100 | | | |
| B06 | 101 | | | |
| B07 | 102 | | | |
| B08 | 103 | | | |
| B09 | 104 | | | |
| B10 | 105 | | | |
| B11 | 106 | | | |
| B12 | 107 | | | |
| C01 | 108 | | | |
| C02 | 109 | | | |
| C03 | 110 | | | |
| C04 | 111 | | | |
| C05 | 112 | | | |
| C06 | 113 | | | |
| C07 | 114 | | | |
| C08 | 115 | | | |
| C09 | 116 | | | |
| C10 | 117 | | | |
| C11 | 118 | | très pâle | |
| C12 | 119 | | | |
| D01 | 120 | | | |
| D02 | 121 | | | |
| D03 | 122 | | | |
| D04 | 123 | | | |
| D05 | 124 | | | |

Résultats de la PCR compilés sur le gel du groupe 4

| No. du puits sur la plaque | No. d'échantillon d'ADN | LDM2 | LDM3 | LDM2F/LDM3NodeIR |
|----------------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------|
| A01 | 15 | | | |
| A02 | 23 | | | |
| A03 | 24 | | | |
| A04 | 63 | | | |
| A05 | 71 | | | |
| A06 | 74 | | | |
| A07 | 75 | | | |
| A08 | 77 | | | |
| A09 | 78 | | | |
| A10 | 92 | | | |
| A11 | 93 | | | |
| A12 | 94 | | | |
| B01 | 108 | très pâle | très pâle | |
| B02 | 118 | | | |
| B03 | 125 | | | |
| B04 | 126 | | | |
| B05 | 127 | | | |
| B06 | 128 | | | |
| B07 | 129 | | | |
| B08 | 130 | | | |
| B09 | 131 | | | |
| B10 | 132 | | | |
| B11 | 133 | | | |
| B12 | 134 | | | |
| C01 | 135 | | | |
| C02 | 136 | | | |
| C03 | 137 | | | |
| C04 | 138 | | | |
| C05 | 139 | | | |
| C06 | 140 | | | |
| C07 | 21 | | | |
| C08 | 144 | | | |
| C09 | 148 | | | |

Résultats de la PCR compilés sur le gel des groupes 5 et 6

| No. du puits sur la plaque | No. d'échantillon d'ADN | LDM2 | LDM3 | LDM2F/LDM3NodeIR |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|------------------|
| A01 | 21 | Red | Red | Red |
| A02 | 37 | Green | Green | Green |
| A03 | 93 | Red | Red | Red |
| A04 | 108 | Green | Green | Red |
| A05 | 118 | Red | Red | Red |
| A06 | 137 | Red | Red | Red |
| A07 | 143 | Green | Green | Red |
| A08 | 148 | Green | Green | Red |
| A09 | 149 | Green | Green | Green |
| A10 | 150 | Red | Red | Green |
| A11 | 151 | Green | Green | Green |
| A12 | 155 | Green | Green | Green |
| B01 | 16 | Green | Green | Green |
| B02 | 157 | Green | Green | Red |
| B03 | 159 | Green | Green | Green |
| B04 | 160 | Green | Green | Red |
| B05 | 161 | Green | Green | Green |
| B06 | 146 | Green | Green | Red |
| B07 | 152 | Green | Green | Green |
| B08 | 162 | Red | Red | Green |
| A01 | 62 | Green | Green | Green |
| A02 | 163 | Green | Green | Red |
| A03 | 164 | Green | Green | Red |
| A04 | 165 | Red | Red | Green |
| A05 | 166 | Green | Green | Red |

Résultats de la PCR compilés sur le gel des groupes de remplacement A et B

| No. du puits sur la plaque | No. d'échantillon d'ADN | LDM2 | LDM3 | LDM2F/LDM3NodeIR |
|----------------------------|-------------------------|-----------|-----------|------------------|
| A01 | 44 | | | |
| A02 | 45 | | | |
| A03 | 89 | | | |
| A04 | 93 | | très pâle | |
| A05 | 94 | | très pâle | |
| A06 | 102 | | très pâle | très pâle |
| A07 | 108 | | | |
| A08 | 113 | | très pâle | très pâle |
| A09 | 118 | | | |
| A10 | 88 | | | |
| A01 | 44 | | très pâle | |
| A02 | 45 | | | |
| A03 | 86 | | | |
| A04 | 89 | | | |
| A05 | 93 | | très pâle | |
| A06 | 94 | | très pâle | |
| A07 | 102 | | très pâle | |
| A08 | 108 | | | |
| A09 | 113 | | | |
| A10 | 118 | très pâle | | |

Annexe B

Un exemple de protocole de PCR pour l'exon 13

Matériel

1. Gants
2. Solution tampon A 5X
3. Eau pour PCR
4. Boîtes de cônes de pipettes filtrés dont la capacité maximale est respectivement de 10 uL, 20 uL et 200 uL
5. Micropipettes dont les capacités maximales sont respectivement de 10 uL, 20 uL et 200 uL
6. Supports à tubes
7. TAQ (Kapa)
8. Amorces sens E13F
9. Amorces anti-sens E13R
10. Pipette électronique
11. Pipette multicanale
12. Thermocycleur
13. 5 échantillons d'ADN génomiques des patients
14. CEPH (contrôle +)
15. Scellant pour plaque
16. Vortex
17. Centrifugeuse de laboratoire
18. Tubes en <<strip>>
19. Récipient pour la solution Master Mix
20. Bac de glaces

Manipulations

Préparation de Master Mix

1. Se préparer un bac de glaces afin de garder les solutions qui ne sont pas utilisées à la basse température d'environ 4 °C.
2. Sortir les solutions des réfrigérateurs.
3. Prélever à l'aide de la micropipette appropriée 152.6 uL d'eau pour PCR et l'ajouter dans un récipient qui est la matrice de mélange.
4. Utiliser les supports à tube au cours de la manipulation des tubes.
5. Mettre les tubes contenant des solutions, sauf l'enzyme, dans un vortex pour agiter brièvement pendant une ou deux secondes.

6. Mettre tous les tubes contenant des solutions dans un centrifugeuse pendant deux ou trois secondes.
7. Changer de cône de pipette entre chaque étape de manipulation pour éviter la contamination.
8. Ajouter à la matrice 45 uL de solution tampon A à la solution de Master Mix.
9. Pipeter 11.25 uL de la solution à 5% et l'ajouter à la solution de Master Mix.
10. Ajouter 4.5 uL de dNTP à la solution de Master Mix.
11. Ajouter 0.9uL de TAQ qui est Kapa 62C à la solution de Master Mix
12. Pipeter 0.9 uL de l'amorce sens, E13F 100 uM, et l'ajouter à la solution de Master Mix.
13. Pipeter 0.9 uM de l'amorce anti-sens, E13R, et l'ajouter à la solution de Master Mix.
14. Identifier un groupement de tubes en <<strip>> en numérotant 5 tubes de 1 à 5, en étiquetant le sixième tube du nom de CEPH et le septième du nom de CTRL-.
15. Pipeter 24 uL de la solution de Master Mix à chacun des 7 tubes en <<strip>> à l'aide d'une pipette électronique.
16. Enlever le couvercle des échantillons d'ADN des clients. Garder le couvercle propre.
À l'aide d'une pipette multicanale, ajouter 1 uL d'échantillons d'ADN dans les cinq tubes numérotés.
17. Ajouter 1 uM de CEPH dans le sixième tube identifié comme CEPH.
18. Fermer les couvercles des tubes.
19. Mettre le tube dans la centrifugeuse pendant 7 secondes.

Préparation pour la PCR

1. Réguler le thermocycleur à 33 cycles.
2. Réguler le thermocycleur par tranches de 96 oC pour 1 minute, 96 oC pour 10 secondes, 62 oC pour 10 secondes, 72 oC pour 1 seconde, 72 oC pour 30 secondes, puis 4 oC pour l'infinité.
3. Mettre les 7 tubes dans le thermocycleur.
4. Débuter l'amplification et attendre environ 1 heure.

Un exemple de protocole d'électrophorèse sur le gel d'Agarose

Matériel

1. Plaque de gel d'Agarose
2. Centrifugeuse
3. Rayons UV
4. Caméra
5. Marqueur de poids moléculaire
6. Pipette multicanale
7. Pipette électronique
8. Courant électrique
9. Contenant en plastique
10. Plaque des produits amplifiés par PCR
11. Scellant pour plaque de transfert
12. Plaque de transfert
13. Colorant de chargement 1X
14. Boîtes de cônes de pipettes dont les capacités maximales sont respectivement de 10 uL et de 20 uL

Manipulations

Préparation des échantillons pour l'électrophorèse

1. Mettre les produits de PCR dans une centrifugeuse pendant 7 secondes.
2. Verser un petit volume de colorant de chargement 1X dans un contenant en plastique.
3. Pipeter 10 uL de colorant de chargement 1X dans 7 puits d'une plaque de transfert à l'aide d'une pipette multicanale.
4. Échanger les cônes de pipette.
5. Transférer 3 uL de chacune des solutions issues de la PCR sur la plaque à l'aide de la pipette multicanale.
6. Fermer la plaque à l'aide d'un scellant.
7. Mettre la plaque de transfert contenant les produits de PCR mélangés avec le colorant de chargement 1X dans une centrifugeuse pendant 7 secondes.

Préparation pour partir le gel

1. Identifier la plaque de gel d'Agarose.
2. Ajouter 13 ul de marqueur de poids moléculaire dans un puit de la plaque de gel.
3. Pipetter 13 ul d'échantillons de chaque tube et les ajouter dans l'ordre dans les puits sur le gel.
4. Brancher le gel au courant électrique.
5. Attendre environ 20 minutes.
6. Récupérer le gel et le mettre sous les rayons UV.
7. Prendre une photo du gel sous les rayons UV, puis jeter le gel.
8. Purifier les restants des produits issus de la PCR avant de les soumettre à l'équipe du séquençage.

**The hidden face
of the admission
of asylum seekers
as refugees
into Canada**

Ranime Yassine

BIO G R A P H Y

Hello,

My name is Ranime Yassine, I am currently studying law at Université Laval.

I just recently graduated from Collégial International Sainte Anne in the social sciences program, and more precisely in the law, society and justice profile.

I am passionate about about law, how it affects every single one of us, especially immigration law. My parents first came to Canada as immigrants, their experience was interesting to say the least.

I have studied in a couple of different places, and met many people from various backgrounds, but never had met an asylum seeker before. Thus, I wanted to learn more about them, who they were, where they came from, as well as how they were treated here in Canada. I hope that this research will be as interesting to read as it was to conduct. I also hope it will inspire more people to study the asylum seekers' case.

Thank you !

Abstract

This study took place in the organization *La Maisonnée* located in Montreal, Quebec, in the form of four weeks of internship and two weeks of data analysis. The purpose of the research behind this study was to determine whether socioeconomic factors can affect the admission of an asylum seeker (humanitarian immigrant) as a refugee in Canada. Also, the hypothesis was that it is easier for asylum seekers that benefit from a “high” socioeconomic status to be accepted as refugees in Canada. To answer the research question, observations, questionnaires and interviews were carried out. The results seem to invalidate the hypothesis. Thus, it is not necessarily easier for an asylum seeker that benefits from a “high” socioeconomic status to be accepted as a refugee in Canada.

Résumé

L'étude a prit place au sein de l'organisation *La Maisonnée* qui se situe à Montréal, Québec, sous la forme de quatre semaines de stage et de deux semaines d'analyse de données. Le but de la recherche derrière cette étude était de déterminer si les facteurs socio-économiques peuvent affecter l'admission d'un demandeur d'asile (immigrant humanitaire) en tant que réfugié au Canada. De plus, l'hypothèse était qu'il est plus facile pour un demandeur d'asile qui bénéficie d'un statut socio-économique “élevé” d'être accepté en tant que réfugié au Canada. Afin de répondre à la question de recherche, des observations ainsi que la distribution de questionnaires et la conduite d'entrevues ont été mises en place. En ce qui concerne les résultats, nous devons invalider l'hypothèse. Ainsi, il n'est pas nécessairement plus facile pour un demandeur d'asile qui bénéficie d'un statut socio-économique plus “élevé” d'être accepté en tant que réfugié au Canada.

Introduction

This research discusses the question of asylum seekers, more precisely their admission as refugees in Canada. According to the government of Canada, a person can seek refuge if they are defined as an individual seeking refugee protection for fear of persecution or from dangers such as torture, a “risk to their life” or a “risk of cruel and unusual treatment or punishment” (Claim refugee protection from inside Canada, 2018), in their home country. There are many reasons that make this particular subject interesting ; it is a confusing subject in which there is a lack of knowledge in the general population. In fact, the general belief is that upon arriving to a country's border, someone can claim to be a refugee and then be considered as one. However, that is untrue: one must earn this status. Another major reason which makes this subject an interesting one is that it constitutes a current issue which we hear about every so often, especially since the recent refugee crisis. In fact, according to Rocher (2016), international organisations estimate the number of displaced persons due to the Syrian conflict alone to be of 4 million (p.12). A matter that peaks interest is the question of what happens to these people? When they arrive in the country of their choice, they enter a process which many find vague. Is it really anyone that can go through this process and earn the

status, or is there a certain standard to upkeep, resulting in a small proportion of people getting in? The question at the heart of the research is the following: Does the socioeconomic status of an asylum seeker (humanitarian immigrant) affect their admission as a refugee in Canada?

The role attributed to refugees varies. In fact, while some will define refugees as people fearing persecution for religious reasons, among others (définition de réfugié, 2018), others will argue that these refugees are managerialized (Soennecken, 2013) and that the function of immigrants, once in the country, is to boost the economy (International Migration, 2017, p.5). The refugee selection goes through different institutions, organisations and people (Hamlin, 2012, p.947). Bauder (2008) brought forward the problem related to the way refugee demands were handled in Canada, more precisely, he brought forward the lack of distinction made between each demand. The author underlines the fact that refugees, no matter what causes them to seek refuge in Canada, are all treated the same way; whether they have committed crimes in their country of origin, or have been the victim of said crimes (p.88-89).

This very idea comes into conflict with the image of Canada as a generous and compassionate country when it comes to refugees as it gives off the image of a country that brings together victims and oppressors (Bauder, 2008, p.88-89). Dauvergne (2012) backs up and supports the point made by Bauder by referring to the human rights. In fact, the author underlines the importance of the usage of these rights for all non-Canadian citizens, including immigrants and refugees. The goal of the research she discusses was to bring into light the lack of use of these rights when working on refugee files; an element that is important to their cause (Dauvergne, 2012, p.308). In fact, the lack of use of these rights constitutes an inconvenience to their situation as they are not Canadian citizens and cannot use the rights of Canadian citizens (p.307) (which explains why they cannot use Canadian citizens rights as opposed to Human Rights).

This point is also an argument Hamlin (2012) brought to the table when explaining the importance of international laws in refugee cases. In fact, she quotes Jacobson by explaining how immigrants are “becoming the object of international law and institutions” (Hamelin, 2012, p.936-937) leading us to believe that international laws make it possible for noncitizens to use rights they otherwise wouldn’t be able to (p.936-937). Furthermore, in Canada, just like in Australia or the United States, Refugee Status Determination (RSD) decision makers all rely on the refugee definition put forward by the UN; however, they do not interpret it the same way, which may results in different outcomes regarding a same case (Hamelin, 2012, p.934). Finally, according to McDonald (2014), RSD officials are to assess two elements whether the “asylum seeker satisfies the definition of a refugee under the refugee convention” (McDonald, 2014, p.116) as well as the credibility of the claims made by them (p.116).

Refugee processing guidelines

Because of the great diversity of situations involving asylum seekers, trying to distinguish the official position in the handling of refugee claims is not an easy feature. The most common way of guiding the refugees’ legal application consists in simply following the guidelines suggested by the governments. The documents used in this sense are the following: the online guide *Immigrants’ and refugees’ access to social benefits and programs in Québec* by the Community Legal Services

of Pointe St-Charles and Little-Burgundy, the *Guide for asylum seekers in Québec wishing to obtain Québec government services* as well as the *Québec Immigration Planning for the 2017-2019 Period* both by the Government of Québec, and finally the *Refugee Hearing Preparation, A guide for refugee Claimants* by Kinbrace Community Society. Also, some statistics concerning asylum seekers and the acceptance of some as refugees in Canada were studied.

First off, it is important to take into consideration the complex relation that ties Canada and Quebec. In fact, unlike the rest of the provinces, Quebec “exercise(s) its full powers in this area of shared jurisdiction with the federal government.” (Québec Immigration Planning for the 2017-2019 Period, p.6) This has been made possible since 1991, when the “Canada-Quebec Accord Relating to Immigration and Temporary Admission of Aliens” (p.6) was signed. While this accord gives the ability for Quebec to choose “refugees selected abroad” (p.6) it does not permit it to select “refugees recognized locally” (p.6). In other words, Quebec has in some cases the power to choose who is welcomed in the province, but it is the federal government that is in charge of putting up criterias for who gets to enter and settle down in the country. Moreover the Canadian government is the one responsible for “establishing general immigration categories, processing requests for asylum, and admitting immigrants to the country”. (p.6) The federal government is also responsible for the management of asylum seekers request to become refugees. For an asylum seeker to earn the status of an accepted refugee, they have to go through a process which can drastically change depending on where they are established.

As this research took place in an organization in Montreal, thus in the province of Quebec it was interesting to take into consideration the third guide, which presents the different services offered to asylum seekers in Quebec. This guide discusses different topics, starting with the common values shared in the Quebec society, the housing process and opportunities, as well as financial aid. Also, it helps asylum seekers in the process of finding legal aid and legal consultants in order to get the help they need (Guide des services offerts pour les demandeurs d’asile 2017, p.2). It also discusses the French courses at their disposal as well as health care and social services, how they can go about moving out of Montreal and gives them information as to how they can protect their personal information (p.2). Throughout this guide, it is possible to find phone numbers, addresses they might need as well as a map of the metro to help facilitate their transport.

Furthermore, the *Immigrants’ and refugees’ access to social benefits and programs in Québec*, document was handed by a social worker, the first week of the internship. This document is a great tool. In fact, it was of great help as it explains general knowledge about immigration in Quebec. One of the most important information for this study stated in this document is that there are seven different immigration status in Canada. As underlined by the same social worker in the organization, a common mistake is to describe people seeking security from persecution as refugees. These people first start as asylum seekers and then undergo a process to earn the status of refugee in Canada. In other words, the first important element to understand is the fact that there are different immigration statuses a person can hold in Canada (Community Legal Services Of Point St-Charles And Little-Burgundy, 2017, p.12). In the case of the refugee status, one does not get it by simply arriving to the countries border. In fact, upon arrival, the person is what we call an “asylum seeker” (p.16) and has to go through a process to earn the refugee status. It is explained throughout the document that asylum seekers also called refugee claimants, await a decision from the Immigration and Refugee Board of Canada (p.16).

Additionally, there are two other statuses that are interesting to study, which are the rejected refugee and the accepted refugee (p.15 & p.17). These statuses are particularly interesting as they underline the fact that not all refugee claimants are accepted as refugees. In other words, it underlines that there is a selection process. This can be linked to the interviews and more precisely to the fifth question in which participants had to describe the factors that may play in the favor or harm asylum seekers in their request to be accepted as a refugee in Canada. Also, each status can be divided into nearer categories as shown in the document, for example, in the case of accepted refugees (p.15).

In the *Refugee Hearing Preparation, A guide for refugee Claimants* it is explained that in the case of a refusal, the refugee claimant has two different options. He can either leave the country voluntarily, or can apply for a review. There are two different options for the review, which depend on whether or not the person is eligible to appeal. If the answer is yes, then they have to turn to “Immigration and Refugee Board of Canada – Refugee Appeal Division” (Kinbrace Community Society, 2017, p.38). However, if the answer is no, they have to turn to the Federal Court of Judicial Review (p.38).

Finally, concerning statistics, an important increase in the number of asylum claims can be seen between the year of 2016 and the year of 2017. In fact, while in 2016, “23,925 asylum claims were made in Canada [...] of which 5,525 were made in Québec” (Immigration, Diversité et Inclusion Québec, 2018, par.1), between the 1st of January and the 31st of December 2017, “49,775 asylum request were made in Canada, of which 24,980 in Québec.”

Another statistic shows how many “Refugee Protection Claims (New System) by Country of Alleged Persecution” (Immigration and Refugee Board of Canada, 2018) were accepted and rejected during 2018 between January and March. In fact, in total “3,857 claims were accepted” (Immigration and Refugee Board of Canada, 2018) while “2,357 were rejected” (Immigration and Refugee Board of Canada, 2018).

Although we might believe that the socioeconomic status doesn’t play any role in the admission of an asylum seeker as a refugee in Canada, this factor may influence the admission of this person. In fact, we hypothesize that it is easier for an asylum seeker who benefits from a “high” socioeconomic status to be accepted as a refugee in Canada.

Methodology

Presentation of data collection instruments

In order to answer this research question, three data collection instruments were required. This research was conducted in the organization *La Maisonnée*, which is an organization that offers services individually or as a group to immigrants and refugees in Montreal. It is important to know that, in this organization, most of the interventions are done in the form of a one-on-one intervention. The nature of this organization directly affected the choice of the data collection instruments. In fact, throughout this research no data collection was made among immigrants and asylum seekers, as it was judged not appropriate by the organization for different reasons. Thus, no refugees’ points of view on the matter are taken into consideration in this study.

Different sources were used related to the subject of immigration in general or more precisely to the case of asylum seekers in Canada to get a better understanding of the subject. These will be addressed as the secondary sources part. Moreover, an interest was given to the study of different statistics related to the immigration process to Canada and more precisely statistics related to asylum seekers. These statistics were useful as they portrayed how many requests as asylum seekers were made both on the federal level, as well as the provincial level in Quebec, but also how many were accepted and rejected in 2018 “Refugee Protection Claims (New System) by Country of Alleged Persecution” (Immigration and Refugee Board of Canada, 2018).

The first of the three data collection method, were observations and note-taking. Different people were subject to observations, among them were asylum seekers, permanent residents and employees of the organization such as social workers. The reason behind the idea of observing asylum seekers as well as permanent residents was to see if some similarities or differences concerning the socioeconomic status could be drawn afterwards. For example, during the observation a particular interest was drawn to material similarities or differences between the permanent residents and the asylum seekers. As for the employees, it was important to observe them as they are the point-of-contact between the asylum seekers that they receive and what might result from their request to become refugees. In other words, employees such as social workers of the organization because, they work on the asylum seeker case are actively participating in the process of what might become the admission of the said asylum seeker as a refugee to Canada. The observation focussed on studying the interaction between the employee and the asylum seeker. Also, after each observation, notes were taken. Finally, the observations took place in various environments, such as in social workers' offices, waiting rooms, during events such as food bank, information sessions or even during staff meetings.

Surveys are another method used in this research. Their purpose was to aid craft the questions that were going to be asked during the interviews. In fact, the questionnaires made it possible to collect more information and get a better insight, understanding of the subject. They were addressed to some of the members of the organization *La Maisonnée* who work with asylum seekers and other types of immigrants. Furthermore, there was a total of 12 participants in the questionnaire, whom are all social workers. However, only 6 of those 12 participants also participated during the interviews. In other words, there is little difference in terms of participants of the surveys and the questionnaires.

Finally, the last data collection instruments used during this research were interviews. Six of the organization's employees were interviewed. The purpose of these interviews was to better understand general notions related to asylum seekers and to identify which factors could favor an asylum seeker over another, starting with their socioeconomic status. In fact, the notion of a “high” socioeconomic status is subjective. These interviews help better understand what factors influence the admission of asylum seekers as refugees in Canada.

Procedure

This research took place in an organization called *La Maisonnée*. Not everything went according to plan so, in such situations, adaptation or flexibility is key. The duration of this research was of six weeks, including four weeks of internship. Each week, there were three days spent doing data collection within the organization or during activities organized by *La Maisonnée*. These days were required for conducting interviews and the passing of questionnaires to the different participants, but mainly they were required for conducting the observations. During this same week, one day was dedicated to the study of secondary sources and statistics, some of which were shared by the social worker. The internship in question started on the 16th of April of 2018 and ended the 9th of May of 2018.

During the first two weeks, data collection was limited to observations as it was about getting familiar with the organization. What was observed became a lead as to what could be done to follow up. It also constituted as a game changer since a first obstacle came up: the fact that the subject of study, asylum seekers, could not participate in the interviewing or surveying process. The plan had to change in order to find a way to get the information required from other sources such as the social workers.

The third week also consisted of observations in the organization, but also during one of the services organized by *La Maisonnée*. In fact, this organization intervenes on multiple levels, whether it is during social intervention, interventions related to employment, leisure, housing or even services such as food banks. The observations took place, on Wednesday 2nd of May of 2018, during the food bank activity. Each week, on Wednesday in the basement of a nearby church, two activities related to food are organized by *La Maisonnée*, the food bank and the collective kitchen. Furthermore, during the third week questionnaires were handed out to different employees of the organization. However, because of their hectic schedule, some of the participants could not hand the questionnaire back during this same week. From the 7th till the 11th of May of 2018, observations were still happening in the organization as well as in two new environments which are during an information session which took place in a YMCA located in Montreal, and in a homework help session for newcomers in Canada in a class at the George Vanier high school. Most of the students present during this homework help session were asylum seekers. Also, some of the questionnaires which were handed the previous week were collected. Furthermore, interviews took place during this final week.

Results

Observations

The observations are divided in four categories: the ones which took place in the locals of the organization which will be addressed as observation 'A', the ones which took place during the information session at the YMCA, which will be addressed as observation 'B' and during the food bank activity and information session, which will be addressed as observation 'C'. Finally, the observations done during the homework help session for newcomers in Canada in a class at the *George Vanier* high school will be addressed as observation 'D'.

Observation 'A'

During the observations that were led in the waiting room, there was no way to determine to what status the observed people belonged to. However, there are a couple of elements that could be deducted from these observations. For example, people that come to *La Maisonnée* are for the majority of African countries, they, for the most had a bright attitude as well. Also, it seemed that a minority of the people experienced the language barrier. In fact, some of the people observed did not answer when they were called to come into the meeting most likely because the secretary called them in French and they did not understand French. Language was therefore a barrier and the secretary had to find a way to communicate with these people, often through the use of the English language. Furthermore, an element that was present with the majority of the people under study was that most of them held a phone. This element underlines that most of the people observed have access to technology. Concerning the gender of the people, by observing them it was possible to underline the fact that most of the people were male, and they most often came alone. Females were a minority; however, in their case, they mostly were accompanied by children.

The observations which were conducted in the office were the most significant in terms of time spent. While in the waiting room it was very prominent that most people seemed to come from African countries, in the office, the people that were most likely to come were from Arab Origins. In fact, in the office there are four social workers. Each of them is responsible of a specific project in the organization; also, they speak common and different languages from each other. What most likely happened is that, people that came in to get information, advice or a service would take an appointment with someone that understands their language even though in some cases they were able to speak French or English. In this office, two out of the four social workers could communicate in Arabic. This might explain why during the observations most of the people seemed to have Arabic roots. Another reason might be that the person responsible of the Syrian folder was one of the social workers in this office.

Finally, the last observations of the bloc 'A' took place respectively during two staff meetings on the 30th of April and the 14th of May 2018. During the staff meetings, the staff insisted on the fact that, over the past two years and the upcoming one, the number of asylum seekers was constantly increasing, therefore, the charge of work done to help and assist them too.

An important element that was brought up during the second meeting was that the number of people coming to the food bank was actually decreasing. However, no explanation was given. In parallel, the number of people wishing to participate in activities related to leisure was increasing. This might be a sign that people are less in need. However, it is important to take into consideration that the people who get access to the food bank are various. In fact, the food bank is open to people who live in the *La Petite Patrie* district in which this organization intervenes, as well as to asylum seeker among other people. In other words, the results show that even though the number of people frequenting the food bank is decreasing for example, it does not necessarily mean that asylum seekers are in fact less in need of this type of services, as they are not the only people who have access to these services.

Observation 'B'

This observation was conducted during an information session given in a YMCA in Montreal on the 15th of May, 2018. The majority of the people present were women and children, of African origins, more precisely from Nigeria and Angola. In total, there were approximately 20 people present. All of them were asylum seekers. A social worker gave the information session using a PowerPoint presentation as well as a few booklets, information sheets and a plan of the Montreal Metro. Also, the social worker gave them a few minutes to ask questions at the end of the presentation. The information session presented the services offered for asylum seekers; from education to health and also housing, among other topics. These people focused on the fact that they had to wait for their first government paycheck in order to look for housing as well as waiting for a work permit in order to make an income. This shows that they were in real need of help. Some were asking about education and if they could get it for free, to which the instructor explained that it wasn't. In order to study, they would have to pay as a non-Canadian, which most said they could not afford. Also, it was noted that most did not speak French, only two out of the twenty present did, the rest of them spoke English. Finally, concerning the observations done in the bloc B, they seem to depict asylum seekers that don't have a strong socioeconomic status, as they can't afford to pay their education in Canada. These notes are not conclusive as someone might be able to afford to pay for a higher education in their home countries, but not in Canada, as the costs are not necessarily the same.

Observation 'C'

The third observation took place during the food bank activity and information session. The food bank activity takes place every Wednesday. The food bank gathers social workers that often give information sessions, volunteers that help with the organization and distribution of the food, as well as all the people that registered for food, who pay a fee of CAD 4 per family everytime they attend the event. People are given a variety of food, starting from vegetables and fruit, meat, dairy products and even grain products. The food is provided by Moisson Montréal but *La Maisonnée* organizes the Food Bank event supervised by a social worker. During the food bank, the organization usually asks a social worker to organize an information session on various topics. Wednesday the 2nd of May 2018, the information session discussed how people could find a balance between work, family and studies. Just like in the observations conducted in the organization (waiting room and office observations), there was no way of knowing if there were more asylum seekers than another type of immigrants as the public was diversified. The fact that the majority of the people were able to understand French was the most interesting point in this observation as it seems to confirm that the clientele of the food bank is different from that of the legal services provided by *La Maisonnée*.

Observation 'D'

The last observation took place during a homework help session for newcomers in Canada in a class at the *George Vanier* high school. The demographic showed that the people present were aged between 15 and 17 years old and, for the most part, they were female. When studying the list of names, it was apparent that most were of Latino or African origin and the list of names indicated that the African students were related (same family name). A few Asian students were present as well, and they mostly sat together.

The first part of the session consisted in helping the students with their homework, while the second hour was dedicated to socializing, encouraging the students to speak together. At the end of the two hours, the students were all speaking to each other and playing games as a group. The language used to communicate with the students and the one mostly used between the students was French. However, from time to time students would speak in their native languages, often teaching their friends a couple of words. Also, one of the instructors underlined the fact that most of the present students have been in Canada for a year or less. All in all, it was clear that the class was dynamic, students seem to integrate well into the society.

Questionnaires

While answering the questions, the participants based their answers on the last three years (2016 to 2018).

To respect the anonymity of the participants, they will not be named. Some of the information that would make it possible to recognize them was removed.

During the third week, questionnaires were handed out to members that work at *La Maisonnée*. These participants were chosen accordingly to some characteristics, of which are that the participants must be employees that work with asylum seekers. The questionnaires were answered by 12 participants. The participants were asked to sign consent forms.

They included 13 questions (Appendix A). The questions can be divided into two categories: profile type questions as well as questions related to the social and economic status. The first category that comprises questions 1 to 3 and question 8 represents the category of questions that served to depict the profile type of the most likely received asylum seekers by the participants, while questions 4 to 7 and 9 to 13 are the questions that served to depict their social and economical background.

The results of the first category of questions have shown that the asylum seekers are more likely men aged between 30 and 54 years old and are most likely to be married. They also most likely come from countries such as Tchad, Haïti, Nigeria or Syria. In other words, these are the most likely countries that asylum seekers come from.

Concerning the asylum seekers most likely companion, 7 out of the 12 participants answered that most of the asylum seeker they received came alone, 5 answered that they came with their individual family (spouse and/or children), and none answered that they came with their enlarged family. The goal of this question was to determine whether these people come alone or

accompanied, as one of social workers noted people coming with people are more likely to be able to afford the transportation costs. Since most of the asylum seekers they received came alone, it is likely that the majority of asylum seekers cannot afford to come accompanied. Moreover, out of 12 participants, 7 believed that most asylum seekers that they received, attained a university degree, while 2 of them believed that they received a high school degree and another 3 believed they had a college (Cegep) degree. Concerning the spoken languages, out of the 12 participants, 10 answered that most of the asylum seekers they received spoke 2 to 3 languages while one believed most spoke one and another believed most spoke 4 and more languages. On the other hand, about the written languages, out of 12 participants, none believed that most of the asylum seekers they received know how to write in 4 and more languages, 5 believed that most know how to write in one language only and 7 believed that most know how to write in 2 to 3 languages.

Question 9 served to determine what type of employment participants believed most asylum seekers they received had in their country of origin. Out of all the participants, 75% believed that most asylum seekers they received worked in fields requiring higher education.

The goal of the 10th question was to determine if most of the asylum seekers that were received by the participants were unemployed and, if they were, what type of job they had in Canada. The results show that 8 out of the 12 participants believed that most of the asylum seeker they received already have a general type of work in Canada, which is different than what they had in their home country. This seems to somehow contradict one of the earlier findings – they came alone to the interview because they could not afford to pay transportation for their entire family. The fact that asylum seekers are able to even find a job can be looked at as a positive or a negative thing. In fact, finding a job makes the asylum seeker more likely to be able to satisfy their basic needs. However, one might see that while the asylum seeker found a job, they did not find one that compares to the one they had in their country of origin, for example a doctor that becomes a taxi driver in Canada.

Furthermore, in question 11, the participants were asked what was the income of most asylum seekers they received, in their home countries. The majority of the participants did not have an answer to this question as most asylum seekers they received did not declare it. Therefore, there is no certain answer. The goal of the 12th question was to determine the income in Canada of most asylum seekers received by the participants. Results have shown that 4 out of the 12 participants believed that since most asylum seekers have arrived recently, they still did not have access to their work permit, therefore, they have not yet gotten the ability to receive an income to declare. As for 8 others, they believed that most of the asylum seekers they received that work in Canada earn an annual salary of a person that works in general jobs. Concerning the most likely status of the person received by the participants, out of 12 participants, 3 participants believed that the people they most likely encounter were permanent residents while 6 of them believed that the people they received are most likely asylum seekers.

Finally, surveys targeted at the asylum seekers themselves would definitely be the next step in this research. Unfortunately, for reasons related to confidentiality, they were not possible at the current time.

Interviews

The same principles of anonymity were respected for the interviews. However, because of the fact that interview required more time than the questionnaires, the number of participants who were available to answer them halved. Also, the 6 members that were interviewed were subject to the survey before the interviews took place. The interviews were conducted during the last two weeks of the internship. On average, the interviews were of 15 minutes and the setting in which they took place changed depending on the subject being interviewed. For example, some of the interviews took place in the conference room of the organisation while others took place in the office of the subject. They contained seven questions (Appendix B), of which some had already been previously asked during the questionnaires. The reason behind such measures is to give the participants the opportunity to provide more details. Moreover, all of the interviews were conducted in French.

The interviews started off with a question pertaining to the role that the person plays in the organization. The answers were interesting as they underlined the relevance of the participants. All of the participants interviewed were social workers, all working on different aspects of newcomer's lives, be it housing, leisures or rights among others. However, it is important to know that the social workers interviewed are not people in charge of the organization as such.

To the first question, most replied by saying that they were people looking to help newcomers, "pour les aider dans leurs integrations" as Participant E said during the interview. The second question of the interviews pertained as to what, according to the participants, was the status of the economic immigrants they mostly received. The goal here was to determine whether most of the participants would describe economic immigrants as mostly asylum seekers or as permanent residents or another status. The results have shown that most of the participants would describe economic immigrants as permanent residents. In fact, out of the six, three said that permanent residents would correspond to the status. However, participants C and D said that they believe that even asylum seekers might have economic reasons behind their immigration.

Following the second question, another question that was not planned was added during the first interview. That question was the following: how would you describe a permanent resident? The question was added as most of the participants would say that most economic immigrants are usually permanent residents. It was even more interesting to ask this question as in the first place, when we came up with the research questions, the goal was to see if there was a real difference between economic immigrants and humanitarian immigrants (asylum seekers). Admittedly, permanent residents aren't the only economic immigrants; however, when asked during the interviews, most of the participants agreed to say that permanent residents represented the biggest proportion of economic immigrants. The results have made it possible to build a profile of the permanent resident helped by *La Maisonée*: an educated male, skilled worker, often from Morocco, in their thirties.

Following this same idea, the participants were asked to present the existing similarities and/or differences they believed existed between permanent residents and asylum seekers. This question had a similar purpose as the previous one, which was to determine if socioeconomic factors would come up as a similarity between the two. The results have shown that the journey to integration is the biggest difference. In fact, this point is made by the participants when they explained that while some immigrants make the choice of coming to Canada, others are forced by their circumstances, which is the case of the asylum seekers. In fact, participant A and D and F all support this point: that asylum seekers did not have a choice and were forced to move. As Participant A said “au niveau du parcours migratoire, donc la fragilité et la situation dans laquelle les demandeurs d’asile arrivent au Québec, au Canada, c’est beaucoup de traumatismes, de situations. Ils n’ont pas eu à choisir, ils ont fui.” The biggest similarity is the stress factor. In fact, even though their journey is different, they still go through the stress. Participant C explains it by saying “Le facteur stress malgré qu’il n’est pas au même niveau, c’est aussi une similitude.”

The fifth and the last question (question 7) were specifically directed to the subject of asylum seekers. In the fifth question, participants were asked to describe what factors in their opinion may play in the favor or harm asylum seekers in their request to be accepted as a refugee in Canada. The goal here was to determine once more if the socioeconomic factor such as the level of education or past work experience for example, of an asylum seeker could boost their chance of being accepted as refugees in Canada. The results show that most participants agreed that the factor that could harm the most is if an asylum seeker had a criminal record and the factor that could play in favor is the employment experience. In fact, three out of the six participants believe that criminal acts are what will most harm their admission chances. Participants C and E thought however that the credibility of their stories would be the factor to affect it the most. Participant B added that another important factor would be their past work experience.

On the other hand, the seventh question was a general question asking the participants if the knowledge of one’s rights is a key factor in the journey of an asylum seeker. This question was inspired by previous readings done on the subject, as many authors underline the importance of knowing and using one’s rights (Dauvergne, 2012). The results to this question have shown that five out of the six participants agreed on the importance of the knowledge and use of one’s rights and duties.

Discussion of Results

Based on our findings, we were unable to convincingly confirm or infirm our hypothesis. However, the literature on the subject seems to be in favour of the following statement: the economic background of asylum seekers does not affect their admission or rejection as refugees in Canada. In other words, whether an asylum seeker benefits from a high or low socioeconomic status, it does not play a role in the chances of them being accorded the refugee status in Canada.

During the observation B, which took place in a YMCA in Montreal, all of the participants to the information session were asylum seekers either from Nigeria or Angola. Moreover, the results to the eighth question that was used to draw a profile type of an asylum seeker in the questionnaires have shown once more that most asylum seekers are from Haitian and/or

Nigerian origins among others. This fact is supported by the *Northern wannabes* graph which underlines the fact that in Canada in 2017, most of the asylum seekers came either from Haiti or Nigeria (The Economist, 2018). This same fact is supported by Teresa Wright, “Last year, the majority of irregular migrants who arrived in Canada were Haitian [...] This year, the majority of illegal migrants in Canada are Nigerians” (Wright, 2018, par.6).

The most likely gender of an asylum seeker in Quebec throughout January 2016 till May 2018 has been male rather than female. In fact, for example, in 2017 there were “13 630” (Asylum Claimants – MonthlyIRCC Updates, 2018) male asylum seekers while there were “11 155” (Asylum Claimants – MonthlyIRCC Updates, 2018) female asylum seekers in Quebec. This could be linked to both the observations A and D. While in the observation A there were more males than females, in the observation D it was noted that there were more females than males. However, as noted previously, the subjects of both of these observations were not necessarily asylum seekers. Nine out of the 12 social workers surveyed also agreed that most asylum seekers that they received were males.

Concerning the age of most asylum seekers, the questionnaire shows that most of the asylum seekers were aged between 30 and 54 years of age. These answers are supported by the fact that asylum seekers in Quebec during 2017 were mostly aged between 15 and 29 years of age and between 30 and 44 years of age (Asylum Claimants – MonthlyIRCC Updates, 2018). Thus the sources seem to validate the profile type drawn out of the results of the different data collection tools. In fact, the sources seem to validate the profile type of what an asylum seeker (in Quebec) is in general according to this research, which is: man, between 30 and 54 years of age, originating from Nigeria and/or Haiti.

Looking at the social aspect, the number of languages spoken by an asylum seeker was an aspect of interest and more specifically if these languages include one of the two official languages in Canada, French and English. According to the answers to the sixth question of the questionnaire, the majority of the participants believed that most of the asylum seekers they received spoke 2 to 3 languages. Furthermore, during the observation C, which took place during the food bank most of the subjects spoke both their mother tongue and French. Moreover, during the observation D it was noted that most of the subjects of the observation had a grasp of their mother tongue as well as the French language, which supports the results obtained through the questionnaires. This idea is further supported “some did speak English or French upon arrival to Canada, others had lower English levels”. (Bajwa, Couto, Kidd, Markoulakis, Abai, & McKenzie, 2017, p.59)

Another social aspect which is at the same time an economical one is education. Many different sources discussed the subject of education among asylum seekers. In the results obtained through the questionnaire, most of the participants believed that most of the asylum seekers they received had attained a university degree. In fact, a source supports the results to the questionnaire “Many had also completed or started post-secondary programs in their country of origin.” (p.59) Also, during the observation B it was noted that most of the asylum seekers did not have the means to afford continuing their education in Canada. Which is also pointed out in the example of the Iranian taxi drivers. In fact, the author states that “most asylum seekers could not afford to pay such fees while waiting for their legal status” (Namazi, 2014, p.81).

The findings also show that the majority of the social workers believed that most asylum seekers had a general type of work in Canada that is different from what they had in their home country. In fact, “of those that had completed degrees, participants had diverse educational backgrounds (examples include nursing, engineering, business, etc.), and many had been employed in those fields in their country of origin.” (Bajwa, Couto, Kidd, Markoulakis, Abai, & McKenzie, 2017, p.59) Moreover, Bélanger-Dumontier (2017) shares experiences of refugees not being able to work in their fields even though they have obtained university degrees, thus finding themselves doing odd jobs in Canada (Bélanger-Dumontier, 2017, p.20). Another important aspect is that, in some cases, the asylum seekers’ academic degree or professional experience are not recognized in Canada (Bélanger-Dumontier, 2017, p.21).

The goal of the last question asked during the interviews was to better understand the place that the Law occupies in an asylum seeker’s path. The results have shown that the knowledge of one’s rights and duties is primordial. In fact, as Dauvergne (2012) and Hamelin (2012) pointed out, knowing and using one’s rights are a necessity.

Furthermore, Canada has a reputation of being compassionate and has a tradition of generosity (Bauder, 2008, p.86). However, this reputation comes into conflict with the actions taken by the government in regard of the Syrian crises in 2011. In fact, some Canadians that have syrian origins were confused as to the lack of help given out by the Canadian government during the ongoing Syrian crisis of 2011. (Alazem, 2013, p.7) Most importantly, in order for an asylum seeker to be accepted as a refugee, RSD (refugee status determination) officials “must assess [...] whether asylum seekers satisfy the definition of a ‘refugee’ under the *Refugee Convention*” (McDonalad, 2014, p.116) among others. In other words, the criterias do not include the social and/or economical status of the asylum seeker. Thus, it does not constitute a criteria upon which the asylum seeker is evaluated in the process of obtaining a refugee status, thus validating DeVortez, Pivenko and Beiser (2004) conclusion that: “refugees are not, and should not be selected on the basis of their potential contribution to the Canadian economy” (DeVortez, Pivnenko & Beiser, 2004, p.30). While on the other hand, some would argue that refugees in Canada are managerialized (Soennecken, 2013, p.291) and that the function of immigrants, once in the country, is to boost the economy as well as the social aspect (International Migration, 2017, p.5).

Conclusion

With regard to our hypothesis, the findings are rather mixed. The results obtained during the observation, through the questionnaires and interviews, seem to validate the hypothesis. In fact, for example, approximately 58% of the participants of the questionnaires believed that most asylum seekers had a university degree. Another example would be how 75% of the same participants believed that most asylum seekers used to work in fields that require higher education, such as engineering. However, the results obtained through this research do not provide a definitive answer about whether it is easier for asylum seekers that benefit from a ‘high’ socioeconomic status to earn the refugee status in Canada.

The reason for such a conclusion is that many obstacles came up throughout the research. The first obstacle was that in the research question, we were trying to determine if asylum seekers who benefit from a 'high' socioeconomic status have more ease being accepted as refugees in Canada; however, the term 'high' is a very subjective term as it does not represent a concrete and specific characteristic. The second obstacle was the fact the data collection lacked the viewpoint of the asylum seekers themselves. The last and biggest obstacle was that the data was collected in only one specific organization in Montreal, which is not representative of the state of things on the larger scale, in Canada. In fact, it is so important as the management of asylum seekers request is done by the Federal government (Québec Immigration Planning for the 2017-2019 Period, 2016, p.6), meaning, the sample we have studied was not representative of the real population. In fact, since the level of integration is an important factor taken into consideration when giving the refugee status, someone who does not have a knowledge of the French language might be at disadvantage in Quebec but not in Ontario. Thus, for future studies, it is recommended to get a more representative sample, meaning on a larger scale, from different organizations such as *La Maisonnée* in other provinces in Canada as well. Finally, and most importantly, the target population, meaning the asylum seekers should definitely be subject to the surveys or any other data collection instrument.

Acknowledgment

I would like to thank every person that made the realization of this project possible, especially the people that volunteered in their participation to the research and in giving me the opportunity to participate in everyday projects that they do to help the ones in need. I would also like to thank Professor Yvan Tétreault, the professor in charge of the end-of-studies project course, as guidance and advice were of an immeasurable help. A special thank you to the organization *La Maisonnée* and more specifically to Hameza Othman, Slim Daouzli and Zina Ladji. Finally and most importantly, I would like to thank Professor Marcel Mitrasca who gave me the opportunity to participate in this project.

Reference List

Alzame, F. (2013). Le Canada, terre d'accueil? *Centre justice foi*, (769), p.6-7. Retrieved from:

<https://www-erudit-org.res.banq.qc.ca/fr/revues/rel/2013-n769-rel01041/70685ac.pdf>

Asylum Claimants – Monthly IRCC Updates. (2018). *Government of Canada*. Retrieved from:

<https://open.canada.ca/data/dataset/b6cbcf4d-f763-4924-a2fb-8cc4a06e3de4>

Asylum seekers in Québec. (2018). *Immigration, Diversité et Inclusion Québec*. Retrieved from:

<https://www.immigration-quebec.gouv.qc.ca/en/informations/asylum-seekers-situation/index.html>

Bajwa, J.K., Couto, S., Kidd, S., Markoulakis, R., Abai, M. & McKenzie, K. (2017). Refugees, Higher Education, and informational Barriers. *Refuge*, 33(2), p.56-65. Retrieved from:

<https://www-erudit-org.res.banq.qc.ca/fr/revues/refuge/2017-v33-n2-refuge03391/1043063ar.pdf>

Bauder, H. (2008). Dialectics of Humanitarian Immigration and National Identity in Canadian Public Discourse. *Canada's Journal on Refugees*, 25(1), p.84-93. Retrieved from:

<https://refuge.journals.yorku.ca/index.php/refuge/article/view/21401/20071>

Bélangier-Dumontier, G. (2017). ÊTRE RÉFUGIÉ AU QUÉBEC : UNE PHÉNOMÉNOLOGIE DE L'EXIL. *Revue québécoise de psychologie*, 38(3), p.5-31. Retrieved from:

<http://id.erudit.org/iderudit/1041836ar>

Canada qualifies its welcome to asylum-seekers. (2018, May 12). *The Economist*. Retrieved from:

<https://www.economist.com/the-americas/2018/05/12/canada-qualifies-its-welcome-to-asylum-seekers>

Claim refugee protection from inside Canada. (2018). *Government of Canada*. Retrieved from:

<https://www.canada.ca/en/immigration-refugees-citizenship/services/refugees/claim-protection-inside-canada.html>

Community Legal Services Of Point St-Charles And Little-Burgundy. (2017).

Immigrants' and refugees' access to social benefits and programs in Quebec. Retrieved from:

http://www.servicesjuridiques.org/wp-content/uploads/Guide.2017.ENG_web_.pdf

- Dauvergne, C. (2012). International Human Rights in Canadian immigration Law- The Case of the Immigration and Refugee Board of Canada. *Indiana Journal of Global Legal Studies*, 19(1), p.305-306.
Retrieved from: <http://www.jstor.org.res.banq.qc.ca/stable/pdf/10.2979/indjglollegstu.19.1.305.pdf?refreqid=excelsior:5874ce-16b9e00677f75c22b26cbb8de1>
- Définition de réfugié. (2018). Loi sur l'immigration et la protection des réfugiés (L.C. 2011, ch.27). *Gouvernement du Canada*. Retrieved from: <http://laws.justice.gc.ca/fra/lois/l-2.5/page-18.html#h-52>
- DeVortez, D.J., Pienko, S. & Beiser, M. (2004). The Economic Experiences of Refugees in Canada. *IZA discussion paper series*, (1088), p.1-30.
Retrieved from: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/20323/1/dp1088.pdf>
- Guide des services offerts pour les demandeurs d'asile. (2017). *Government du Québec*.
- Hamlin, R. (2012). International Law and Administrative Insulation: A Comparison of Refugee Status Determination Regimes in the United States, Canada and Australia. *Law & Social Inquiry*, 37(4), p.933-968.
Retrieved from: <https://www.jstor.org/stable/23357596>
- Interview with the Honourable Ahmed D. Hussen, Minister of Immigration, Refugees and Citizenship, Canada. (2017). *International Migration*, 55(4), p.5-9.
Retrieved from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/imig.12365>
- Kinbrace Community Society. (2017). Refugee Hearing Preparation, A Guide for Refugee Claimants. Retrieved from: <https://refugeeclaim.ca/wp-content/themes/refugeeclaim/library/guide/rhpg-montreal-en.pdf>
- McDonald, D. (2014). Credibility Assessment in Refugee Status Determination. *National Law School of India Review*, 26(2), p.115-126. Retrieved from: https://www.jstor.org/stable/44283637?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents
- Namazi, V. (2014). Barrières à la poursuite des études chez les immigrants : Le cas des chauffeurs de taxi iraniens à Montréal. *CEETUM and Groupe de recherche diversité urbaine*, 14(1), p.73-93.
Retrieved from: <https://www-erudit-org.res.banq.qc.ca/fr/revues/du/2014-v14-n1-du01633/1027815ar.pdf>
- Québec Immigration Planning for the 2017-2019 Period. (2016). *Government of Québec*, p.6.
Retrieved from: http://www.assnat.qc.ca/Media/Process.aspx?MediaId=ANQ.Vigie.Bll.DocumentGenerique_115499&process=Default&token
- Refugee Protection Claims (New System) by Country of Alleged Persecution – 2018. (2018). *Immigration and Refugee Board of Canada*.
Retrieved from: <https://irb-cisr.gc.ca/en/statistics/protection/Pages/RPDStat2018.aspx>

Rocher, F. (2016). Faut-il repenser les frontières pour accueillir les réfugiés ? *Relations*, (782), p.12-13. Retrieved from: <https://www.erudit.org/fr/revues/rel/2016-n782-rel02295/80007ac/>

Soennecken, D. (2013). The Managerialization of Refugee Determinations in Canada. *Droit et société*, 84(2), p.291-311. Retrieved from: <https://www.cairn.info/revue-droit-et-societe-2013-2-page-291.htm>.

Wright, T. (2018, April 21). What you need to know about the ongoing influx of asylum seekers in Canada. *National Post*. Retrieved from: <https://nationalpost.com/news/five-things-to-know-about-the-ongoing-influx-of-asylum-seekers-in-Canada>

Appendix A

Survey

Answer these questions based on the last three years (2016 to 2018).

Question 1: What is the gender of asylum seekers that you encounter most?

Male

Female

Other

Question 2: What age range most closely matches the asylum seekers you received most often?

17 years and younger

18 years to 29 years

30 years to 54 years

55 years to 65 years

66 years and older

Question 3: What is the marital status that most closely matches most of the asylum seekers you received?

Single

Married

In a relationship

Divorced/Widoer

Question 4: Choose the appropriate answer. Most of the asylum seekers you received arrive:

Alone

With their family (spouse and/or children)

With their family (parents, brothers, sisters)

Question 5: What is the highest level of education attained by most of the asylum seekers you received?

Unschoolled

Primary

Secondary

College (Cegep — Lycée)

University (circle your attained level: Bachelor degree – Master degree –PhD – Post Doc)

Question 6: How many languages do most of the asylum seekers you received speak ?

None

1

2-3

4 and more

Question 7: How many languages do most of the asylum seekers you received write in ?

None

1

2-3

4 and more

Question 8: What are, most often, the countries of origin of the refugees you receive?

Question 9: Were these individuals unemployed in their country of origin? If not what was their job most often?

Question 10: Are these individuals unemployed in Canada? If no, what type of job do they currently occupy most often?

Question 11: What was the average annual income of these individuals in their country of origin?

Question 12: What is the average annual income of these individuals in Canada?

Question 13: What was most often the status of the individual you received upon arrival in Canada?

Non-status

Temporary Resident

Rejected Refugee Claimant

Asylum Seeker (or refugee Claimant)

Accepted Refugee

Permanent Resident

Canadian Citizen

Appendix B

Interviews

What role do you play within the organization La Maisonnée ?

According to you, to what status do most often economic immigrants match to ?

How would you describe a permanent resident ?

In your opinion, what are the similarities and differences between a permanent resident and an asylum seeker ?

According to you what factors do you think promote or hinder the acceptance of an asylum seeker as a refugee in Canada ?

What was the status of the people you received most often when they arrived in Canada ?

Is law a key factor in the path of an asylum seeker ?

Effects of steaming and frying tomatoes, broccoli and spinach on Vitamin C and Iron contents

Shaonie Ton-Leclerc

Honours Science Student

BIO G R A P H Y

Hi!

My name is Shaonie Ton-Leclerc and I was an Honours Health Science Student at Collégial Sainte-Anne. I was always very interested in nutrition mainly because of my love of cooking but also because I am fascinated by the fact that our bodies functions mostly on the nutrients we get out of our food. Nutrition is an important aspect of everyone's life and it plays a major role in maintaining a healthy body and avoiding diseases. Therefore, I thought it would be interesting and useful to study which cooking method preserved the most nutrients in certain types of fruits and vegetables. I am currently a Med-P student at McGill University and I hope to become a doctor you can all be proud of.

Abstract

Purpose

The purpose of this experiment was to determine how cooking methods like steaming and frying impact vitamin C and iron contents in tomatoes, broccoli and spinach.

Materials and Methods

Two samples of each food were steamed over distilled water, two were fried in soybean oil and two samples served as neutral. Cooked samples of each food were crushed, and solutions were created and titrated with an iodine solution 0.050 M to determine the amount of vitamin C in the sample. Other samples were burned to ashes using a Bunsen burner and then dissolved in distilled water and HCL to create solutions. The solutions were placed in a spectrophotometer to determine the absorbance at 458nm and the amount of iron content was determined using a standard absorbance curve.

Results

There was an increase of vitamin C content in steamed and fried broccoli and in steamed tomatoes.

There was a decrease of vitamin C in steamed and fried spinach. There was an increase of iron content in steamed spinach and fried tomatoes. There was an iron decrease in steamed and fried broccoli, fried spinach and steamed tomatoes compared to the neutral sample.

Discussion

The results found vary from previously research since vitamin C levels tend to decrease with cooking (Subramanian 2009). Iron levels also should not have varied since iron is not affected by heat (Fillion 2009). Erratic results may be explained by poor sample crushing (using a mortar and pestle instead of a blender to pulverise sample) and the failure to complete a titration test with a vitamin C caplet of known concentration first.

Résumé

Objectif

L'objectif de ce travail était de déterminer les impacts de cuisson (bouillir et frire) sur les contenus de vitamine C et de Fer dans les tomates, le brocoli et les épinards.

Matériels et Méthodes

Deux échantillons pour chaque type d'aliment ont été bouillis avec de l'eau distillée, deux échantillons ont été frits dans de l'huile de soya et deux échantillons ont servi de contrôle. Les échantillons cuits ont ensuite été écrasés, puis dilués dans de l'eau pour former une solution qui a été titrée avec une solution d'iode 0.050 M dans le but de déterminer la quantité de vitamine C. D'autres échantillons ont été brûlés en cendres avec un bruleur Bunsen, puis dissous dans de l'eau distillée avec du HCL pour créer des solutions. Ces solutions ont été placées dans un spectrophotomètre dans le but de mesurer l'absorbance à 458nm afin de déterminer la quantité de Fer présente en utilisant une courbe standardisée d'absorbance créée à partir d'une solution aux concentrations connues.

Résultats

Une augmentation du contenu de vitamine C a été mesurée dans le brocoli et les tomates bouillis et frits.

Une diminution du contenu de vitamine C dans les épinards bouillis et frits a été notée.

Une augmentation du contenu de Fer a été mesurée dans les épinards bouillis et dans les tomates frites.

Une diminution du contenu de Fer a été mesurée dans les brocolis frits et bouillis, dans les épinards frits et dans les tomates bouillies.

Discussion

Les résultats trouvés diffèrent des recherches précédentes effectuées dans ce domaine, puisque les contenus de vitamine C tendent habituellement à diminuer avec la cuisson (Subramanian 2009). Également, les taux de Fer n'auraient pas dû varier, car ils ne sont pas affectés par la chaleur (Fillion 2009). Les erreurs peuvent être expliquées, en partie, à cause d'un mauvais écrasement des échantillons au pilon-mortier (plutôt qu'une pulvérisation efficace au malaxeur) et un échec à réaliser un titrage d'une capsule de vitamine C aux concentrations connues avant de procéder au laboratoire.

Introduction

Fruits and vegetables are important in human's diets. However, humans usually prefer cooking them using different methods instead of eating them raw. Steaming, which consists of cooking a food with water vapor, is a well-known method to prepare vegetables. Frying is another cooking alternative where one cooks the food in fat or oil, although it is considered less healthy because of the saturated fats it includes (Wells 2011). When eating food, the fact that it is raw, steamed or fried can influence the actual amount of nutrients one is ingesting. Different cooking methods can influence the nutrient content in foods and result in the loss of many precious nutrients (Tyagi 2015).

Vitamin C, also chemically known as ascorbic acid ($C_6H_8O_6$), is an essential nutrient when it comes to maintaining a healthy diet. The human body requires Vitamin C to synthesize collagen, a vital component of tendons, ligaments, bones and blood vessels (Katz 2013). Vitamin C is also a powerful antioxidant that plays a role in the protection of the body's macromolecules from free radicals. It is very useful to prevent diseases such as scurvy or an ordinary cold (Royal Society of Chemistry 2013). However, since the human body cannot synthesize ascorbic acid, it is primordial to have a significant daily intake of it. Vitamin C can be obtained by eating Vitamin C rich foods such as tomatoes, broccoli and spinach or by taking food supplements.

Iron is another important nutrient. It is a mineral chemically known as Fe and is used by the human body to synthesize oxygen-carrying proteins such as hemoglobin and myoglobin which are respectively found in red blood cells and muscles (Wax 2015). An iron deficient diet is a cause for anemia which can lead to lack of energy, shortness of breath, headache, irritability, dizziness and weight loss. It is therefore essential to consume iron-rich food to maintain an iron-sufficient diet. Iron, although mainly found in animal products, can also be found in fruits and vegetables such as tomatoes, broccoli and spinach.

The amount of Vitamin C in a food can be calculated by titration. Titration, or volumetric analysis, consist of measuring a volume of a solution of a known concentration to determine the concentration of another solution, the analyte (Yoder 2016). A standard solution (of known concentration), the titrant, should be placed in a burette and then slowly added to the unknown concentration solution until the reaction is complete. The reaction will be completed when it reaches the equivalence point, which occurs when the amount of reactant added corresponds to the exact amount required to react with all the analyzed constituent. The equivalence point can be detected by the color change of an indicator added to the analyte prior to the titration.

Since Vitamin C is an acid and an antioxidant, it acts as a reducing agent in a redox (oxidation-reduction) reaction. Ascorbic acid reacts with iodine according to the following reaction: $C_6H_8O_6 + I_2 \rightarrow C_6H_6O_6 + 2 I^- + 2 H^+$. Iodine gains two electrons and thus is reduced while ascorbic acids releases two hydrogen atoms that each lose one electron. It is possible to determine the vitamin C concentration of an unknown solution by titrating it with an iodine solution of known concentration (Katz 2013). For this titration, starch can be used as an indicator, since molecular iodine combines with it to give a dark blue

compound. When all ascorbic acid is titrated, there is none left to react with diiodine to form iodide ions, so the extra iodine will react with the starch turning the solution blue and indicating the equivalence point. Using the ratio of 1:1 for ascorbic acid and diiodine, it is possible to calculate the amount of vitamin C in the solution. Research suggest that steaming will decrease the amount of vitamin C in food by 40% (Tyagi 2015). Frying on the other hand causes a smaller loss in vitamins due to high temperature and short time of process (Fillion 2009).

The amount of iron in food can be calculated by spectroscopy. This method consists of measuring the amount of light of a certain wavelength absorbed by a solution of a specific concentration. Light is absorbed by the solution since it has been emitted as radiant energy by an atom as it regained its ground state configuration after being excited (Beaupré and Silkauskas 2016). There is a linear relationship between absorbance and concentration. This standardized curve can be modeled and created by measuring the absorption of a solution of known concentrations.

By incinerating a food sample of known mass and making a solution with it, it is possible to analyze it in a spectrophotometer (Purdue University 2015). The absorbance can then be measured, and the concentration can be found using the standard curve calculated. The test is based on the equation $\text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + \text{SCN}^{-}(\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{SCN})^{2+}(\text{aq})$. The more red is the solution, the more iron it will contain.

Therefore, the vitamin C and iron content may be calculated for nutrient rich foods such as tomatoes, broccoli and spinach using the above-mentioned methods. 100 grams of tomatoes contain on average 0.27mg of iron, which represents 1.9% of the daily recommended value, and 13.7mg of vitamin C, which represents 22.8% of the daily recommended value (Government of Canada 2016). A cup of chopped broccoli (approximately 100 grams) contains 0.73mg of iron, 5.2% of daily recommended value, and 89.2mg of vitamin C, 148.7% of daily recommended value. Three cups of spinach (approximately 100 grams) contains on average 2.71 mg of iron, 19.4% of daily recommended value, and 28.1 mg of vitamin C, 46.8 % of daily recommended value (Government of Canada 2016). Most of the time these foods are cooked prior to eating, however these values are only valid for raw tomatoes, broccoli and spinach so the amount of nutrients actually ingested may differ depending on the cooking method.

The purpose of this experiment was to determine how steaming and frying impact the vitamin C and iron contents in tomatoes, broccoli and spinach.

Materials and Methods

See Appendix A for list of material and Appendix B for full protocol.

Broccoli was cut into chunks and weighed in three different 100g samples as well as 3 x 9g samples. The 9g samples were kept for iron content analysis. The first 100g sample was left aside and served as a control. The second sample was steamed over 200 mL of boiling distilled water in a beaker (100°C) for five minutes in an aluminum colander (Appendix C) covered with a petri dish. The third sample was fried in 300 mL of soybean oil at 185°C in a beaker for 90 seconds (Appendix C). The first sample wash mashed with some distilled water and strained to transfer to a graduated cylinder to dilute the sample to 100 mL with distilled water. Three 20 mL aliquots of diluted solution were transferred to three distinct Erlenmeyer flasks and distilled water was added to them as well as a starch indicator solution (Appendix C). One at a time, samples were titrated with 0.050 M iodine solution. The same manipulations were repeated for the spinach and tomato samples. The average content of ascorbic acid (vitamin C) in each 100g sample was determined.

Five standard solutions of $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ and distilled water with concentrations between 0 and 1.00 mol/L were made in test tubes and KSCN was added to each one (Appendix D). Each solution was placed in cuvettes and in the spectrophotometer at 458 nm to create a standard curve absorbance vs concentration of Fe^{3+} (Appendix E). The first 9g sample of broccoli was left aside and served as neutral. The second sample was steamed over 200 mL of boiling water in a beaker (100°C) for five minutes in an aluminum colander (Appendix C) covered with a petri dish. The third sample was fried in 300 mL of soybean oil at 185°C in a beaker for 90 seconds (Appendix C). Each sample was incinerated (Appendix D) and separated in three different set of ashes (Appendix D). Each set of ashes was mixed with 10 mL of 2.0 M HCl and 10 mL of distilled water in beaker. The mixture was filtered and collected in another beaker (Appendix D) where KSCN was added. The solutions were transferred to cuvettes and absorbance was recorded in a spectrophotometer set at 458 nm. The absorbance was compared to the absorbance vs concentration standard curve to determine the average amount of iron content in each broccoli sample. The same manipulations were repeated for the spinach and tomato samples. Refer to protocol for more information.

Results

Results for Part 1: Vitamin C titration

Vitamin C titration results for broccoli

The initial fresh broccoli sample had a mass of 100.08g. On average, the calculated mass of ascorbic acid contained in a 100g sample of fresh broccoli was 5.9 mg (Table 1).

The initial steamed broccoli sample weighed 100.21g.

0.25 mL, 0.15 mL and 0.20 mL were used to titrate the first, second and third aliquots of steamed broccoli solution respectively. The average calculated mass of ascorbic acid for steamed broccoli was found to be 8.8 mg.

The initial fried sample of broccoli weighed 100.32 g.

0.30 mL, 0.30 mL and 0.40 mL were used to titrate the three different samples for an average of 0.33 mL. An average of 15mg of vitamin C was calculated for 100g of fried broccoli.

Table 1: Average mass, volume of iodine solution used, moles of iodine, moles of ascorbic acid and mass of ascorbic acid for fresh, steamed and fried broccoli samples.

| Sample | Mass for 20mL aliquots used for titration (g) | Volume 0,050 M Iodine Solution (mL) | Moles of I ² | Moles Ascorbic Acid in 45 mL | Moles Ascorbic Acid for Total Sample | Mass Ascorbic Acid for Total Sample (g) | Mass Ascorbic Acid/g (mg) | Mass Ascorbic Acid/100g (mg) |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Fresh average | 100.80 | 0.13 | 6.7E-06 | 6.7E-06 | 3.3E-05 | 5.9E-03 | 5.9E-02 | 5.9 |
| Steamed average | 100.21 | 0.20 | 1.0E-05 | 1.0E-05 | 5.0E-05 | 8.8E-03 | 8.8E-02 | 8.8 |
| Fried average | 100.32 | 0.33 | 1.7E-05 | 1.7E-05 | 8.3E-05 | 1.5E-02 | 1.5E-01 | 15 |
| Temperature: T= 25.5 °C Pressure: P= 101.4 kPa | | | | | | | | |

Vitamin C titration results for spinach

The initial fresh spinach sample weighed 95.32g. 1.20mL of iodine solution were used to titrate the first 20 mL aliquot, while 0.30mL and 1.00mL were used to titrate the two other samples (Table 2). On average, the calculated mass of ascorbic acid contained in a 100g sample of fresh spinach was 54 mg. The initial steamed spinach sample weighed 96.16g.

1.00 mL were used to titrate each of the three steamed spinach solution aliquots. The average calculated mass of ascorbic acid for steamed spinach was found to be 46mg. The initial fried sample of spinach weighed 99.13g. 0.60mL, 0.50mL and 0.70mL were used to titrate the three different aliquots of fried spinach solution. An average of 27mg of vitamin C was calculated for 100 g of fried spinach.

Table 2: Average mass, volume of iodine solution used, moles of iodine, moles of ascorbic acid and mass of ascorbic acid for fresh, steamed and fried spinach samples.

| Sample | Mass for 20mL aliquots for titration (g) | Volume 0,050 M Iodine Solution (mL) | Moles I ² | Moles Ascorbic Acid in 45 mL | Moles Ascorbic Acid for Total Sample | Mass Ascorbic Acid for Total Sample (g) | Mass Ascorbic Acid/g (mg) | Mass Ascorbic Acid/100g (mg) |
|-------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Fresh average | 95.32 | 1.17 | 5.8E-05 | 5.8E-05 | 2.9E-04 | 5.1E-02 | 5.4E-01 | 54 |
| Steamed average | 96.16 | 1.00 | 5.0E-05 | 5.0E-05 | 2.5E-04 | 4.4E-02 | 4.6E-01 | 46 |
| Fried average | 99.13 | 0.60 | 3.0E-05 | 3.0E-05 | 1.5E-04 | 2.6E-02 | 2.7E-01 | 27 |
| Temperature: T= 25.5 °C | | | | | | | | |
| Pressure: P= 101.4 kPa | | | | | | | | |

Vitamin C titration results for tomatoes

The initial fresh tomato sample weighed 101.39g. 0.40 mL of iodine solution were used to titrate the first 20mL aliquot, while 0.45mL and 0.55 mL were used to titrate the two other samples for an average of 0.47mL per aliquot. (Table 3).

On average, the calculated mass of ascorbic acid contained in a 100g sample of fresh tomatoes was 20mg. The initial steamed tomato sample weighed 94.48g. 0.60 mL were used to titrate the first and third steamed tomato solution aliquots while 0.50 mL were used to titrate the second one. The average calculated mass of ascorbic acid for steamed tomatoes was found to be 26mg. The initial fried sample of tomatoes weighed 107.99g. 0.45mL were used to titrate the first and third steamed tomato solution aliquots while 0.60mL were used to titrate the second one. An average of 20 mg of vitamin C was calculated for 100g of fried spinach.

Table 3: Average mass, volume of iodine solution used, moles of iodine, moles of ascorbic acid and mass of ascorbic acid for fresh, steamed and fried tomato samples.

| Sample | Mass for 20mL aliquots for titration (g) | Volume 0,050 M Iodine Solution (mL) | Moles I ² | Moles Ascorbic Acid in 45 mL | Moles Ascorbic Acid for Total Sample | Mass Ascorbic Acid for Total Sample (g) | Mass Ascorbic Acid/g (mg) | Mass Ascorbic Acid/100g (mg) |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Fresh average | 101.39 | 0.47 | 2.3E-05 | 2.3E-05 | 1.2E-04 | 2.1E-02 | 2.0E-01 | 20 |
| Steamed average | 94.48 | 0.57 | 2.8E-05 | 2.8E-05 | 1.4E-04 | 2.5E-02 | 2.6E-01 | 26 |
| Fried average | 107.99 | 0.50 | 2.5E-05 | 2.5E-05 | 1.3E-04 | 2.2E-02 | 2.0E-01 | 20 |
| Temperature: T= 25.5 °C Pressure: P= 101.4 kPa | | | | | | | | |

Results for Part 2: Iron Spectrometry

A. Iron spectrometry results for broccoli

The mass of the first set of fresh broccoli ashes was 0.12g while the second and third samples weighed 0.13g and 0.12g respectively (Table 4). The absorbance recorded for these samples was, in order, 0.067, 0.069 and 0.054 giving an average concentration of 0.019 mmol/L. The average mass of iron (III) calculated for 100 g of fresh broccoli was 18 mg. The steamed broccoli ash sets had an average mass of 0.14 g and an average absorbance of 0.058 at 458 nm. The average concentration of ferric iron was of 0.018 mmol/L. The average mass of ferric iron in a 100-g sample of steamed broccoli was found to be 15 mg. The first, second and third set of fried broccoli ashes weighed 0.49 g each. They had respective absorbances of 0.063, 0.152 and 0.040. Neglecting the 0.152 absorbance value, the average absorbance was 0.052.

The average mass of ferric iron in fried broccoli calculated was 3.6 mg.

Table 4: Average mass, absorbance, concentration, moles or iron (III) and mass of iron (III) in fresh, steamed and fried broccoli samples

| Sample | Mass of ashes (g) | Absorbance at 458 nm | Concentration (mmol/L) | Moles of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ in 20 mL (g) | Mass of Fe ³⁺ (mg/g) | Mass of Fe ³⁺ (mg/100g) |
|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Fresh average | 0.12 | 0.063 | 0.019 | 3.9E-07 | 2.2E-05 | 1.8E-01 | 18 |
| Steamed average | 0.14 | 0.058 | 0.018 | 3.6E-07 | 2.0E-05 | 1.5E-01 | 15 |
| Fried average | 0.49 | 0.052 | 0.016 | 3.2E-07 | 1.8E-05 | 3.6E-02 | 36 |
| Temperature: T= 25.5 °C Pressure: P= 101.4 kPa | | | | | | | |

B. Iron spectrometry results for spinach

The mass of the three set of fresh spinach ashes and steamed spinach ashes was 0.12 g (Table 5). The absorbance recorded for the fresh spinach ash samples was 0.054, 0.066 and 0.066 giving an average concentration of 0.019 mmol/L iron (III) ions in solution. The average mass of iron (III) calculated for 100 g of fresh spinach was 18 mg. An average absorbance of 0.073 at 458 nm was found for the steamed spinach. The average concentration of ferric iron was of 0.023 mmol/L. The average mass of ferric iron in a 100-g sample of steamed spinach was found to be 21 mg. The first, second and third set of fried spinach ashes weighed 0.20 g each. They had respective absorbances of 0.014, 0.009 and 0.013 for an average absorbance of 0.012. The average mass of ferric iron in fried spinach calculated was 2.1 mg.

Table 5: Average mass, absorbance, concentration, moles or of iron (III) and mass of iron (III) in fresh, steamed and fried spinach samples

| Sample | Mass of ashes (g) | Absorbance at 458 nm | Concentration (mmol/L) | Moles of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ in 20 mL (g) | Mass of Fe ³⁺ (mg/g) | Mass of Fe ³⁺ (mg/100g) |
|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Fresh average | 0.12 | 0.062 | 0.019 | 3.8E-07 | 2.1E-05 | 1.8E-01 | 18 |
| Steamed average | 0.12 | 0.073 | 0.023 | 4.5E-07 | 2.5E-05 | 2.1E-01 | 21 |
| Fried average | 0.20 | 0.012 | 0.004 | 7.4E-08 | 4.1E-06 | 2.1E-02 | 21 |
| Temperature: T= 25.5 °C Pressure: P= 101.4 kPa | | | | | | | |

C. Iron spectrometry results for tomatoes

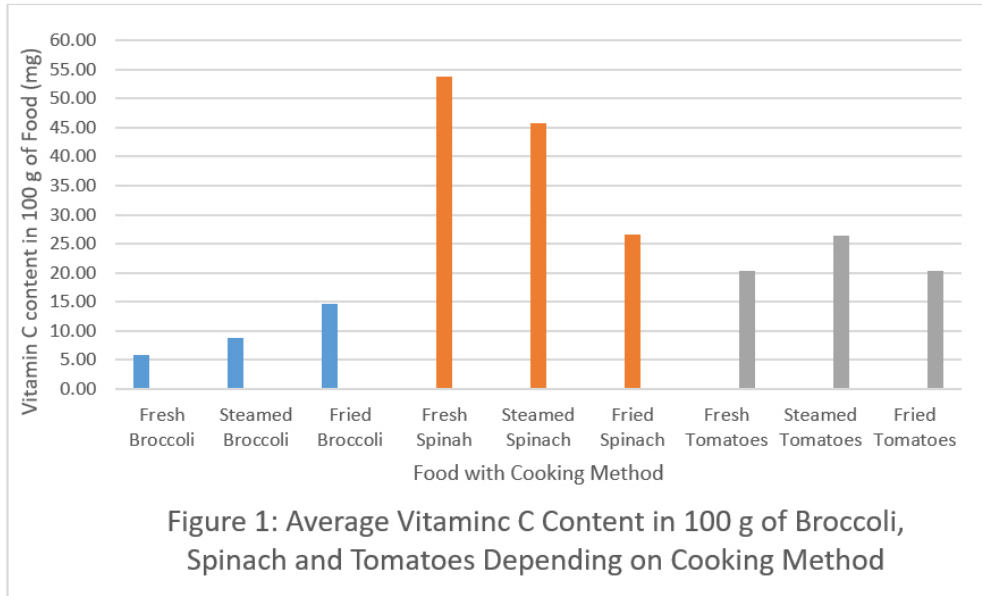
The mass of the first, second and third set of fresh tomato ashes was 0.12g (Table 6). The absorbance recorded for these samples was 0.081, 0.014 and 0.005 giving an average absorbance of 0.033. The average concentration found was 0.010 mmol/L. The average mass of iron (III) calculated for 100 g of fresh tomatoes was 9.5 mg. The steamed tomatoes ash sets had an average mass of 0.08 g and an average absorbance of 0.012. The average concentration of ferric iron was of 0.004mmol/L. The average mass of ferric iron in a 100g sample of steamed tomatoes was found to be 5.3 mg. The first, second and third set of fried tomato ashes weighed 0.06 g each. They had respective absorbance of 0.187, 0.074 and 0.193. Neglecting the 0.74 absorbance value, the average absorbance was 0.190. The average mass of ferric iron in fried tomatoes calculated was 110 mg.

Table 6: Average mass, absorbance, concentration, moles or iron (III) and mass of iron (III) in fresh, steamed and fried tomato samples

| Sample | Mass of ashes (g) | Absorbance at 458 nm | Concentration (mmol/L) | Moles of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ (mg)/g | Mass of Fe ³⁺ (mg)/100g |
|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Fresh average | 0.12 | 0.033 | 0.010 | 2.0E-07 | 1.1E-05 | 9.5E-02 | 9.5 |
| Steamed average | 0.08 | 0.012 | 0.004 | 7.6E-08 | 4.2E-06 | 5.3E-02 | 5.3 |
| Fried average | 0.06 | 0.190 | 0.058 | 1.2E-06 | 6.5E-05 | 1.1E00 | 110 |
| Temperature: T= 25.5 °C Pressure: P= 101.4 kPa | | | | | | | |

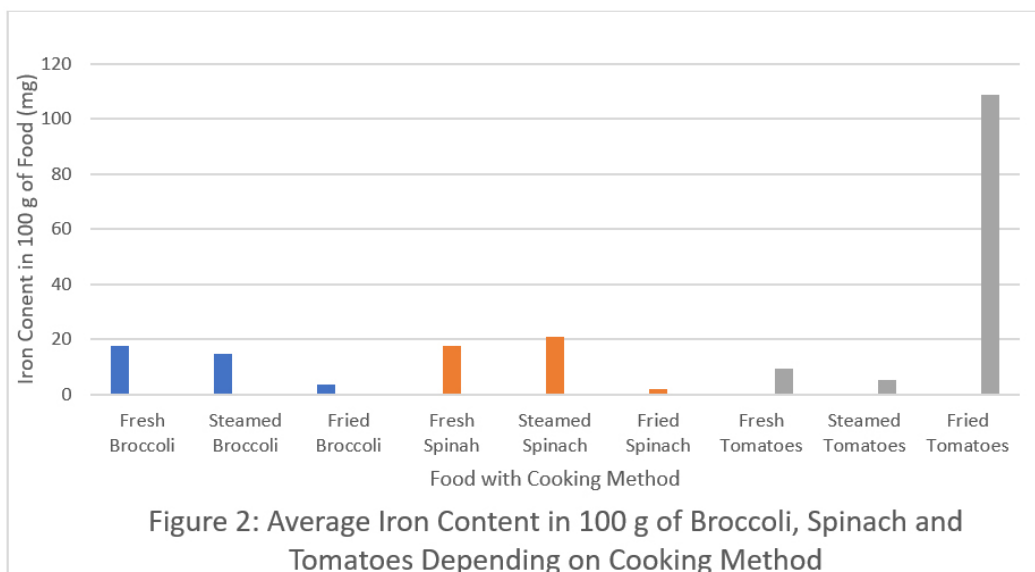
1. Average ascorbic acid content for broccoli, spinach and tomatoes

100 g of fresh broccoli contained an average of 5.9 mg of ascorbic acid, while 100 g of steamed broccoli contained 8.8 mg of ascorbic acid and a 100 g of fried broccoli contained about 15 mg (Figure 1). 100 g of fresh spinach contained 54 mg of ascorbic acid while 100 g of steamed and fried spinach contained respectively 46 mg and 27 mg of ascorbic acid each. There was 20 mg of ascorbic acid in 100 g of fresh tomatoes, 26 mg in 100 g of steamed tomatoes and 20 mg in 100g of fried tomatoes.



2. Average iron content for broccoli, spinach and tomatoes

100 g of fresh broccoli contained an average of 18 mg of iron, while 100 g of steamed broccoli contained 15 mg of iron and a 100 g of fried broccoli contained about 3.6 mg (Figure 12). 100 g of fresh spinach contained 18 mg of iron while 100 g of steamed and fried spinach contained respectively 21 mg and 2.1 mg of iron each. There was 9.5 mg of iron in 100 g of fresh tomatoes, 5.3 mg in 100 g of steamed tomatoes and 110 mg in 100g of fried tomatoes.



Discussion

Interpretation of results of iron content

According to the results, the amount of iron found in differently cooked broccoli samples varied. The initial amount of iron calculated for the raw broccoli sample was 18 mg/100g while broccoli usually contains 0.88 mg of iron/100g (Government of Canada 2016). There was only 83% of that iron present in the steamed sample and only 20% in the fried sample. There was also 18mg of iron per 100g of food sample in the fresh spinach sample which is remarkably superior to the usual 2.3 mg/100g (Narain 2015) There was 120% iron found in the steamed sample and only 12% in the fried sample. As for the tomato, the initial amount of iron calculated was 9.5 mg/100g which is far greater than the typical 0.29 mg (Igwenmar 2013). The iron in the steamed sample represents 56% of what was present in the raw sample. The iron calculated for the fried sample was 1200% that of the raw sample which strongly suggest an error during the experimentation.

The considerable increase or decrease of iron in the fried samples are abnormal since frying only has a minimal impact on the mineral content of foods (Fillion 1998). The increase of the iron contained in fried tomatoes cannot be explained by iron present in the soybean oil since this type of oil does not contain iron at all (Government of Canada 2016). The decrease in iron content for the steamed and fried broccoli sample, the steamed tomato sample and the fried spinach sample can be explained by the fact that loss of minerals can vary between 30 to 40 % in cooked versus raw foods and tends to be higher in vegetables (Kimura 1990). Nonetheless, iron may behave differently depending on the food in which it is found. For instance, cooking has no effect on iron content in black beans while it decreases the concentration of iron in rajado beans (Ferreira 2014). Noting that these two types of food are both beans yet are still affected by cooking in different ways, it is probable that iron behaves slightly differently from one vegetable to another.

Interpretation of results for vitamin C content

There was a notable increase of vitamin C content in broccoli when cooked. There was a 150% increase in ascorbic acid in steamed broccoli compared to fresh broccoli and a 250% increase in ascorbic acid when the broccoli was fried. These experimental results do not agree with previous found results. Indeed, most cooking methods cause a noticeable loss of vitamin C (Yuan 2009). In fact, out of the majority of cooking method, steaming should be the one that causes the least damage to vitamin C content in broccoli (Figure 13). Therefore, there must have been an error during the manipulations that caused this flawed result since steaming actually increased the amount of ascorbic acid in the food according to the experimental results. In the fried sample, this result could not have been explained by the presence of the oil since soybean oil does not contain any vitamin C (Government of Canada 2016). Possible errors will be discussed further on. Furthermore, there was about 5.9mg of vitamin C found experimentally in 100g of raw broccoli which is a significantly smaller value than the average 93.2mg/100g of food that broccoli usually contains (Government of Canada 2016). This also indicates that there must have been a problem during the manipulations.

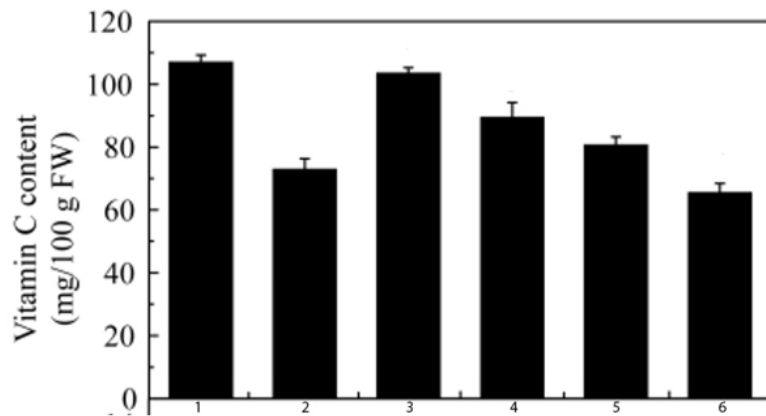


Figure 3. Contents of vitamin C per 100 g of food weight for broccoli cooked by different methods.

Cooking methods: 1. Raw; 2. Boiled; 3. Steamed; 4. Microwaved; 5. Stir-fried; 6. Stir-fried/boiled (Yuan 2009).

As for the vitamin C content in spinach, there was an initial 54mg of ascorbic acid found in 100g of fresh spinach.

This value per 100g is higher than the average 28.1mg typically found in spinach (Government of Canada 2016).

There was 15% less ascorbic acid found in steamed spinach and there was 50% less in fried spinach.

Although in this case there was only a 15% loss, steaming could cause up to a 50% loss of ascorbic acid (Figure 14).

Nonetheless, on average it was found that the steaming of spinach and broccoli reduced the vitamin C content by 9 to 15% (Spritzler 2016). This agrees with the results found for the steamed spinach but once again is contradictory with the results found for the steamed broccoli. Moreover, vitamin C is a water-soluble vitamin (Igwemmar 2013). It can therefore be dissolve in water quite easily. Hence, steaming is a better option than boiling to conserve vitamins since it does not put the food in direct contact with liquid water. Yet some vitamin C can still get locked in the water molecules composing the steam and exit the food with the steam (Choudhry 2008) lowering the vitamin C percentage in the steamed sample.

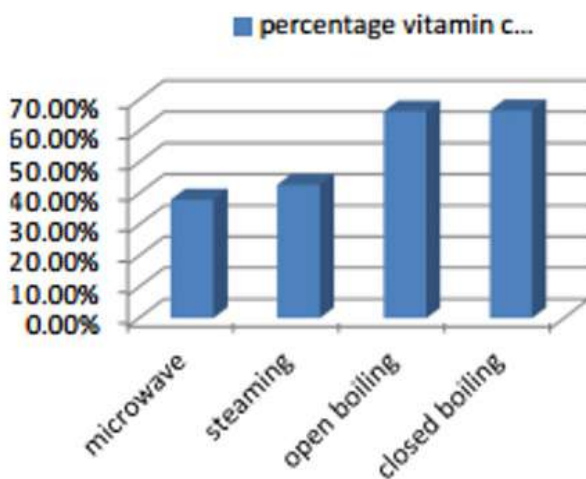


Figure 4. Percentage of vitamin C loss in different cooking methods (Tyagi 2015).

When it comes to tomatoes, in a 100-g sample of raw food, there was about 20 mg of ascorbic acid found. There was an equal amount of ascorbic acid found in a 100-g fried tomato sample and about 130% of that amount found in a 100-g steamed sample. Here too, the steaming and the frying should have caused a loss of vitamin C. Usually cooking tomatoes causes a decline of vitamin C. Cooking a tomato for two minutes can lead to a 10% decrease of vitamin C levels while cooking it for half an hour causes a 29% loss. This can be explained by the fact that vitamin C is considerably unstable and that it degrades through oxidation, exposure to heat and dissolution in water (Subramanian 2009). Nonetheless, tomatoes could have a greater nutritional value cooked since cooking enhances the level of lycopene (the phytochemical responsible for the tomato's red color) (Friedlander 2002). Since tomatoes still retain most of their vitamin C and that it is a compound substantially more common than lycopene, it is easier to absorb vitamin C through other foods and it could become advantageous to eat cooked tomatoes rather than raw ones. There is also a greater loss of vitamin C when the food is cooked for a longer period of time (Igwemmar 2013). Hence, cooking the food for a shorter period of time could save some nutrients.

The fried samples were exposed to very high temperatures, which can cause the loss of vitamin C (Igwemmar 2013). It would be logical to observe a decrease of the vitamin C levels as it was observed for the fried spinach sample. Nevertheless, since the samples were cooked for a shorter period of time, their exposure to heat was not as lengthy which could explain why there was no significant loss of vitamin C in the fried tomato sample compared to the raw one (Friedlander 2002). In fact, for certain foods such as potatoes, frying actually conserves the amount of vitamin C initially present in the food (Spritzler 2016).

Sources of Errors

The errors in the results could have been caused by multiple manipulation errors. First of all, experimenting immediately on the broccoli can be a considerable source of error since it is the broccoli's results that are the most abnormal compared to the theory. To get comfortable with the manipulations, a test experiment should have been done before experimenting and collecting results. Another source of error is the use of a mortar and a pestle to crush the food. It did not pulverise the food completely and adequately to ensure the extraction of all the vitamin C in the sample for it to dilute in the solution, possibly flawing the results. Finally, the oil still present in some of the fried samples caused the solution to be darker and absorbance measurements were therefore altered, providing an abnormally high absorbance value.

To improve the protocol, food samples should be steamed and fried for the same amount of time to ensure that parameters are identical since cooking time affects the percentage of vitamin C loss (Friedlander 2002). Furthermore, a mortar and pestle were used to create the food solutions for vitamin C analysis since the blender in the laboratory was broken. Finally, a titration trial should be made with a vitamin C caplet of known concentration to establish if the iodine solution truly neutralized the ascorbic acid on a 1:1 ratio prior to the titration with food samples.

Conclusion

It was found that the amount of vitamin C for a 100g sample of broccoli was 5.9mg when raw, 8.8mg when steamed and 15mg when fried. It was also found that a 100g sample of broccoli contained 18mg of iron when raw, 15mg when steamed and 3.6mg when fried. It was also found that a 100g sample of spinach contained 54mg of vitamin C when raw, 46mg when steamed and 27mg when fried. According to the results, a 100g sample of raw spinach also contained about 18mg of iron compared to when steamed spinach that contained 21mg of iron and to fried spinach that contained 2.1mg of it. As for the tomatoes, it was found that the amount of vitamin C present in a 100g sample was of 20mg for raw tomatoes, 26mg for steamed ones and 20mg for fried ones. The results also indicated that 100g of fresh tomatoes contained approximately 9.5mg of iron while their steamed counterparts contained about 5.3mg and the fried ones 110mg.

Hence, the objective to determine how steaming and frying impact the vitamin C and iron content in tomatoes, broccoli and spinach succeeded. Nonetheless, the results were not as predicted and differed from literature. There was an uncommon increase of vitamin C in steamed and fried broccoli and in steamed tomatoes compared to the usual diminution (Subramanian 2009). There was also a considerable variation in the iron content in the fried foods although it should only have a minimal impact (Fillion 1998). The results were not as predicted because of manipulations errors. The samples were crushed with a mortar and pestle for the vitamin C titration instead of pulverized with a blender and a caplet of vitamin C was not used to determine whether the iodine solution neutralized ascorbic acid to an exact one on one ratio. This could explain the unexpected results. The variation in cooking times may also have explained some errors since vitamin C can degrade due to exposure to heat (Subramanian 2009). In the future, it would be interesting to complete a similar experience with different cooking methods such as boiling, stir-frying, baking or microwaving to determine an optimal way of cooking foods to conserve vitamin C and/or iron. Studying these different cooking methods on other vitamins and minerals would also be a great way to acquire further knowledge on the studied topic.

Acknowledgment

I would like to thank Professor Ian Wikarski for providing me with the opportunity to create my own research project and guiding me through the process. I would also like to thank Professor Guylaine Beaupré who advised me on how to write my final paper and how to present my results. Finally, I would like to thank Tania Gaudreau most of all for all the gave she gave me while I was designing my experiment and for assisting me during the manipulations when I needed it.

References

- Beaupré G, Silkauskas K. 2016. Laboratory 5: Spectroscopy . Lachine: Collegial International Sainte-Anne; [cited Nov 15 2016]. Available from: <http://moodle.sainteanne.ca/course/view.php?id=242§ion=7>
- Choudhury R. 2008. How Do Cooking Techniques Affect Vitamin C. California State Science Fair [Internet]. [cited Aug 18 2017]. Available from: <http://cssf.usc.edu/History/2008/Projects/J0506.pdf>
- Ferreira AST, Naozuka J, Kelmer GAR, Oliveira PV. 2014. Effects of the Domestic Cooking on Elemental Chemical Composition of Beans species (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Food Processing [Internet]. [cited Aug 18 2017];Volume 2014. Available from: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/972508>
- Fillion L, Henry CJK. 1998. Nutrient losses and gains during frying: a review [Internet]. [cited Apr 24 2017];49(2):157–168. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/09637489809089395>
- Food and Nutrition [Internet]. 2016. Canada: Government of Canada; [cited Dec 21 2016]. Available from: <http://www.healthycanadians.gc.ca/eating-nutrition/index-eng.php>
- Friedlander B. 2002. Italian chefs knew it all along: Cooking plump red tomatoes boosts disease-fighting, nutritional power, Cornell researchers say. Cornell University Cornell Chronicle [Internet]. [cited Aug 18 2017]. Available from: <http://news.cornell.edu/stories/2002/04/cooking-tomatoes-boosts-disease-fighting-power>
- Igwemmar NC, Kolawole SA, Imran IA. 2013. Effect Of Heating On Vitamin C Content Of Some Selected Vegetables. International Journal of Scientific and Technology Research [Internet]. [cited Aug 18 2017];2(11). Available from: <http://www.ijstr.org/final-print/nov2013/Effect-Of-Heating-On-Vitamin-C-Content-Of-Some-Selected-Vegetables.pdf>
- Katz DA. 2013. Determination of Vitamin C in Foods [Internet]. [cited Nov 15 2016]. Available from: <http://www.chymist.com/Determination%20of%20Vitamin%20C%20in%20Foods.pdf>
- Kimura M, Itokawa Y. 1990. Cooking losses of minerals in foods and its nutritional significance. US National Library of Medicine National Institutes of Health [cited Aug 18 2017]; 36. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2081985>
- Narain R, Ilango V. 2015. Analysis of iron content of selected vegetarian food items in Dubai, UAE. International Journal of Science Environment and Technology. [Internet]. [cited Aug 18 2017];4(3):543-552. Available from: <http://www.ijset.net/journal/674.pdf>

- Purdue University. 2015. Analysis of Iron in Foods. West Lafayette: Purdue University College of Science; [cited Nov 15 2016]. Available from: <https://www.science.purdue.edu/.../ANALYSIS%20OF%20IRON%20IN%20FOODS.doc>
- Royal Society of Chemistry. 2013. Royal Society of Chemistry Global Experiment 2013 Measuring vitamin C in food [Internet]. [cited Nov 15 2016]. Available from: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001280/measuring-vitamin-c-in-food-a-global-experiment?cmpid=CMP00002712>
- Spritzler F. 2016. How Cooking Affects the Nutrient Content of foods. Authority Nutrition [Internet]. [cited Aug 18 2017]. Available from: <http://www.healthline.com/nutrition/cooking-nutrient-content>
- Subramanian S. 2009. Fact of Fiction: Raw Veggies are Healthier than Cooked Ones. Scientific American [Internet]. [cited Aug 18 2017]. Available from: <https://www.scientificamerican.com/article/raw-veggies-are-healthier/>
- Tyagi SB, Kharwal M, Saxena T. 2015. Impact of Cooking On Nutritional Content of Food. DU Journal of Undergraduate Research and Innovation [Internet]. [cited Apr 24 2017];1(3):180-186. Available from: <http://journals.du.ac.in/ugresearch/pdf-vol3/U18.pdf>
- Wax E. 2015. Iron in Diet. In: A.D.A.M. [Internet]. Bethesda: US National Library of Medicine [cited Nov 15 2016]. Available from: <https://medlineplus.gov/ency/article/002422.htm>
- Wells SD. 2011. Health Basics: Why are fried foods terrible for your health? Natural News [Internet]. [cited Apr 24 2017]. Available from: http://www.naturalnews.com/034483_fried_foods_health_damage.html
- Yoder C. 2016. Volumetric Analysis [Internet]. Wired Chemist; [cited Nov 15 2016]. Available from: <http://www.wiredchemist.com/chemistry/instructional/laboratory-tutorials/volumetric-analysis>
- Yuan GF, Sun B, Yuan J, Wang QM. 2009. Effects of different cooking methods on health-promoting compounds of broccoli. Journal of Zhejiang University Science B [Internet]. [cited Apr 24 2017];10(8):580-588. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2722699/>

Appendices

Appendix A: List of Materials

1. 350 g of Spinach from the United States
2. 350 g of Tomatoes from Quebec
3. 350 g of Broccoli from the United States
4. 0.050 M Iodine Solution
5. 2.0% Starch solution (indicator)
6. 0.0010 M $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ solution in 0.100 M HCl
7. 0.100 M KSCN
8. 0.100 M HCl
9. 2.00 M HCl
10. 125 ml Erlenmeyer flasks \pm 6 ml
11. 100 ml graduated cylinder \pm 0.06 ml
12. 50 mL beakers cylinder \pm 2.5 ml
13. 650 mL beakers cylinder \pm 32.5 ml
14. 100 ml burette \pm 0.10 ml
15. Magnetic stirrer with stir bar
16. Small funnel
17. Blender
18. Knife
19. Balance \pm 0.005 ml
20. Cutting board
21. Filter paper
22. Aluminum colander
23. Mortar and Pestle
24. Glass Petri Dish
25. Lab Quest Temperature Probe
26. Funnel
27. Distilled water
28. Crucible
29. Ring stand
30. Ring
31. Bunsen burner
32. Test tubes
33. Test tube rack
34. Spectrophotometer
35. Cuvettes
36. Kimwipes

Appendix B: Complete Protocol

For Vitamin C content titration

1. Weight 3 100-g samples of broccoli
2. Leave first sample on the side, slice and steam second sample over 200mL of boiling water during 5 minutes with lid on, slice and fry third sample in 300 mL of soybean oil at 185 °C during 90 seconds.
3. Mash first sample with mortar and pestle with 50 mL of distilled water.
4. Strain sample, washing pulp with a few mL of water, and collect in a beaker.
5. Transfer filtrate to a 100-mL graduated cylinder and dilute to 100 mL with distilled water.
6. Measure 20 mL of sample solution into an Erlenmeyer flask. Add 25 mL of distilled water and 1 mL of 2.0 % starch indicator solution.
7. Fill a 50-mL burette with 0.050 M iodine solution
8. Titrate sample solution with iodine solution. Equivalence point is reached when dark-blue color appears.
9. Repeat titration with two additional 20 mL aliquots of sample solution.
10. Determine mass of vitamin c in initial sample
11. Repeat steps 3-10 for two other samples
12. Compare vitamin C content of samples
13. Repeat steps 1-10 for the spinach and tomatoes

For Iron content spectrometry

1. Prepare standard solution in five test tubes

Table 7: Concentration of Standard Solution of Fe(NO₃)₃

| Test Tube | 0.001 M Fe(NO ₃) ₃ (mL) | H ₂ O (mL) | Concentration (mM/L) |
|-----------|------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| 1 | 0 | 20 mL 0.1 M HCl | 0.00 |
| 2 | 5 | 15 | 0.25 |
| 3 | 10 | 10 | 0.50 |
| 4 | 15 | 5 | 0.75 |
| 5 | 20 | 0 | 1.00 |

(Purdue University 2015)

2. Add 2.5 mL of 0.100 KSCN to each test tube and mix well.
3. Weight 3 9-g samples of broccoli
4. Leave first sample on the side, steam second sample, fry third sample
5. Incinerate first food sample
6. Let ashes cool down and separate into three
7. Mix first set of ashes with 10 mL of 2.0 M HCl in beaker
8. Add 10 mL of distilled water to beaker and stir

9. Filter mixture and collect filtrate in another beaker
10. Add 2.5 mL of 0.100 M KSCN to beaker and mix
11. Repeat steps 5-8 for two other ashes samples
12. Transfer standard solutions and food samples to cuvettes
13. Set spectrophotometer to 458 nm wavelength
14. Place standard solution cuvettes in spectrophotometer and record absorbance
15. Prepare standard curve of the standard concentration vs absorbance
16. Place food sample solution cuvettes in spectrophotometer and read absorbance
17. Use standard curve to determine iron (III) concentration of food sample and calculate average for three samples.
18. Determine mass of Fe^{3+} in 20 mL sample. Fe^{3+}
19. Compare iron content in samples
20. Repeat steps 3-19 for two differently cooked samples
21. Repeat steps 3-19 for the spinach and tomatoes

Appendix C: Pictures for titration process

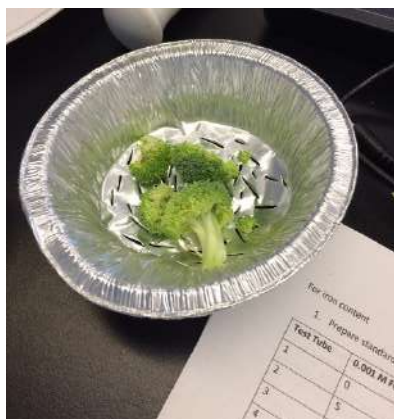


Figure 5: Aluminum colander for steaming



Figure 6: Broccoli being fried



Figure 7: Spinach being mashed with water



Figure 8: Spinach and Tomato aliquots ready for titration

Appendix D: Pictures for spectrometry process



Figure 9: Standard solution in test tubes

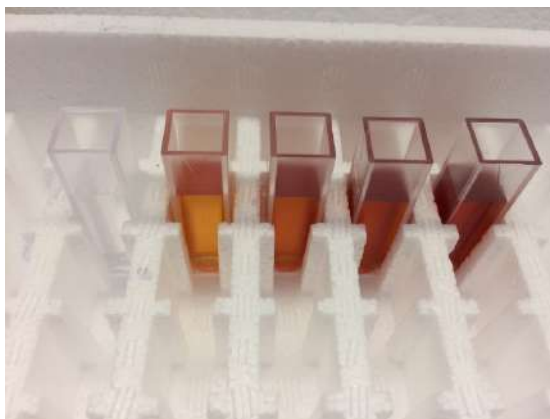


Figure 10: Standard solution and blank in cuvettes

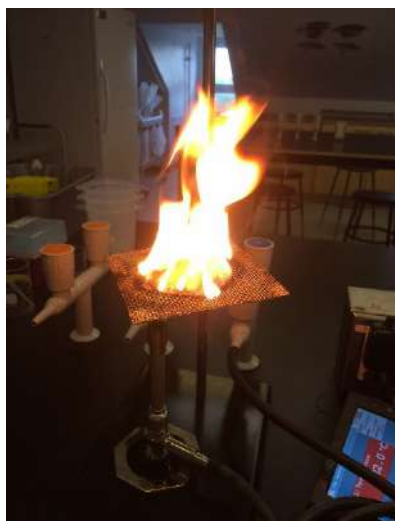


Figure 11: Incineration process

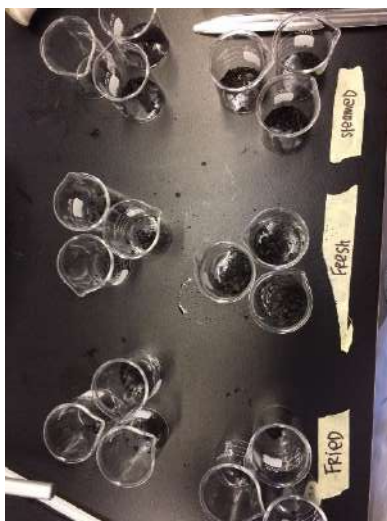
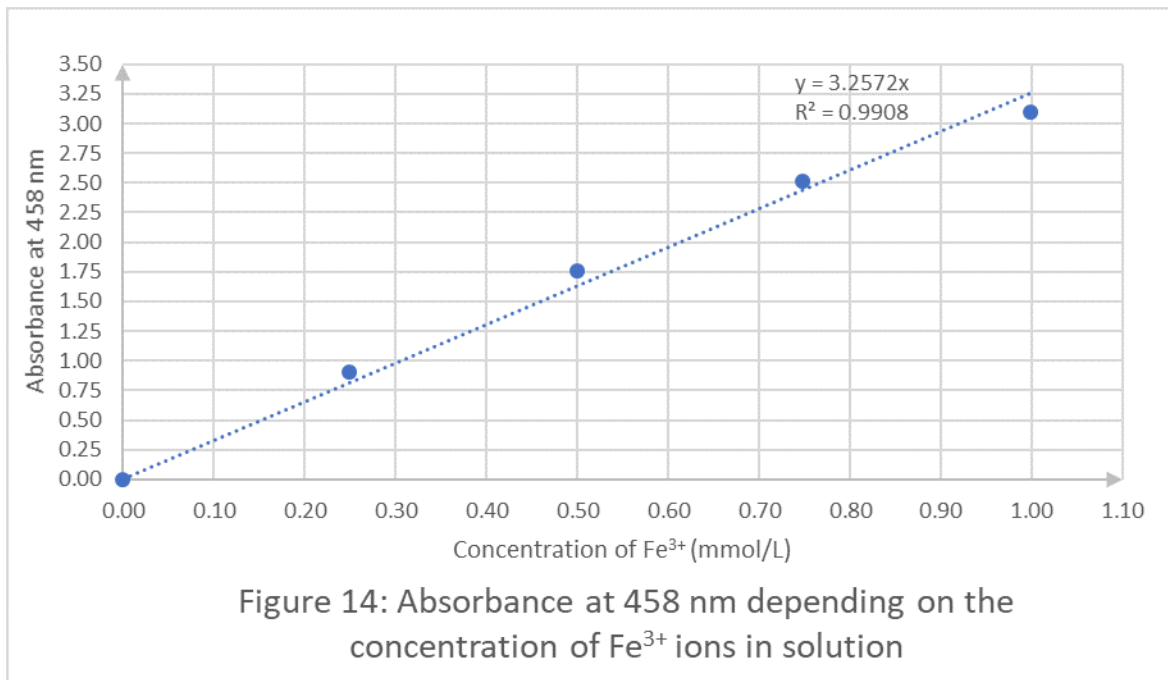


Figure 12: Spinach and tomato ash sets



Figure 13: Ash samples being filtered

Appendix E: Absorbance at 458 nm depending on concentration of iron (III) ions in solution standard curve



Appendix F: Complete result tables for average ascorbic acid content in broccoli, spinach and tomatoes

Table 8: Mass, volume of iodine solution used, moles of iodine, moles of ascorbic acid and mass of ascorbic acid for fresh, steamed and fried broccoli samples.

| Sample | Mass (g) | Volume of 0,05 M Iodine Solution (mL) | Moles of I ² | Moles of Ascorbic Acid in 45 mL | Moles of Ascorbic Acid for Total Sample | Mass of Ascorbic Acid for Total Sample | Mass of Ascorbic Acid (mg)/g | Mass of Ascorbic Acid (mg)/100g |
|------------|----------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Fresh #1 | 100,08 | 0,20 | 1,0E-05 | 1,0E-05 | 5,0E-05 | 8,8E-03 | 8,8E-02 | 8,8E+00 |
| Fresh #2 | 100,08 | 0,10 | 5,0E-06 | 5,0E-06 | 2,5E-05 | 4,4E-03 | 4,4E-02 | 4,4E+00 |
| Fresh #3 | 100,08 | 0,10 | 5,0E-06 | 5,0E-06 | 2,5E-05 | 4,4E-03 | 4,4E-02 | 4,4E+00 |
| Average | 100,08 | 0,13 | 6,7E-06 | 6,7E-06 | 3,3E-05 | 5,9E-03 | 5,9E-02 | 5,9E+00 |
| | | | | | | | | |
| Steamed #1 | 100,21 | 0,25 | 1,3E-05 | 1,3E-05 | 6,3E-05 | 1,1E-02 | 1,1E-01 | 1,1E+01 |
| Steamed #2 | 100,21 | 0,15 | 7,5E-06 | 7,5E-06 | 3,8E-05 | 6,6E-03 | 6,6E-02 | 6,6E+00 |
| Steamed #3 | 100,21 | 0,20 | 1,0E-05 | 1,0E-05 | 5,0E-05 | 8,8E-03 | 8,8E-02 | 8,8E+00 |
| Average | 100,21 | 0,20 | 1,0E-05 | 1,0E-05 | 5,0E-05 | 8,8E-03 | 8,8E-02 | 8,8E+00 |
| | | | | | | | | |
| Fried #1 | 100,32 | 0,30 | 1,5E-05 | 1,5E-05 | 7,5E-05 | 1,3E-02 | 1,3E-01 | 1,3E+01 |
| Fried #2 | 100,32 | 0,30 | 1,5E-05 | 1,5E-05 | 7,5E-05 | 1,3E-02 | 1,3E-01 | 1,3E+01 |
| Fried #3 | 100,32 | 0,40 | 2,0E-05 | 2,0E-05 | 1,0E-04 | 1,8E-02 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| Average | 100,32 | 0,33 | 1,7E-05 | 1,7E-05 | 8,3E-05 | 1,5E-02 | 1,5E-01 | 1,5E+01 |

Table 9: Mass, volume of iodine solution used, moles of iodine, moles of ascorbic acid and mass of ascorbic acid for fresh, steamed and fried spinach samples.

| Sample | Mass (g) | Volume of 0,05 M Iodine Solution (mL) | Moles of I ² | Moles of Ascorbic Acid in 45 mL | Moles of Ascorbic Acid for Total Sample | Mass of Ascorbic Acid for Total Sample | Mass of Ascorbic Acid (mg)/g | Mass of Ascorbic Acid (mg)/100g |
|------------|----------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Fresh #1 | 95,32 | 1,20 | 6,0E-05 | 6,0E-05 | 3,0E-04 | 5,3E-02 | 5,5E-01 | 5,5E+01 |
| Fresh #2 | 95,32 | 1,30 | 6,5E-05 | 6,5E-05 | 3,3E-04 | 5,7E-02 | 6,0E-01 | 6,0E+01 |
| Fresh #3 | 95,32 | 1,00 | 5,0E-05 | 5,0E-05 | 2,5E-04 | 4,4E-02 | 4,6E-01 | 4,6E+01 |
| Average | 95,32 | 1,17 | 5,8E-05 | 5,8E-05 | 2,9E-04 | 5,1E-02 | 5,4E-01 | 5,4E+01 |
| | | | | | | | | |
| Steamed #1 | 96,16 | 1,00 | 5,0E-05 | 5,0E-05 | 2,5E-04 | 4,4E-02 | 4,6E-01 | 4,6E+01 |
| Steamed #2 | 96,16 | 1,00 | 5,0E-05 | 5,0E-05 | 2,5E-04 | 4,4E-02 | 4,6E-01 | 4,6E+01 |
| Steamed #3 | 96,16 | 1,00 | 5,0E-05 | 5,0E-05 | 2,5E-04 | 4,4E-02 | 4,6E-01 | 4,6E+01 |
| Average | 96,16 | 1,00 | 5,0E-05 | 5,0E-05 | 2,5E-04 | 4,4E-02 | 4,6E-01 | 4,6E+01 |
| | | | | | | | | |
| Fried #1 | 99,13 | 0,60 | 3,0E-05 | 3,0E-05 | 1,5E-04 | 2,6E-02 | 2,7E-01 | 2,7E+01 |
| Fried #2 | 99,13 | 0,50 | 2,5E-05 | 2,5E-05 | 1,3E-04 | 2,2E-02 | 2,2E-01 | 2,2E+01 |
| Fried #3 | 99,13 | 0,70 | 3,5E-05 | 3,5E-05 | 1,8E-04 | 3,1E-02 | 3,1E-01 | 3,1E+01 |
| Average | 99,13 | 0,60 | 3,0E-05 | 3,0E-05 | 1,5E-04 | 2,6E-02 | 2,7E-01 | 2,7E+01 |

Table 10: Mass, volume of iodine solution used, moles of iodine, moles of ascorbic acid and mass of ascorbic acid for fresh, steamed and fried tomato samples.

| Sample | Mass (g) | Volume of 0,05 M Iodine Solution (mL) | Moles of I ² | Moles of Ascorbic Acid in 45 mL | Moles of Ascorbic Acid for Total Sample | Mass of Ascorbic Acid for Total Sample | Mass of Ascorbic Acid/g | Mass of Ascorbic Acid/100g |
|------------|----------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Fresh #1 | 101,39 | 0,40 | 2,0E-05 | 2,0E-05 | 1,0E-04 | 1,8E-02 | 1,7E-01 | 1,7E+01 |
| Fresh #2 | 101,39 | 0,45 | 2,3E-05 | 2,3E-05 | 1,1E-04 | 2,0E-02 | 2,0E-01 | 2,0E+01 |
| Fresh #3 | 101,39 | 0,55 | 2,8E-05 | 2,8E-05 | 1,4E-04 | 2,4E-02 | 2,4E-01 | 2,4E+01 |
| Average | 101,390 | 0,47 | 2,3E-05 | 2,3E-05 | 1,2E-04 | 2,1E-02 | 2,0E-01 | 2,0E+01 |
| | | | | | | | | |
| Steamed #1 | 94,48 | 0,60 | 3,0E-05 | 3,0E-05 | 1,5E-04 | 2,6E-02 | 2,8E-01 | 2,8E+01 |
| Steamed #2 | 94,48 | 0,50 | 2,5E-05 | 2,5E-05 | 1,3E-04 | 2,2E-02 | 2,3E-01 | 2,3E+01 |
| Steamed #3 | 94,48 | 0,60 | 3,0E-05 | 3,0E-05 | 1,5E-04 | 2,6E-02 | 2,8E-01 | 2,8E+01 |
| Average | 94,480 | 0,57 | 2,8E-05 | 2,8E-05 | 1,4E-04 | 2,5E-02 | 2,6E-01 | 2,6E+01 |
| | | | | | | | | |
| Fried #1 | 107,99 | 0,45 | 2,3E-05 | 2,3E-05 | 1,1E-04 | 2,0E-02 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| Fried #2 | 107,99 | 0,60 | 3,0E-05 | 3,0E-05 | 1,5E-04 | 2,6E-02 | 2,4E-01 | 2,4E+01 |
| Fried #3 | 107,99 | 0,45 | 2,3E-05 | 2,3E-05 | 1,1E-04 | 2,0E-02 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| Average | 107,990 | 0,50 | 2,5E-05 | 2,5E-05 | 1,3E-04 | 2,2E-02 | 2,0E-01 | 2,0E+01 |

Appendix G: Complete result tables for average iron content in broccoli, spinach and tomatoes

Table 11: Mass, absorbance, concentration, moles or iron (III) and mass of iron (III) in fresh, steamed and fried broccoli samples

| Sample | Mass (g) | Absorbance at 458 nm | Concentration (mmol/L) | Moles of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ (mg)/g | Mass of Fe ³⁺ (mg)/100g |
|------------|----------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Fresh #1 | 0,12 | 0,067 | 0,021 | 4,1E-07 | 2,3E-05 | 1,9E-01 | 1,9E+01 |
| Fresh #2 | 0,13 | 0,069 | 0,021 | 4,2E-07 | 2,4E-05 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| Fresh #3 | 0,12 | 0,054 | 0,017 | 3,3E-07 | 1,9E-05 | 1,5E-01 | 1,5E+01 |
| Average | 0,12 | 0,063 | 0,019 | 3,9E-07 | 2,2E-05 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| | | | | | | | |
| Steamed #1 | 0,12 | 0,058 | 0,018 | 3,6E-07 | 2,0E-05 | 1,7E-01 | 1,7E+01 |
| Steamed #2 | 0,12 | 0,064 | 0,020 | 3,9E-07 | 2,2E-05 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| Steamed #3 | 0,19 | 0,053 | 0,016 | 3,3E-07 | 1,8E-05 | 9,6E-02 | 9,6E+00 |
| Average | 0,14 | 0,058 | 0,018 | 3,6E-07 | 2,0E-05 | 1,5E-01 | 1,5E+01 |
| | | | | | | | |
| Fried #1 | 0,49 | 0,063 | 0,019 | 3,9E-07 | 2,2E-05 | 4,4E-02 | 4,4E+00 |
| Fried #2 | 0,49 | 0,152 | 0,047 | 9,3E-07 | 5,2E-05 | 1,1E-01 | 1,1E+01 |
| Fried #3 | 0,49 | 0,040 | 0,012 | 2,5E-07 | 1,4E-05 | 2,8E-02 | 2,8E+00 |
| Average | 0,49 | 0,052 | 0,016 | 3,2E-07 | 1,8E-05 | 3,6E-02 | 3,6E+00 |

Table 12: Mass, absorbance, concentration, moles or iron (III) and mass of iron (III) in fresh, steamed and fried spinach samples

| Sample | Mass (g) | Absorbance at 458 nm | Concentration (mmol/L) | Moles of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ (mg)/g | Mass of Fe ³⁺ (mg)/100g |
|------------|----------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Fresh #1 | 0,12 | 0,054 | 0,017 | 3,3E-07 | 1,9E-05 | 1,5E-01 | 1,5E+01 |
| Fresh #2 | 0,12 | 0,066 | 0,020 | 4,1E-07 | 2,3E-05 | 1,9E-01 | 1,9E+01 |
| Fresh #3 | 0,12 | 0,066 | 0,020 | 4,1E-07 | 2,3E-05 | 1,9E-01 | 1,9E+01 |
| Average | 0,12 | 0,062 | 0,019 | 3,8E-07 | 2,1E-05 | 1,8E-01 | 1,8E+01 |
| | | | | | | | |
| Steamed #1 | 0,12 | 0,066 | 0,020 | 4,1E-07 | 2,3E-05 | 1,9E-01 | 1,9E+01 |
| Steamed #2 | 0,12 | 0,065 | 0,020 | 4,0E-07 | 2,2E-05 | 1,9E-01 | 1,9E+01 |
| Steamed #3 | 0,12 | 0,089 | 0,027 | 5,5E-07 | 3,1E-05 | 2,5E-01 | 2,5E+01 |
| Average | 0,12 | 0,073 | 0,023 | 4,5E-07 | 2,5E-05 | 2,1E-01 | 2,1E+01 |
| | | | | | | | |
| Fried #1 | 0,20 | 0,014 | 0,004 | 8,6E-08 | 4,8E-06 | 2,4E-02 | 2,4E+00 |
| Fried #2 | 0,20 | 0,009 | 0,003 | 5,5E-08 | 3,1E-06 | 1,5E-02 | 1,5E+00 |
| Fried #3 | 0,20 | 0,013 | 0,004 | 8,0E-08 | 4,5E-06 | 2,2E-02 | 2,2E+00 |
| Average | 0,20 | 0,012 | 0,004 | 7,4E-08 | 4,1E-06 | 2,1E-02 | 2,1E+00 |

Table 13: Mass, absorbance, concentration, moles or iron (III) and mass of iron (III) in fresh, steamed and fried tomato samples

| Sample | Mass (g) | Absorbance at 458 nm | Concentration (mmol/L) | Moles of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ in 20 mL | Mass of Fe ³⁺ (mg)/g | Mass of Fe ³⁺ (mg)/100g |
|------------|----------|----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Fresh #1 | 0,12 | 0,081 | 0,025 | 5,0E-07 | 2,8E-05 | 2,3E-01 | 2,3E+01 |
| Fresh #2 | 0,12 | 0,014 | 0,004 | 8,6E-08 | 4,8E-06 | 4,0E-02 | 4,0E+00 |
| Fresh #3 | 0,12 | 0,005 | 0,002 | 3,1E-08 | 1,7E-06 | 1,4E-02 | 1,4E+00 |
| Average | 0,12 | 0,033 | 0,010 | 2,0E-07 | 1,1E-05 | 9,5E-02 | 9,5E+00 |
| | | | | | | | |
| Steamed #1 | 0,08 | 0,015 | 0,005 | 9,2E-08 | 5,1E-06 | 6,4E-02 | 6,4E+00 |
| Steamed #2 | 0,08 | 0,014 | 0,004 | 8,6E-08 | 4,8E-06 | 6,0E-02 | 6,0E+00 |
| Steamed #3 | 0,08 | 0,008 | 0,002 | 4,9E-08 | 2,7E-06 | 3,4E-02 | 3,4E+00 |
| Average | 0,08 | 0,012 | 0,004 | 7,6E-08 | 4,2E-06 | 5,3E-02 | 5,3E+00 |
| | | | | | | | |
| Fried #1 | 0,06 | 0,187 | 0,057 | 1,1E-06 | 6,4E-05 | 1,1E+00 | 1,1E+02 |
| Fried #2 | 0,06 | 0,074 | 0,023 | 4,5E-07 | 2,5E-05 | 4,2E-01 | 4,2E+01 |
| Fried #3 | 0,06 | 0,193 | 0,059 | 1,2E-06 | 6,6E-05 | 1,1E+00 | 1,1E+02 |
| Average | 0,06 | 0,190 | 0,058 | 1,2E-06 | 6,5E-05 | 1,1E+00 | 1,1E+02 |

**Étude du potentiel
électrique produit par
des cellules photovoltaïques
Graëtzel en relation avec
la concentration d'une
solution d'acide acétique
utilisée pour fabriquer
une couche semi-conductrice
de dioxyde de titane**

Valérie Courval

Diplôme avec distinction en sciences

BIO GRA PHIE

Pendant mes deux années au Collégial Sainte-Anne, je fus inscrite au programme de distinction en sciences. Ce dernier m'a permis d'assister à des conférences scientifiques, de visiter des laboratoires, de participer à des concours scientifiques universitaires et de travailler sur une thèse de recherche. Dans mon cas, j'ai analysé comment l'acidité de la solution utilisée pour fabriquer un semi-conducteur influençait la puissance produite par des cellules photovoltaïques de Graëtzel. De plus, j'ai eu l'opportunité d'être bénévole dans l'équipe de support technique lors de la 5^e édition de l'atelier WGNE organisée à Montréal en 2017. Cela m'a permis de rencontrer des experts en physique de l'environnement et ainsi de confirmer mon intérêt pour ce domaine. Par conséquent, je suis très excitée d'être inscrite en tant qu'étudiante du programme coop avec une spécialisation en physique à l'Université Concordia.

Résumé

Objectif

L'objectif de ce projet était d'évaluer l'impact de la concentration d'une solution d'acide acétique et d'eau distillée sur le potentiel électrique produit par des cellules photovoltaïques de Graëtzl lors de la fabrication d'une pâte de dioxyde de titane ($\text{TiO}_{2(s)}$) en couche semi-conductrice.

Matériels et Méthodes

Cinq cellules fabriquées avec une pâte de dioxyde de titane comme couche semi-conductrice et de la teinture d'iode comme électrolyte et colorant furent construites avec un volume d'acide acétique constant de $800\mu\text{L}$, mais une quantité variable d'eau distillée variant entre 75 et $175\mu\text{L}$. Les cellules photovoltaïques assemblées avec deux plaques de verre furent testées avec un multimètre et une ampoule fluo-compacte de 27 Watts.

Résultats

Les résultats démontrent que lorsque les cellules possédaient une plus grande quantité d'eau utilisée dans la fabrication de la pâte de dioxyde de titane, la concentration d'acide acétique diminuait et les cellules avaient un plus grand écart voltaïque entre leurs plaques.

Discussion

Les cellules avaient un plus grand écart voltaïque entre leurs plaques dû à l'obtention d'une texture de pâte plus rugueuse. Ceci était lié au nombre de micropores présents sur la surface de la couche de dioxyde de titane et avait la propriété de faire réfléchir la lumière à l'intérieur de la cellule, permettant une meilleure absorption des photons et par ce fait même, une meilleure production électrique. La principale source d'erreur de cette expérience était que la masse de la couche du semi-conducteur ne fut pas constante pour chaque cellule ajoutant une variable à prendre en considération dans l'interprétation des résultats obtenus. Un autre problème fut le nombre de fois que les plaques de verre furent chauffées afin d'obtenir des cellules fonctionnelles, affectant alors l'efficacité du verre recouvert d'oxyde d'étain d'indium.

Abstract

Objective

The goal of this project was to evaluate the effects of the concentration of an acetic acid solution and distilled water mix on the electric potential output of a Graëtz cell during the fabrication of a titanium dioxide semi-conductor layer.

Materials & Methods

Five photovoltaic cells were built using a titanium dioxide paste as a semi-conducting layer with iodine as an electrolyte. The paste was created using a constant volume of acetic acid of 800 μ L, but a variable amount of distilled water varying between 75 and 175 μ L. Once assembled, the photovoltaic cells were tested with a multimeter and a 27-Watts fluo-compact bulb.

Results

When more water was used to create the titanium dioxide paste, acetic acid concentration was reduced and electric potential measured between the plates was higher.

Discussion

Photovoltaic cells had a higher electric potential between their plates due to a titanium dioxide paste that was rougher. This is probably linked to a higher number of small pores created at the surface, allowing more photon reflection, yielding a better absorption and a higher electric output. The main source of error is the fluctuating mass of the semi-conducting layer, which must be taken into account when interpreting results. Another source of error is the number of times the glass plates had to be heated in order to obtain functional photovoltaic cells. This affected the efficiency of the conducting glass plates.

Introduction

La lumière est produite de plusieurs façons. En fait, il existe cinq sources importantes d'énergie lumineuse sur la Terre : les sources incandescentes, les sources fluorescentes, les matières phosphorescentes, les matières chimiluminescences et les animaux bioluminescents (Hirsch 1991). Malgré cette grande diversité, les sources incandescentes sont de loin les plus fréquentes. Contrairement aux autres sources de lumière, elles émettent de la lumière lorsque leurs particules sont fortement excitées, donc lorsqu'elles sont à des températures élevées. Des exemples possibles de sources de lumière incandescentes sont le feu, les éléments de chauffage des cuisinières électriques, les ampoules électriques incandescentes et le Soleil (Hirsch 1991). Les réactions nucléaires se produisant dans du plasma solaire créent des températures extrêmement élevées (13,5 millions de degrés Celsius en son centre), produisant ainsi une grande quantité de lumière (Glanville 2008). Bien que la lumière blanche émise par le soleil serve à la photosynthèse des végétaux et à réchauffer notre planète, elle peut nous alimenter en énergie électrique.

Les panneaux solaires sont capables de transformer l'énergie du soleil en énergie que l'on peut utiliser (Benson et coll. 2015). Généralement, ils peuvent exercer 2 fonctions : soit d'absorber la chaleur afin de chauffer une bâtisse, et donc de convertir l'énergie solaire en énergie thermique, ou bien d'absorber le rayonnement solaire et de le transformer en courant électrique. Le rayonnement solaire est, en fait, un moyen de transmission de la chaleur sous forme d'énergie lumineuse, aussi appelée énergie électromagnétique. En d'autres mots, le panneau sert donc à capter l'énergie électromagnétique et donc la lumière incidente de son environnement et à la convertir en chaleur ou en énergie électrique. Afin de pouvoir absorber le plus de lumière possible, les panneaux paraissent presque toujours noirs ou d'une autre couleur sombre (Benson et al. 2015). En fait, les couleurs noirâtres permettent l'absorption d'un plus grand spectre de couleur et donc la production d'une plus grande quantité d'énergie. Dès lors, si l'on assume que le panneau solaire sera alimenté par la lumière incandescente du soleil, toute la lumière visible projetée sur ce dernier pourrait théoriquement être utilisée. Subséquemment, cette forme d'énergie renouvelable est possible grâce au concept de l'effet photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque fut découvert en 1839 par les physiciens Antoine Henri Becquerel et Alexandre Edmond Becquerel, mais le phénomène ne fut expliqué qu'en 1905 par Albert Einstein (ADEME 2013). L'effet photovoltaïque repose sur le principe de transmission de l'énergie des photons de la lumière solaire aux électrons des matériaux. Particulièrement présent chez les matériaux semi-conducteurs, ce type d'énergie permet aux électrons de se déplacer créant conséquemment un courant électrique d'une bonne intensité plus facilement. Dès lors, l'utilisation de métaux semi-conducteurs comme le silicium est souvent encouragée lors de la conception d'un panneau solaire, car ils ont des propriétés photovoltaïques avec un excellent rendement. En fait, l'effet photovoltaïque peut se résumer comme suit : un générateur photovoltaïque est alimenté en électricité par deux couches de matériaux semi-conducteurs isolées l'une de l'autre. L'une d'entre elles, généralement celle en silicium, possède une forte présence d'électrons alors que l'autre est en déficience d'électrons. Conséquemment, l'effet photovoltaïque est le phénomène selon

lequel les photons envoyés par la lumière venue du soleil percutent les électrons de la couche électronégative en silicium; cela ayant pour effet de propulser certaines des petites particules à charge négative vers l'autre couche. Le fait que les électrons cherchent toujours à retrouver leur placement original causera le mouvement perpétuel de va-et-vient des charges négatives créant par ce fait même un courant électrique (Borraz 2011). En somme, les cellules photovoltaïques transforment le rayonnement solaire en électricité de façon continue, et ce sans produire de pollution pour l'environnement (ADEME 2013).

On calcule la force d'un courant électrique selon son intensité, la charge totale passant en une seconde sur un point précis du circuit (Hirsch 1991). L'intensité du courant électrique (I) représente ainsi le quotient de la charge du courant sur le temps écoulé en seconde. La charge est indiquée à l'aide de coulombs (C), une unité semblable à 6.24×10^{18} charges élémentaires et on utilise un ampèremètre pour calculer l'intensité d'un réseau électrique donné.

En fait, il existe un lien étroit entre le travail effectué par unité de temps par une composante d'un circuit et l'intensité du courant. Référée comme puissance, cette production d'énergie (P) peut être trouvée grâce à la formule : $P = RI^2$. Cela étant dit, la température peut causer une résistance (R) supplémentaire. Chez la majorité des matériaux, en particulier les métaux, plus la température baisse, plus leur résistance diminue. Cette diminution peut parfois aller jusqu'à rendre la résistance semblablement nulle, ce qui rend alors les matériaux supraconducteurs. Néanmoins, ce phénomène n'est pas universel chez tous les éléments du tableau périodique puisque des effets contraires sont seulement observables chez certaines substances semi-conductrices comme le carbone, le silicium et le germanium (Hirsch 1991). En fait, suite à de nombreuses études, plusieurs types de modules photovoltaïques sont maintenant sur le marché. La plupart des cellules solaires sont composées d'une plaque de métal conductrice à l'arrière, puis d'une plaque de silicium, d'une couche de phosphore diffusé, d'une couche antireflet et, finalement, d'une grille conductrice. Le tout fait généralement des cellules un peu plus épaisses de 0,15 à 0,20 millimètre. Cependant, les matériaux étant très fragiles, les cellules sont souvent protégées par des verres translucides plus épais afin d'allonger la durée du rendement vers une durée de vie moyenne variant entre 20 et 30 ans (ADEME 2013).

Il existe deux grandes familles de technologies participant à la construction des diverses cellules: celle des technologies cristallines, et celles des technologies couches minces. D'abord, les technologies cristallines représentent plus de 80% du commerce mondial. Elles ont une durée de vie de 25 ans due à l'épaisseur du verre protecteur qui les couvre (ADEME 2013). Ensuite, elles ont un rendement deux fois plus grand que celui des technologies couches minces. Par exemple, la surface moyenne nécessaire pour la production de 1 kilowatt-crête (kWc) chez les cellules cristallines est de 8m^2 alors que le type de module en silicium amorphe de la technologie des couches minces en nécessite 15m^2 (Borraz 2011). Par contre, cette dernière technologie est couramment utilisée puisqu'elle possède des propriétés physiques intéressantes. Les technologies couches minces sont beaucoup plus fines, comme l'indique leur nom, et peuvent être recouvertes d'un support de verre, d'acier inoxydable, de matière plastique et bien d'autres dont les cellules organiques et celles hybrides. Cette grande diversité de matériaux assurant leur protection permet à ces cellules d'être d'autant plus flexibles et malléables (ADEME 2013). Outre ces deux grandes familles, d'autres types de cellules existent bien qu'elles soient moins connues et peu commercialisées. Parmi celles-ci se retrouvent les cellules « à colorant », et, plus particulièrement, les cellules Graëtzl qui sont à l'étude dans cette expérience (Boughnim 2012).

Composées d'une cathode et d'une anode, toutes deux en verre conducteur, d'une couche de semi-conducteurs colorée, par exemple du dioxyde de titane (TiO_2), et d'un électrolyte, les cellules Graëtzl se différencient des deux autres modèles par leur cycle régénératif, signifiant qu'elles ne consomment aucun réactif et donc qu'elles n'engendrent aucun produit (Figure 1). Leur fonctionnement se résume en quatre réactions chimiques. D'abord, lorsqu'ils sont exposés à la lumière (photons), les quanta lumineux passent au travers du premier verre conducteur et de la couche semi-conductrice pour être absorbés par le colorant. Le colorant perdra alors un électron et si l'énergie de ce dernier est suffisante, celui-ci sera éjecté au travers de la bande de conduction, autre terme couramment utilisé pour décrire la couche de semi-conducteur, avant d'arriver à l'anode de la cellule. Laisant derrière lui une charge positive au colorant, ce dernier fera alors le tour du circuit électrique vers la cathode où, ayant perdu la majorité de son énergie de départ, il réagira avec des ions triiodure de l'électrolyte afin de former des anions d'iodure (I^-). Cet anion donnera alors son électron supplémentaire au colorant terminant la boucle de réactions.

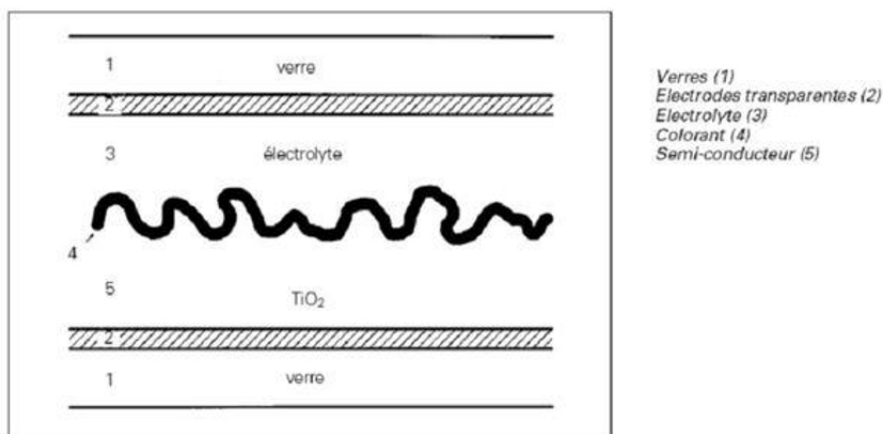


Figure 1 : Schématisation des différentes composantes des cellules de Graëtzl et des solutions utilisées dans cette expérimentation où le verre du haut est la cathode et celui du bas l'anode (Boughnim 2012).

Plusieurs expériences réalisées précédemment révélèrent que des tensions de plus de 0.6V sont enregistrées chez des cellules photovoltaïques activées avec du dioxyde de titane (Smestad 1993). Ces mêmes expériences ont conclu que, malgré les densités de courant de $12\text{mA}/\text{cm}^2$, le facteur de remplissage de ses cellules, l'unité utilisée afin de déterminer le rendement de la cellule photovoltaïque, ainsi que sa tension en circuit ouvert était tous deux de 0.6. Le facteur de remplissage est calculé en établissant le rapport entre la puissance maximale obtenue sur la puissance théorique calculée (National Instruments 2012). De plus, lors de la comparaison de l'efficacité de technologie photovoltaïque, un éditorial scientifique a établi que ces deux dernières mesures, soit la tension en circuit ouvert et le facteur de remplissage, étaient nécessaires pour l'obtention de résultats véridiques (Smestad 2003). Malgré tout, alors que la recherche sur la majorité des divers types de panneaux mise sur l'utilisation de matériaux plus performants (et plus coûteux) afin d'augmenter la production énergétique de ces derniers, plusieurs scientifiques négligent le facteur environnemental dans leur processus de fabrication (Boughnim 2012). Bien qu'il soit essentiel d'accroître l'efficacité des panneaux, certains critiquent cette approche en dénonçant l'usage de matériaux nocifs pour la planète comme les terres rares. Par conséquent, ce laboratoire n'incorpora pas de nouvelles composantes dans la recette traditionnelle de la production d'une cellule couverte de dioxyde de titane, mais cherchera plutôt à optimiser en faisant varier les rapports de proportions entre les différents réactifs.

Au final, semblablement aux recherches décrites précédemment, l'objectif de cette expérience visera à déterminer une corrélation entre l'efficacité respective de cellules photovoltaïques en fonction de l'acidité de la pâte de dioxyde de titane utilisée pour créer la cellule.

Méthodologie

L'expérience s'est divisée en deux parties : la construction des cellules photovoltaïques, puis l'expérimentation.

La première fut effectuée sur une période de plusieurs jours due à la non-réussite de plusieurs protocoles ultérieurs, à la difficulté de l'application du mélange de dioxyde de titane sur l'une des plaques et à une cassure de la croute de dioxyde de titane sur une autre. Les cellules photovoltaïques testées dans ce laboratoire furent réalisées les 3 et 21 novembre, les 21 et 22 décembre 2017 et elles furent assemblées et testées en laboratoire le 22 décembre 2017 (Annexe 1).

La construction de la cellule photovoltaïque s'effectua dans les laboratoires du Collégial Sainte-Anne sous une hotte aspirante. La fabrication se fit à partir de la modification d'un protocole d'une expérience similaire effectuée par l'université du Wisconsin (Smestad 2016). La surface d'une plaque de verre fut d'abord nettoyée avec de l'éthanol et des bordures d'environ 2 millimètres furent recouvertes de ruban adhésif sur 3 des 4 côtés du carré de verre. Puis, afin de préparer la pâte de dioxyde de titane pour la première cellule photovoltaïque, un mélange fut fabriqué avec du TiO_2 solide, ainsi qu'une solution d'acide acétique 16M et d'eau dans un rapport de masse près de 7:1. Pour la solution, des micropipettes de multiples volumes furent utilisées. Le mélange final fut une pâte laiteuse, homogène et légèrement visqueuse, mais tout de même veloutée dépendant de la quantité d'eau mise dans la solution. Après, la pâte de dioxyde de titane fut appliquée sur le côté conducteur d'une plaque de verre couverte d'oxyde d'étain d'indium. Celle-ci fut appliquée de façon uniforme à l'aide d'une lamelle et quelques minutes passa pour que la pâte durcisse. Le plastique fut chauffé sur une plaque chauffante à une température relativement élevée variant entre 150oC et 250oC pendant une trentaine de minutes. Le verre fut ensuite retiré de la plaque chauffante et refroidi avant d'être mis de côté pendant un certain temps. Subséquemment, il fallut passer un deuxième morceau de verre conducteur isométrique au premier au milieu de la flamme d'une bougie. Il était important que, lors de cette étape, le côté conducteur préalablement nettoyé soit positionné vers le bas et exposé à la flamme. Après coup, trois côtés furent essuyés à l'aide d'un coton-tige afin de laisser une bordure de 2mm non noircie par la flamme. Les deux morceaux de verre ont pu être assemblés en les décalant l'un sur l'autre avec leur côté couvert vers l'intérieur. Les plaques furent maintenues en place à l'aide de deux agrafes (Figure 2). Pour terminer, deux gouttes de teinture d'iode 5% furent ajoutées sur les deux extrémités opposées de la cellule photovoltaïque afin d'intégrer la teinture entre les deux plaques parallèles (Annexe 4).



Figure 2: Schéma de l'assemblage des deux verres d'une cellule avec les deux agrafes.

Cette première partie de l'expérience fut effectuée à plusieurs reprises afin de créer de multiples cellules photovoltaïques ayant des rapports différents entre l'acide acétique 16M et l'eau présents dans la solution de la pâte de dioxyde de titane. Ainsi, la quantité d'acide acétique 16M ajoutée lors de son mélange avec la pâte de TiO_2 resta fixe à 800 μ L d'une cellule à l'autre, mais la quantité d'eau ajoutée varia entre 75 μ L et 175 μ L. Ensuite, les cellules furent testées l'une à la suite de l'autre dans une chambre noire à l'aide d'une seule ampoule fluo-compacte de couleur « lumière du jour » et d'un multimètre au réglage de 200mV, et la différence de potentiel entre les deux verres fut notée. Les cellules étaient, à ce moment-là, placées parallèlement à l'ampoule de 27-Watts et à 48,9cm directement en dessous de cette dernière.

Ce laboratoire analysa l'impact de la concentration d'ions H^+ du mélange de dioxyde de titane utilisé lors de la création des cellules photovoltaïques en fonction de leur production d'énergie.

Résultats

Lors des expérimentations, chaque cellule fut testée à plusieurs reprises. Pendant les prises de données, la température ambiante, la pression, ainsi que le positionnement des cellules sont demeurés constants (Tableau 1).

Tableau 1 : Voltages maximaux produits par des cellules photovoltaïques de Graëtzl et le mode des valeurs mesurées en relation avec le ratio de concentration d'une solution d'acide acétique 16M pour faire une couche semi-conductrice de dioxyde de titane avec la masse (mg) de celle-ci.

| | Ratio de Concentration | Masse de la couche de $TiO_{2(s)}$ (mg) | Voltage des cellules (mV) | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| | | | Mode | Valeur maximale |
| Cellule 1 | 10,67 | 75 | 1,3 | 18,4 |
| Cellule 2 | 8,00 | 101,5 | 1,8 | 19,8 |
| Cellule 3 | 6,40 | 204,3 | 2,2 | 69,4 |
| Cellule 4 | 5,33 | 112,6 | 1,6 | 40,6 |
| Cellule 5 | 4,57 | 213,7 | 3,6 | 33,6 |
| Valeurs constantes : | | | | |
| Angle de la cellule par rapport à la lumière : 90° | | | | |
| Distance entre la cellule et la lumière : $\Delta d_y = 0,0489m$ | | | | |
| Pression : $P=101,3$ kPa | | | | |
| Température : $T=21^\circ C$ | | | | |

À l'exception de la valeur de 1,6mV (figure 3), une relation inversement proportionnelle entre le voltage enregistré et la concentration de l'acide acétique 16M du mélange de la couche du semi-conducteur est observé.

Ainsi, plus le volume d'eau ajouté augmente, plus la valeur de la différence de potentiel est importante.

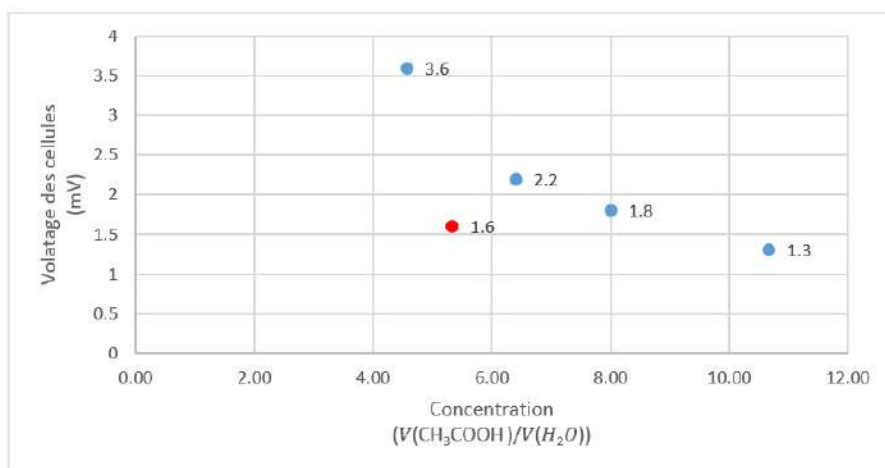


Figure 3 : Voltages (mV) produits par des cellules photovoltaïques de Graëtzel en relation avec le ratio de concentration d'une solution d'acide acétique 16M pour faire une pâte semi-conductrice de dioxyde de titane.

La relation entre la masse de la couche de dioxyde de titane et le voltage semble démontrer un lien de causalité.

À l'exception de la quatrième cellule, plus la masse devient imposante, plus le voltage atteint est important (Figure 4).

Néanmoins, la figure ci-dessous démontre une relation qui n'est pas linéaire entre ces deux facteurs et le voltage de la cellule de 213,7 mg est considérablement plus élevé que les autres.

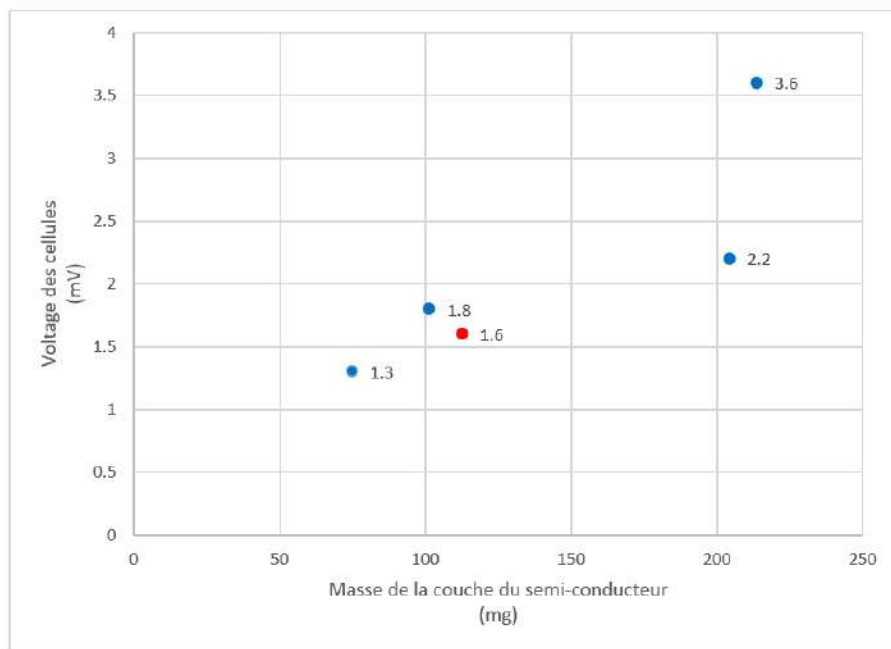


Figure 4 : Voltages (mV) produits par des cellules photovoltaïques de Graëtzel en relation avec la masse (mg) des couches de pâte de dioxyde de titane couvrant chaque plaque de verre.

Discussion

Lors de l'expérimentation, les résultats obtenus démontrent une relation inversement proportionnelle entre l'acidité de la solution d'acide acétique 16M et la différence de potentiel entre les deux verres parallèles (Figure 3).

En effet, le rapport entre le quotient de l'apport en acide acétique sur celui en eau distillée et le voltage répertoriés est favorisé lorsque le volume d'eau augmentait. Ainsi, plus le pH de la solution est faible, plus l'énergie initiale nécessaire à un électron pour parvenir à l'anode est importante. Ainsi, plus l'acide était dilué dans la solution aqueuse, plus la concentration d'ions H^+ est diminuée résultant en un pH plus élevé. Il est donc juste de croire qu'une solution avec un pH plus faible demanderait plus d'énergie à un électron libre afin qu'il puisse traverser la couche puisque cette dernière serait plus propice à réagir avec lui. En d'autres mots, l'électron aurait plus tendance à réagir directement avec la couche de dioxyde de titane si son pH était plus haut, et dès lors il ne se rendrait pas à l'anode pour produire l'énergie électrique désirée.

Il est nécessaire de considérer d'autres facteurs que l'acidité de la couche du semi-conducteur puisque les résultats enregistrés démontrent aussi une relation entre la masse de la couche du semi-conducteur et le voltage enregistré (Figure 4). Entretenant une relation de proportionnalité, bien qu'aucune théorie trouvée ne semble supporter concrètement cette observation, il va de soi que, si le dioxyde de titane était l'étape cinétiquement déterminante, alors l'augmentation de la quantité de réactifs, et donc de la masse de la couche, serait favorable à l'obtention d'un plus haut voltage. L'émission d'énergie électrique étant le résultat d'un cycle régénératif de quatre réactions interreliées, un surplus de réactifs permettrait une meilleure absorption de l'énergie rayonnante et ainsi une plus grande quantité de photons serait assimilée afin de laisser échapper un plus important nombre d'électrons possédant l'énergie nécessaire pour se rendre à anode (Boughnim, 2012). Malgré tout, cette corrélation ne peut être établie que jusqu'à une certaine limite, car une trop grande couche de dioxyde de titane engendrait une résistance supplémentaire trop imposante due à l'épaisseur de la couche.

Bien que les deux raisonnements précédents fournissent des explications plausibles pour les résultats obtenus indépendamment l'une de l'autre, les recherches précédemment effectuées et la théorie supportent plutôt que la masse de la couche du semi-conducteur et l'acidité de la solution utilisée pour la créer sont intimement liées au voltage produit par la cellule puisqu'ils, ensemble, affectent la texture de la couche (Boughnim 2012). En effet, puisque le dioxyde de titane est insoluble dans l'eau, plus l'apport aqueux est important, plus la pâte est visqueuse et compacte. Ainsi, un mélange avec une plus grande quantité d'eau est beaucoup plus facile à appliquer uniformément que ceux avec une solution presque uniquement composée d'acide. Cela signifie dès lors que les pâtes avec un moindre apport aqueux ont plus de zones fracturées qui augmentent la résistance de la couche (Boughnim 2012). Par conséquent, un mélange avec un volume d'eau distillée plus important formera une couche plus uniformément appliquée diminuant ainsi l'énergie initiale nécessaire à l'électron pour se rendre à l'anode. Également, une couche ayant un dépôt plus rugueux est souvent favorisée puisqu'elle permet au colorant d'absorber une plus grande quantité de photons.

En effet, une couche de dioxyde de titane comprenant plus d'eau aura plus de micropores permettant à la lumière de se refléter à quelques reprises dans ceux-ci (Figure 5). Par ce fait même, les photons auront plus d'occasions d'être absorbés et ainsi d'éjecter des électrons du colorant vers l'anode.

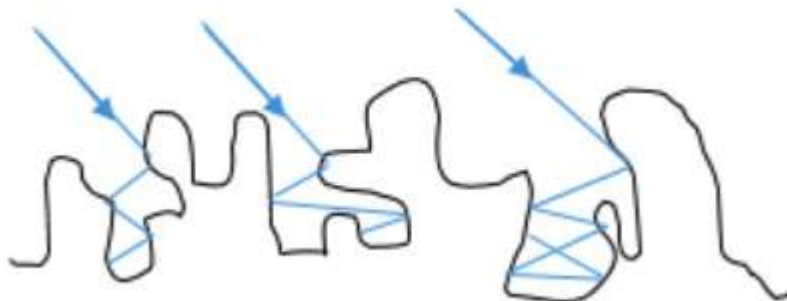


Figure 5 : Illustration du parcours des photons incidents (en bleu) dans des micropores d'une couche de dioxyde de titane (Boughnim 2012)

Bien que la théorie supporte les résultats trouvés, il n'en reste pas moins que d'autres expériences semblables ont obtenu des résultats supérieurs à ce travail de recherche. En effet, d'autres cellules, elles aussi couvertes de dioxyde de titane, ont déjà atteint des valeurs tendant vers 0,6 Volt (Smestad 2016). Néanmoins, leur expérimentation utilisait une méthodologie très différente de celle présentée précédemment et l'acidité de la solution mise dans leur mélange de TiO_2 afin de préparer leur couche du semi-conducteur ne fut pas mentionnée laissant croire qu'elle était fort probablement divergente à celles utilisées dans ce travail. Tel que démontré dans ce rapport, l'acidité de la solution utilisée pour créer la pâte de la couche du semi-conducteur influence grandement la production d'énergie électrique, justifiant l'écart entre les rendements des cellules fabriquées pendant ce projet avec celles de 0,6 Volt. La technique utilisée pour colorer la cellule résultait une pâte de dioxyde de titane de couleur cobalt qui absorbait un plus large spectre de lumière que celles brunâtres créées dans cette expérience. Par ce fait même, ces cellules produisaient forcément plus d'énergie due à un plus grand rendement d'absorption de la lumière que celles fabriquées dans ce rapport. D'ailleurs, le temps de chauffage était significativement plus long et la température plus élevée optimisant potentiellement leur cellule. En effet, l'étape du chauffage est nécessaire à l'obtention de micropores dans la couche semi-conductrice et ceci a un impact significatif sur le rendement de la cellule créée (Photovoltaïque.info 2016). Finalement, puisque l'électrolyte servait aussi de colorant dans l'expérience de ce rapport, il est possible que l'épaisseur de cette couche ait été plus imposante, étant donné que l'on désirait une couleur relativement foncée et opaque, et ainsi ait créé une résistance supplémentaire aux électrons libres des cellules fabriquées (Boughnim, 2012).

Bref, bien que les cellules photovoltaïques créées aient eu un rendement significativement plus faible que celles d'autres expériences, les résultats trouvés supportent qu'un volume plus important d'eau privilégie un plus grand écart de voltage entre les deux plaques de verres conducteurs et donc une plus grande production d'énergie électrique.

Malgré tout, cette conclusion est contestable dû aux sources d'erreurs de ce laboratoire.

Sources d'erreurs et modifications possibles au protocole

La quatrième cellule photovoltaïque a donné des résultats qui ne concordent pas avec les autres cellules fabriquées.

Ayant eu un écart voltaïque plus petit (Figure 2 et 3), il est ainsi difficile d'établir des conclusions claires à partir

des résultats obtenus. Avec la défaillance de cette cellule, 20% des données

obtenues sont ainsi questionnables et les résultats, ainsi que l'analyse ont été effectués en excluant les données recueillies par cette cellule photovoltaïque.

Une explication plausible des causes ayant provoqué ces résultats est le craquage d'une plaque de verre lors du montage. La présence d'une longue fissure dans la couche du semi-conducteur a possiblement, d'une part, limité l'absorption de la lumière émise par la lampe et a, d'autre part, affecté le cycle de réaction permettant le bon fonctionnement de la cellule (Figure 4).

La présence de la fissure a réduit l'aire de TiO_2 disponible empêchant une partie de la lumière à être absorbée par le colorant et donc être transformée en énergie (Boughnim 2012). Aussi, la craque de la croûte de dioxyde de titane a certainement créé une résistance supplémentaire augmentant l'énergie nécessaire aux électrons pour passer d'un milieu à un autre dans la cellule due à la non-uniformité du solide sur la surface.



Figure 4 : Vue de haut de la quatrième cellule et de sa fissure

Une autre source d'erreurs aurait pu être le changement de rouleau de ruban adhésif. À défaut d'avoir fini le premier rouleau, un rouleau de ruban-cache bleu

fut utilisé pour la troisième cellule. Bien que cela puisse sembler banal, ce dernier

était beaucoup moins collant que celui initialement utilisé et a ainsi rendu l'application de la pâte de dioxyde sur le verre conducteur plus ardue. On remarquera que la troisième cellule a d'ailleurs une masse significativement plus élevée avec ses 204,3 milligrammes que la deuxième, la quatrième et que la cinquième cellule qui ont, pour leurs parts, une masse variant entre 75,0 et 112,6 milligrammes (Tableau 1). Néanmoins, la quantité de mélange à base de TiO_2 appliquée sur cette dernière reste plus faible que celle de la première cellule, soit celle de 213,7 milligrammes. Cette plus grande valeur s'explique par la texture d'un mélange avec une faible teneur en eau : la texture obtenue était considérablement moins visqueuse et beaucoup plus difficile à appliquer que les autres. Faute de pouvoir appliquer la pâte uniformément au premier essai, une plus grande quantité de pâte fut déposée sur cette plaque.

À défaut d'avoir un protocole de départ fonctionnel, l'expérience fut tentée à plusieurs reprises avant l'établissement de la méthode présentée préalablement dans ce rapport. Ainsi, les plaques de verre conductrices recouvertes de TiO_2 furent chauffées à plusieurs reprises avant d'être réussies et assemblées.

Variant entre une et trois fois, certaines plaques furent exposées au 300°C de la plaque chauffante à plusieurs reprises, et ce avec des mélanges divergeant en termes de rapport entre l'eau distillée et l'acide acétique (Annexe 3).

Bien que théoriquement le verre conducteur n'aurait pas dû être affecté par ces multiples cuissons, il n'en reste pas moins un facteur différenciant les cellules les unes des autres et qui aurait pu avoir un impact, sur les résultats obtenus. Aussi relié à l'étape du chauffage, il est possible que toutes les cellules n'aient pas été chauffées à 300 °C pendant l'entièreté des 30min. Aucune indication sur la plaque chauffante n'informait l'utilisateur de la température de la céramique sur le dessus. Conséquemment, le temps nécessaire au préchauffage de la plaque afin qu'elle soit réellement à 300 °C lors du dépôt de la cellule était inconnu. L'affirmation émise dans la section des valeurs constantes des différents tableaux présents dans les résultats et dans l'annexe énonçant que la température était de 300°C lors de la totalité du temps passé sur la plaque par le verre conducteur est contestable. Malgré tout, il aurait été possible de remédier à cette source d'erreurs si un laps de temps de préchauffage avait été préétabli et que toutes les plaques y avaient été déposées simultanément.

Il est possible qu'entre le temps de réalisation de la première cellule et celle de la dernière une partie de la teinture d'iode se soit évaporée (Smestad 2016). Effectivement, les cellules effectuées avec ce protocole sont connues pour perdre leur puissance électrique rapidement. Bien qu'on mentionne l'influence que peuvent avoir quelques jours, il est possible que, ayant un aussi petit échantillon de données, ce laps de temps entre les manipulations et l'expérimentation ait affecté les résultats. Quelques heures se sont écoulées entre la fin de la fabrication des cellules photovoltaïques et les prises de mesure de la différence de potentiel entre les deux plaques de verre. Moins d'une heure s'est écoulée entre l'assemblage de la première cellule et la dernière, donc si ce phénomène avait bel et bien affecté la production énergétique des panneaux, il est légitime de croire qu'il a affecté toutes les cellules de façon similaires.

Finalement, il est fort probable que les résultats obtenus soient très peu représentatifs des conclusions que l'on pourrait en tirer si on venait à mettre les cellules dans une situation concrète. Les cellules n'ont été testées que sous de la lumière blanche, et ce lorsqu'elle était en très haute intensité. Il est très possible que dans d'autres conditions les cellules se soient comportées d'une autre façon et qu'une configuration de la pâte avec moins d'eau distillée ait été avantageuse. Aussi, il aurait été préférable de tester les cellules à l'extérieur, sous un soleil radiant, afin que les résultats obtenus soient plus représentatifs de la réalité. Il est clair que plusieurs paramètres auraient pu être optimisés si plus de cellules photovoltaïques avaient pu être testées et si ces dernières avaient été testées sur un plus large spectre lumineux et avec des ampoules incandescentes.

Conclusion

Pour conclure, l'objectif de ce rapport était d'établir une relation entre l'efficacité de cellules photovoltaïques à produire de l'énergie électrique en fonction du rapport acide acétique - eau distillée pour une solution constituant la couche du semi-conducteur. Cinq cellules de Graëtzl avec du dioxyde de titane comme semi-conducteur et de la teinture d'iode comme électrolyte et colorant furent construites puis testées à l'aide d'une ampoule fluo-compacte de 27 watts. Les résultats obtenus sont supportés par la littérature et démontrent qu'un plus grand apport en eau est bénéfique à la production d'un plus haut écart de voltage entre deux plaques de verre conductrices. Néanmoins, de nombreuses sources d'erreurs et facteurs limitants furent identifiés, et en conclusion, cette étude serait plus légitime si les cellules avaient été testées sur un plus large spectre lumineux ou sur des sources de lumière incandescentes. Puisque la masse de la couche du semi-conducteur ne fut pas maintenue constante, cette valeur influença grandement les résultats obtenus. Malgré tout, des études supplémentaires pourraient être effectuées à partir de ce rapport dans lesquelles serait étudié l'apport acide/eau nécessaire pour favoriser la production électrique sur des cellules ayant des aires de surfaces plus grandes. Un autre aspect intéressant à investiguer serait de garder le volume de liquide des différents mélanges de la pâte constant. En effet dans l'expérience réalisée, le volume d'acide acétique utilisé était constant, mais différents apports d'eau étaient ajoutés changeant la texture du mélange.

Acknowledgment

Je tiens à remercier M. Wikarski et Mme. Beaupré qui ont été mes deux superviseurs lors de la réalisation de ce projet. De plus, je suis très reconnaissante envers Mme Gaudreau, technicienne de laboratoire, pour son aide et son support dans ce projet d'envergure.

Merci pour tous vos encouragements!

Bibliographie

ADEME, editor. 2013. Produire de l'électricité grâce à l'énergie solaire. AGR! 7381.

<file:///C:/Users/Utilisateur/Downloads/produire-energie-solaire.pdf>

Benson H, Lachance M, Séguin M, Villeneuve B, Marcheterre B. 2015. Physique 1: Mécanique. Édition 5. Montréal: Pearson.

Boughnim N, Tripoul D, Audibert J. 2012. Cellule photovoltaïque de Graëtzl : Quels sont les facteurs majeurs influant sur le rendement? Université de Nice Sophia-Antipolis. <http://physique.unice.fr/sem6/2012-2013/PagesWeb/PT/Graetzel/compte%20rendu%20final%20SITE.pdf>

Borraz, V. 2011. Électron libre: autonome grâce au petit éolien et au photovoltaïque. Sète: La Plage.

Glanville, A. 2008. Scientifica: the comprehensive guide to the world of science: mathematics, physics, astronomy, biology, chemistry, geology, medicine. Elanora Heights, N.S.W.: Millenium House.

Hirsch A. J. 1991. La physique et le monde moderne. Montréal: Guérin.

National Instruments, Mai 2012. Part II – Photovoltaic Cell I-V Characterization Theory and LabVIEW Analysis Code.

[accédé 2017 Jan 14]. <http://www.ni.com/white-paper/7230/en/>

Photovoltaïque.info. Déc. 2016. Les technologies de cellules solaires photovoltaïques. Centre de ressources sur les panneaux solaires et la production d'électricité | Les technologies de cellules solaires photovoltaïques.

[accédé 2017 Déc]. <http://www.photovoltaique.info/Les-technologies-de-cellules.html>

Smestad G. 2016. Titanium Dioxide Raspberry Solar Cell | MRSEC Education |

University of Wisconsin–Madison. [accédé 2016 Nov]. <http://education.mrsec.wisc.edu/289.html>

Smestad G, Krebs F, Lampert C, Granqvist C, Chopra K, Mathew X, Takakura H. 2008. Reporting solar cell efficiencies in Solar Energy Materials and Solar Cells, Solar Energy Materials and Solar Cells, 92, 371-373, http://www.solideas.com/papers/SOLMAT_Eff_Editorial.pdf

Smestad G, Spiekermann S, Kowalik J, Grant C, Schwartzberg A, Zhang J, Tolbert L, and Moons E. 2003. A technique to compare polythiophene solid state dye-sensitized TiO₂ solar cells to liquid junction devices, Solar Energy Materials and Solar Cells, 76/1, 85 -105. http://www.solideas.com/papers/GPS_DSSCPT_SEMSC.pdf

Smestad G, Bignozzi C, Argazzi R. 1994. Testing of dye sensitized TiO₂ solar cells I: Experimental photocurrent output and conversion efficiencies, Solar Energy Materials and Solar Cells, 32, 259. http://www.solideas.com/papers/GPS32_1994_259.pdf

Wu D, Hiwarkar V, Ashcroft I, Wildman R, Zhu J, Betts TR, Gottschalg R. 2013. Factors Influencing the Measured Adhesive Strength between Glass and Encapsulant of Photovoltaic Modules. Dans *PVSAT-9*, Swansea, pp.203-206.

Zhu J, Koehl M, Hoffmann S, Berger KA, Zamini S, Bennett I, Gerritsen E, Malbranche P, Pugliatti P, Di Stefano A, Aleo F, Bertani D, Paletta F, Roca F, Graditi G, Pellegrino M, Zubillaga O, Cano Iranzo FJ, Pozza A, Sample T, Gottschalg R. 2016. Changes of solar cell parameters during damp-heat exposure, *Progress in Photovoltaics: research and applications*, ISSN: 1099-159X. DOI: 10.1002/pip.279

Annexes

Annexe 1 : Liste de matériel et protocole utilisé pour la réalisation de l'expérience

Matériel

1. Tige de verre (x5)
2. Petits vials (x5)
3. $\text{TiO}_2(\text{s})$
4. Acide acétique 16M
5. Verres recouverts d'oxyde d'étain d'indium (x10)
6. Plaque chauffante
7. Éthanol 95%
8. Coton-tige
9. Agrafes (x2/par plaque)
10. Teinture d'iode 5%
11. Chandelle commerciale sans arôme
12. Eau distillée
13. Chronomètre
14. Ampèremètre
15. Micropipettes de $200\mu\text{L}$ ($\pm 0,001$) et de $1000\mu\text{L}$ ($\pm 0,001$)
16. Balance analytique ($\pm 0,0001\text{g}$)
17. Essuie-tout Kimwipes
18. Ampoule fluo-compacte de 27 Watts

Protocole

1. Sous une hotte aspirante, mélanger à l'aide d'une tige en verre du TiO_2 solide avec un volume donné d'une solution d'acide acétique et d'eau distillée dans un petit vial jusqu'à la formation d'une pâte laiteuse, homogène et légèrement visqueuse.
2. Nettoyer la surface conductrice d'un verre en PET couvert d'oxyde d'étain d'indium avec de l'éthanol. Afin d'identifier le côté conducteur, régler l'ampèremètre à 200Ω et identifier la surface ayant une résistance variant entre 20 et 30Ω .
3. Utiliser du ruban adhésif afin de recouvrir d'environ deux millimètres trois des quatre côtés du verre. Il est important que le côté conducteur soit vers le haut et que les deux côtés parallèles soient recouverts avant le dernier, car on désire appliquer la couche de la façon la plus uniforme possible.

4. Appliquer de la pâte de dioxyde de titane sur le côté conducteur du verre en PET couvert d'oxyde d'étain d'indium. Pour ce faire, il suffit d'utiliser la même tige de verre que celle utilisée pour mélanger la pâte, puis de l'étendre avec une lamelle.
5. Attendre quelques minutes que la pâte se solidifie, puis enlever les trois morceaux de ruban adhésif du pourtour de la pièce.
6. Chauffer le verre couvert d'oxyde d'étain d'indium sur une plaque chauffante à 300°C avec la surface recouverte du mélange vers le haut pendant 30min 00.
7. Retirer le verre couvert d'oxyde d'étain d'indium de la plaque chauffante avec la plus grande minutie afin de ne pas craquer la couche de dioxyde de titane sur le dessus et laisser refroidir environ deux minutes.
8. Nettoyer un deuxième morceau de verre couvert d'oxyde d'étain d'indium avec de l'éthanol et un essuie-tout Kimwipes et laisser l'alcool s'évaporer.
9. Identifier la surface conductrice du deuxième verre couvert d'oxyde d'étain d'indium de la même façon qu'avec le premier (voir la 2^{ème} étape).
10. Passer le deuxième plastique isométrique au premier au milieu de la flamme d'une bougie avec le côté conducteur vers le bas jusqu'à ce que toute la surface exposée à la flamme soit recouverte de suie.
11. Essuyer 3 des côtés à l'aide d'un coton-tige afin de laisser une bordure de deux millimètres. Noter par contre que l'un des trois côtés sera probablement déjà sans suie dépendamment de l'outil utilisé pour passer le verre dans la flamme sans se brûler.
12. Assembler les deux morceaux de verre ensemble en les plaçant l'un sur l'autre. Les plaques seront légèrement décalées afin de laisser deux extrémités libres d'accès pour y placer des pinces de contact.
13. Maintenir les deux verres en place à l'aide de deux agrafes (Figure 7)

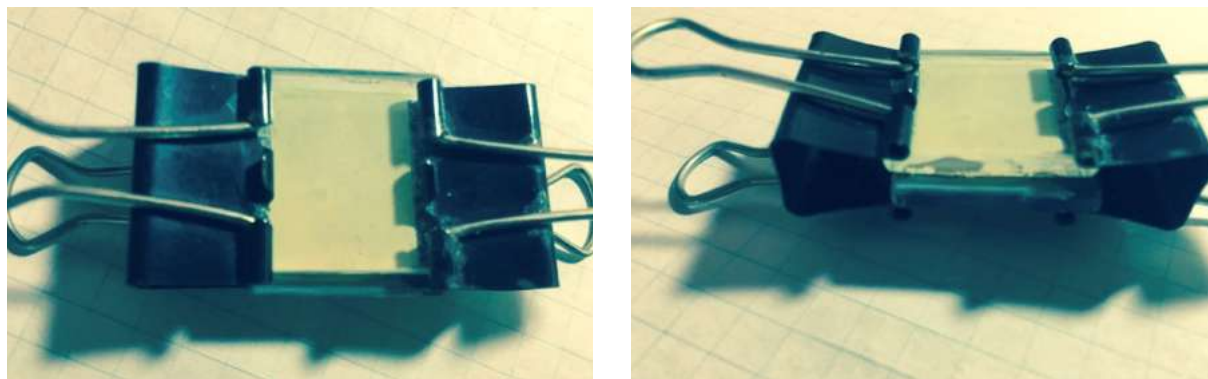


Figure 7 : Une des cellules de Graetz créées sous deux prises de vues

14. Ajouter cinq gouttes de teinture d'iode sur les deux extrémités opposées (trois d'un côté et deux de l'autre) de la cellule photovoltaïque.
15. Essuyer la teinture restante sur les extrémités avec une Kimwipes.
16. Répéter les étapes 1 à 14 avec les 8 autres plaques de verre tout en modifiant le rapport entre l'acide acétique et l'eau dans la solution de départ (Tableau 2).

Tableau 2 : Volumes d'eau distillée et d'acide acétique dans les différents mélanges de dioxyde de titane pour la couche du semi-conducteur

| | Volume CH₃COOH (L) | Volume H₂O_(d) (L) | Masse TiO₂(s) (g) | Proportion $\left(\frac{V_{CH_3COOH}}{V_{H_2O}}\right)$ |
|------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Cellule 1 | 0,000800 | 0,000075 | 1,0000 | 10,67 |
| Cellule 2 | 0,000800 | 0,000100 | 1,0000 | 8,00 |
| Cellule 3 | 0,000800 | 0,000125 | 1,0000 | 6,40 |
| Cellule 4 | 0,000800 | 0,000150 | 1,0000 | 5,33 |
| Cellule 5 | 0,000800 | 0,000175 | 1,0000 | 4,57 |

17. Tester la différence de potentiel créée par les cellules voltaïques lorsqu'elles se trouvent dans une chambre noire, parallèlement à une ampoule fluo-compacte de 27 Watts et à 48,90cm en dessous de celle-ci.

Annexe 2 : Prise de données des voltages des cinq cellules et du mode en relation à leur rapport entre l'acide acétique et l'eau utilisés dans la formation de la pâte de TiO₂

| | Proportion | Voltage des cellules (mV) ±0,1 | | | | | |
|-----------|-------------------|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------|
| | | 1^{er} essai | 2^{ème} essai | 3^{ème} essai | 4^{ème} essai | 5^{ème} essai | Mode |
| Cellule 1 | 10,67 | 1,3 | 1,1 | 1,3 | | | 1,3 |
| Cellule 2 | 8,00 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | | | 1,8 |
| Cellule 3 | 6,40 | 2,2 | 2,3 | 2,1 | 2,2 | | 2,2 |
| Cellule 4 | 5,33 | 1,6 | 1,4 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,6 |
| Cellule 5 | 4,57 | 3,6 | 4,0 | 3,8 | 3,6 | | 3,6 |

Valeurs constantes :
 Angle de la cellule par rapport à la lumière : $m < 0^\circ$
 Distance entre la cellule et la lumière : $\Delta d_y = 0,04890m$
 Température : $T = 21^\circ C$

Annexe 3 : Nombre de fois que chaque cellule a été chauffée

| | Cellule 1 | Cellule 2 | Cellule 3 | Cellule 4 | Cellule 5 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Proportion | 10,67 | 8,00 | 6,40 | 5,33 | 4,57 |
| Nombre de fois chauffé | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| Valeurs constantes : Température : T=300°C Temps de chauffage : t=30,00 min | | | | | |

Annexe 4 : Les cinq cellules fabriquées en ordre décroissant de volume d'H₂O(d) utilisé pour la préparation de la couche du semi-conducteur (175µL en avant et 75 µL en arrière)

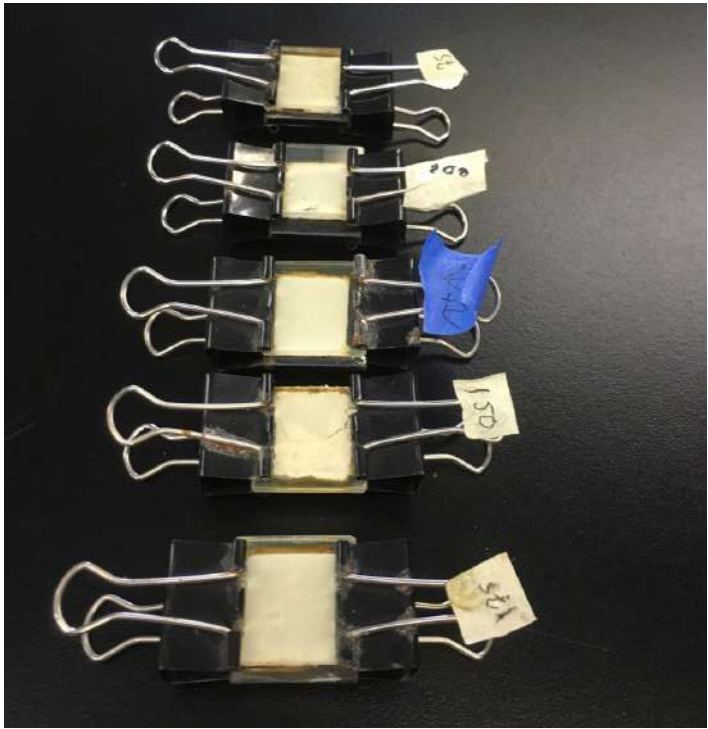
| | Proportion | Cellules fabriquées |
|-----------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Cellule 5 | 4,57 |  |
| Cellule 4 | 5,33 | |
| Cellule 3 | 6,40 | |
| Cellule 2 | 8,00 | |
| Cellule 1 | 10,67 | |

Figure 7 : Une des cellules de Graätzel créées sous deux prises de vues

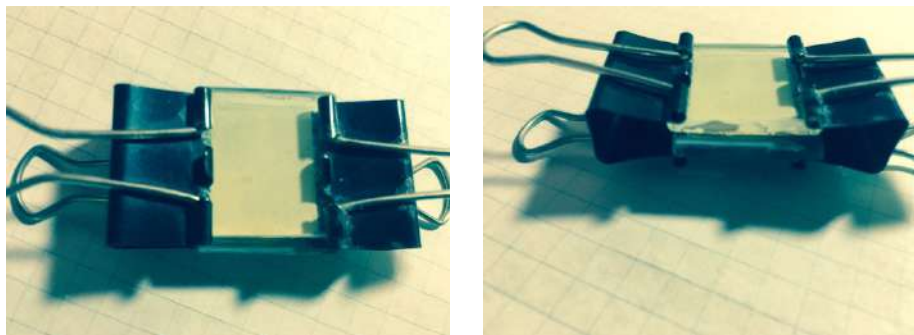


Tableau 2 : Volumes d'eau distillée et d'acide acétique dans les différents mélanges de dioxyde de titane pour la couche du semi-conducteur

| | Volume CH₃COOH (L) | Volume H₂O_(d) (L) | Masse TiO_{2(s)} (g) | Proportion |
|------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| Cellule 1 | 0,000800 | 0,000075 | 1,0000 | 10,67 |
| Cellule 2 | 0,000800 | 0,000100 | 1,0000 | 8,00 |
| Cellule 3 | 0,000800 | 0,000125 | 1,0000 | 6,40 |
| Cellule 4 | 0,000800 | 0,000150 | 1,0000 | 5,33 |
| Cellule 5 | 0,000800 | 0,000175 | 1,0000 | 4,57 |

1300, boulevard Saint-Joseph
Lachine (Québec) H8S 2M8

collegial.sainteanne.ca



COLLÉGIAL INTERNATIONAL
SAINTE-ANNE