



IUT Génie Biologique
15 rue François de Vaux de Foletier
17000 La Rochelle
Tel : 05 56 51 39 00

Association
Méristème N° SIRET :
87820120100018
Place du 14 juillet, 17000 La Rochelle
Tel : 07 86 45 01 88
Référente : Mme Schoen Valérie
N° d'enregistrement
de l'association :
W173009281

Réalisation d'un produit alimentaire à base de criste marine, en partenariat avec l'association Méristème



VALLADON Tiffany, PAYAN Laure, MESSENGER Morgane, CHARRIER
Camille

Table des matières

I.	INTRODUCTION	p.3
II.	MATÉRIEL ET MÉTHODES	p.3
	A. La criste marine	p.3
	B. Les propriétés de la criste marine	p.4
	C. La boisson végétale	p.6
	D. Fabrication de la boisson	p.7
	1. La boisson de soja	p.8
	2. La boisson de criste	p.10
	3. Analyse sensorielle	p.11
	E. Méthodes d'analyse	p.11
	1. Les cendres	p.13
	2. Les minéraux	p.15
	a) Le calcium	p.16
	b) Le magnésium	p.18
	c) Le fer	p.20
	d) Les solutions à analyser	p.22
III.	RÉSULTATS	p.22
	A. Analyse sensorielle	p.22
	B. Les cendres	p.23
	C. Les minéraux	p.28
	1. Le fer	p.28
	2. Le calcium	p.30
	3. Le magnésium	p.32
IV.	DISCUSSION	p.34
	A. La boisson de soja	p.34
	B. Analyse sensorielle	p.35
	C. Les analyses	p.35
	1. Les cendres	p.36
	2. Le fer	p.36
	3. Le calcium	p.37
	4. Le magnésium	p.38
	D. Mise en commun	p.39
V.	CONCLUSION	p.40
	Remerciements	p.41
VI.	BIBLIOGRAPHIE	p.41
VII.	ANNEXES	p.44

I. INTRODUCTION

Lors d'une balade sur les belles plages rochelaises, vous pourrez apercevoir sur les côtes une plante marine, qu'il vous est même possible de goûter ! En effet, la Criste marine, également appelée *Crithmum maritimum* est un végétal comestible possédant de nombreuses propriétés utilisées dans les domaines thérapeutiques et cosmétique. Si la criste est présente en grand nombre sur les côtes Atlantiques, elle est considérée comme protégée sur les côtes Méditerranéennes, principalement à cause de l'urbanisation du littoral. L'industrie Agroalimentaire produit avec une quantité de ressources considérable, l'utilisation de cette espèce en danger compromettrait alors la biodiversité. C'est pourquoi la criste est encore discrète dans le monde de l'alimentaire, s'apparentant à un condiment. Son goût iodé et citronné peut surprendre les papilles, mais accompagne généralement bien les salades à base de crustacés. L'idée pour ce projet est de respecter cette ressource en créant un produit à petite échelle, pouvant être réalisé avec peu de moyens. La richesse nutritive de la criste étudiée lors des précédentes années nous a orienté vers un projet de lait végétal à base de criste marine, puisqu'elle contient des minéraux similaires à ceux que l'on peut rechercher dans les produits laitiers. Seulement les minéraux d'intérêt au sein de la plante doivent également rendre le produit compétitif en étant présents en quantité. C'est dans ce contexte qu'une collaboration entre l'association Méristème, et notre groupe de Projet tutoré a vu le jour. La problématique de ce projet est donc :

Comment produire un lait de criste marine et l'adapter pour qu'il réponde aux demandes du marché actuel ? Est-il aussi attractif que d'autres boissons déjà commercialisées ?

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. La criste marine

La criste marine, de la famille des Ombellifères [2] est une plante halophile, ce qui lui permet de proliférer fortement dans les falaises et rochers car elle résiste à de fortes concentrations en sel. Résistante aux embruns de la mer, on la trouve au niveau des littoraux Atlantique et Méditerranéen. Elle fleurit de juillet à octobre [1], ses fleurs sont jaunes – verdâtres et sont disposées en bouquet de 10 à 20 fleurs. C'est un végétal intéressant de nombreux points de vue. Riche en minéraux, cette plante est

utilisée depuis l'antiquité pour ses vertus médicinales contre les affections des reins et de la vessie. À la même période, la criste marine, riche en iode, était utilisée dans le domaine culinaire, en tant que condiment.

Si la criste est présente en grand nombre sur les côtes Atlantiques, elle est considérée comme protégée sur les côtes Méditerranéennes, pour deux raisons. La première est que la criste est en compétition avec une autre plante envahissante : le carpobrotus plus connue sous le nom de griffe de sorcière. La seconde raison est que les côtes Méditerranéennes, très prisées par les touristes, sont artificialisées, piétinées et polluées par l'homme, empêchant le développement de nombreuses espèces végétales.

La criste marine est aussi utilisée à des fins de préservation environnementale, grâce à sa tolérance aux embruns marins. En effet, elle permet de lutter contre l'érosion des littoraux provoqué par les vents marins, en déviant les courants des vents marins pour que ceux-ci ne frappent pas les littoraux et les dégradent [1].

Consommée depuis l'Antiquité pour ses propriétés gustatives, cette plante est très peu consommée actuellement. En effet, elle est consommée sous forme de condiment ou de salade, mais très peu de produits alimentaires à base de criste marine sont vendus, même si un pesto a été réalisé par l'association Méristème [3].

Si son utilisation en médecine était aussi importante dans l'Antiquité, cela est dû à sa richesse en minéraux tels que le fer, le calcium et le magnésium, qui lui confère des vertus médicinales contre les affections des reins et de la vessie. De plus, son goût iodé assez prononcé faisait de cette plante un excellent condiment.

Aujourd'hui, la criste marine est toujours utilisée dans des domaines thérapeutiques, avec par exemple l'aromathérapie, qui utilise son huile essentielle. Elle permet notamment de lutter contre les problèmes diurétiques, vermifuges et intestinaux.

B. Les propriétés de la criste marine

Notre projet n'est pas le premier au sein de la filière génie biologique de l'IUT de La Rochelle étudiant la criste marine. En effet, il est le quatrième d'une série de projets tutorés visant à découvrir, analyser, étudier, valoriser et utiliser la criste marine.

Les résultats produits par les groupes des années précédentes nous permettent de passer directement à l'étude et l'utilisation de la criste marine pour un produit que nous sommes chargés de fabriquer, où la criste marine sera un élément essentiel.

En se penchant sur les synthèses des années précédentes [9] [10] [11], nous avons pu étudier les recherches ayant déjà été produites sur cette plante. À partir de cette dernière, les précédents groupes ont pu produire des huiles essentielles, des macérats [9], l'essai d'un produit cosmétique [10], et des analyses de ses composants [11].

L'analyse des minéraux lors du projet de valorisation de la criste marine dans l'agro-alimentaire [11] nous a fourni de nombreuses connaissances, nous dirigeant vers l'idée du produit que nous devons réaliser. En effet, les résultats obtenus par spectroscopie d'absorption atomique nous révèlent la présence de trois principaux minéraux dans la plante. Le calcium, le magnésium et le fer sont des minéraux essentiels à l'organisme, dont la présence dans les aliments que nous consommons est indispensable [4].

Le magnésium est un oligo-élément qui se trouve dans les tissus osseux, il régule le métabolisme glucidique des tissus musculaires, cardiaques et nerveux. Il permet à l'organisme d'assimiler la vitamine C et le calcium. On le trouve dans les légumes et les aliments complets (riz, pâtes, pain...) [4]. Les apports nécessaires quotidiens en magnésium sont d'environ 250mg par jour [7].

Le fer est nécessaire à la fabrication de l'hémoglobine et d'enzymes permettant la respiration et la synthèse de l'ADN. On distingue le fer non-héminique, dans les végétaux et les œufs et le fer héminique, dans les produits animaux [5]. Les besoins de l'organisme en fer sont de 10 à 15mg par jour [5].

Le calcium est le minéral le plus abondant du corps et contribue à la formation et à la solidité des os et des dents. Le calcium non osseux intervient quant à lui dans la coagulation sanguine, la contraction musculaire, la conduction nerveuse, la libération d'hormones... Ses principaux apports dans l'alimentation sont les produits laitiers, ainsi que les légumes-feuilles et les choux [6]. Afin d'assurer son rôle dans l'organisme, il doit être concentré à 10mg/100mL de sang et doit donc être apporté par les nutriments [6].

Les légumes feuilles sont riches en magnésium, et la criste marine se démarque avec 85,7mg/100g de produit [11]. Cet apport ne devance pas la graine de soja qui en contient 253mg/100g [7], mais est tout de même élevé et pourrait suffire aux apports nécessaires par jour.

Le taux de fer dans la criste marine est peu élevé : 1,7mg/100g [11] de produit contre 15,7mg/100g pour la graine de soja [7]. L'apport en fer de la criste ne suffit donc pas à combler les besoins quotidiens en fer, et un produit en contenant nécessiterait un apport externe.

Les produits les plus riches en calcium sont les produits laitiers : fromage, lait, yaourts... Nous retrouvons entre 400 et 1000mg de calcium/100g de fromage [8], un taux très élevé. Les graines de soja contiennent 220mg de calcium/100g de produit [7], ce qui est peu élevé. Les légumes-feuille sont pauvres en calcium et n'apportent pas la quantité nécessaire à l'organisme. Or la concentration en calcium de la criste marine est de 1009,1mg/100g de produit [11]. Cette propriété fait de la criste marine un produit pouvant éventuellement concurrencer les produits laitiers dans des cas particuliers (intolérance, végétalisme...) ou par simple curiosité !

Les analyses effectuées durant les années précédentes sur la criste non transformée (n'ayant subi aucun procédé de modification) nous aiguillent pour les analyses à effectuer sur notre produit. En effet, les taux de fer, magnésium et calcium ont été déterminés sur la plante "brute", ayant été hachée puis carbonisés à la flamme sous hotte, mais la plante n'a pas subi de traitement pouvant modifier ses propriétés organoleptiques comme une dilution, une stérilisation ou encore un mélange dans une recette.

L'intérêt de poursuivre ces analyses est de déterminer les taux de ces mêmes minéraux dans un produit alimentaire, où la criste a été modifiée. Les procédés alimentaires peuvent altérer les qualités organoleptiques d'un aliment, d'une plante et influencer leur composition en macronutriments et micronutriments.

C. La boisson végétale

Le lait végétal ou boisson végétale (car seul le lait animal a légalement le droit au terme « lait ») est un liquide blanchâtre obtenu par trempage, extraction, broyage et filtration de produits végétaux (céréales, haricots, noix et graines). Il n'y a

pratiquement aucune différence d'aspect, de texture, seulement de goût. Parfois, des édulcorants, des fruits, des suppléments vitaminiques et minéraux, sont ajoutés au liquide [16]. La richesse en calcium de la criste marine a donc été l'élément inspirant de notre projet de lait végétal. Les raisons de l'émergence du marché alternatif du lait à base de plantes pourraient être attribuées à plusieurs raisons, notamment l'intolérance au lactose, les allergies aux protéines du lait, les raisons culturelles ou la sélection du régime alimentaire (véganisme, régime flexitarien...) [17]. C'est une idée d'autant plus intéressante que le lait de criste ne contient pas de lactose, un glucide présent naturellement en quantité dans les laits animaux [15]. L'intolérance au lactose touche globalement la moitié de la population mondiale [14]. Ce syndrome se traduit par des problèmes digestifs importants dû à un déficit enzymatique en lactase, enzyme permettant l'hydrolyse et donc l'absorption du lactose par l'organisme [14]. Actuellement, il existe sur le marché de nombreux laits végétaux différents comme le lait de soja, d'amande, de coco, de riz, d'avoine, de noisette, etc. [13]. Chacun possède des propriétés nutritives différentes qui leur confèrent une spécialité et donc une consommation différente suivant l'intérêt du consommateur. Les propriétés de la criste en feraient un lait avec des caractéristiques différentes des laits existants actuellement sur le marché. Dynamisé par un nombre de consommateurs toujours plus important, le marché des boissons végétales connaît depuis maintenant une dizaine d'années une croissance particulièrement importante. Le travail nécessaire pour continuer à s'adapter aux tendances de consommation, qui peuvent mettre certains acteurs en difficulté, et à innover dans le but de développer des produits afin de s'adresser à des consommateurs plus modestes et plus sensibles à la qualité nutritionnelle des produits qu'ils achètent.

D. Fabrication de la boisson

Dans ce projet nous travaillons avec trois sortes de boissons végétales : une boisson à base de soja provenant du commerce, vendue sous le nom de "lait végétal de soja", une boisson végétale à base de soja produit par nos soins et une boisson végétale à base de criste.



Figure 1 : Boisson de soja industriel



Figure 2 : Valeurs nutritionnelles de la boisson de soja

Dans le commerce, il est possible aujourd'hui de trouver une multitude de boissons végétales dites "laits végétaux". Une boisson végétale à base de criste n'a pas encore été commercialisée ni expérimentée d'après de nombreuses recherches internet. Nous nous sommes donc inspirées des recettes déjà existantes pour fabriquer notre propre boisson végétale à base de criste.

1. La boisson de soja

Pour fabriquer une boisson végétale à base de soja, nous nous sommes inspirées de recettes de laits végétaux maison sur internet, ainsi que des conseils de personnes ayant déjà réalisé eux même leur boisson végétale.

Référence des graines de soja utilisées : Soja jaune, marque : Markal, Bio, 500g

Préparation pour la fabrication d'un 1 litre de boisson à base de soja (non sucré) :

Temps de préparation : entre 1h et 1h15

Ingrédients :

- 1 L d'eau
- 100 g de graines de soja jaune (déshydratées), de préférence sans pellicule

- **Protocole [20] [21] :**

1. Peser environ 100 g de graines de soja jaune, et laisser tremper les graines dans de l'eau pendant 10 à 12 heures, 24 heures idéalement. Cette étape permet aux graines de se réhydrater, elles peuvent donc doubler de volume, il est alors préférable de prévoir un grand récipient pour le trempage.
2. Rincer les graines à l'eau claire, les égoutter à l'aide de la spatule passoire et les transvaser dans une casserole. Y ajouter 1 litre d'eau. Mettre le tout à chauffer, porter à ébullition à feu moyen puis faire cuire à frémissement pendant 45-50 minutes. Remuer régulièrement. La préparation mousse durant la cuisson mais cela est normal. Les graines se ramollissent avec la chaleur, ce qui permet d'améliorer l'extraction des macronutriments du soja dans l'eau. La cuisson permet également d'éliminer la possible toxicité du soja.
3. Après cuisson, mettre la préparation dans le mixeur et mixer le tout jusqu'à obtention d'une matière bien lisse, semblable à un smoothie.
4. Filtrer le mélange obtenu avec le filtre spécial laits végétaux. On obtient une matière très lisse, beige et liquide, semblable à du lait de vache. La boisson végétale à base de graines de soja est prête à être consommée.
5. La boisson est conservée au réfrigérateur pendant 3 jours maximum.



Figure 3 : Graines de soja



Figure 4 : Fabrication de la boisson de soja

2. La boisson de criste

Une boisson végétale à base de criste étant une idée innovante, nous n'avons pas trouvé de recette préexistante.

Il existe aujourd'hui sur internet ou dans les livres une multitude de recettes pour des boissons végétales à base de différents ingrédients : soja, amande, riz, noix de coco, noisette... Les recettes diffèrent légèrement suivant l'élément principal de la recette, mais restent dans l'ensemble similaires. Nous nous sommes inspirées des recettes de boissons végétales de soja pour réaliser notre boisson à base de criste car il s'agit d'une des recettes les plus connues, et qu'elle est simple à réaliser.

- **Référence des graines de criste utilisées :**

Graines ramassées à la main par nos soins aux alentours d'octobre sur les côtes de La Rochelle, puis conservées par congélation jusqu'à utilisation.

Préparation pour la fabrication d'un 1 litre de boisson à base de criste (non sucré) :

Temps de préparation : entre 1h et 1h15

- **Protocole [20] [21]:**

1. Peser environ 100 g de graines de criste marine, et laisser tremper les graines dans de l'eau pendant 10 à 12 heures, 24 heures idéalement. Cette étape permet aux graines de se gorger d'eau. Les graines étant ici non déshydratées à l'origine, elles ne gonfleront pas beaucoup.
2. Rincer les graines à l'eau claire, les égoutter à l'aide de la spatule passoire et les transvaser dans une casserole. Y ajouter 1 litre d'eau. Mettre le tout à chauffer, porter à ébullition à feu moyen puis faire cuire à frémissement pendant 45-50 minutes. Remuer régulièrement. Les graines se ramollissent avec la chaleur, ce qui permet d'améliorer l'extraction des macronutriments de la criste dans l'eau.
3. Après cuisson, mettre la préparation dans le mixeur et mixer le tout jusqu'à obtention d'une matière bien lisse, semblable à un smoothie.

4. Filtrer le mélange obtenu avec le filtre spécial laits végétaux. On obtient une matière très lisse et liquide, de couleur vert foncé. La boisson végétale à base de graines de criste est prête.
5. Celle-ci est conservée au réfrigérateur pendant 3 jours maximum.



Figure 5 : Graines de criste marine



Figure 6 : Fabrication de la boisson de criste

Ces deux boissons seront utilisées, avec la boisson de soja industrielle, pour réaliser des analyses afin de quantifier la teneur en matière organique, dont trois minéraux, le fer, le magnésium et le calcium.

3. Analyse sensorielle

À l'occasion des travaux pratiques que nous suivons avec Mme Houque (professeure à l'IUT Génie Biologique de La Rochelle), en analyse sensorielle, nous avons décidé de faire goûter notre boisson végétale de criste marine aux étudiants de notre groupe de TP, afin de déterminer au plus précisément les caractéristiques de notre produit.

Pour cela nous avons réalisé un questionnaire d'analyse sensorielle visant à caractériser notre produit **[annexe 1]**. Cette étape nous permet d'obtenir des avis sur le produit pour ensuite réfléchir à des améliorations possibles.

E. Méthodes d'analyses

Les analyses réalisées les années précédentes sur la criste marine nous ont aiguillées pour les analyses à effectuer sur notre projet actuel de boisson végétale à base de criste. En effet, cette année nous nous intéressons aux taux de différents minéraux dans notre boisson de criste, soit un produit dérivé de la criste. Or dans les projets précédents le nôtre, les taux en fer, magnésium et calcium ont été déterminés sur la plante “brute”, ayant été hachée puis carbonisée à la flamme sous hotte [11]. La criste n’avait donc pas subi de traitement pouvant modifier ses propriétés organoleptiques, ou sa composition en macronutriments (protides, lipides) et micro-éléments (vitamines) tels que les minéraux étudiés ; ces traitements peuvent être une dilution, une stérilisation ou encore un mélange dans une recette.

Il est donc intéressant pour nous de réaliser ces mêmes quantifications en fer, magnésium et calcium cette fois-ci sur notre produit alimentaire, où la criste a été transformée. Les qualités nutritionnelles de la criste “brute” qui en font un produit intéressant, notamment son fort taux en calcium que nous souhaitons ici exploiter, peuvent se révéler insatisfaisantes pour un produit dérivé de la criste. Nos analyses ont donc pour but de vérifier si une boisson végétale à base de criste est un projet aussi intéressant nutritionnellement que nous le pensions.

De plus, les analyses passées ont été effectuées sur la criste marine entière (feuilles et graines), donnant sa composition globale en minéraux. Or pour notre projet nous utilisons seulement les graines de la plante. Il est possible que les graines, les feuilles et les tiges de la criste aient une composition différente, notamment en minéraux. C’est une information que nous n’avons pu obtenir car très peu de documents existent sur la composition de la criste.

Pour s’assurer si la recette utilisée pour réaliser la boisson est une recette permettant une extraction nutritionnelle efficace, nous souhaitons comparer les résultats des analyses de la boisson de criste avec ceux de deux autres boissons. Les analyses d’une boisson végétale industrielle de soja dite “lait végétal de soja” nous permettront de comparer nos valeurs expérimentales avec celles informées par le commerce pour voir si nos expériences sont bien réalisées. Les valeurs obtenues après analyses d’une boisson de soja faite maison comparées à celles du lait de soja industriel nous permettront de vérifier si notre recette maison nous permet d’obtenir une même

richesse nutritive, donc vérifier l'efficacité de l'extraction. Enfin, après production de cendres nous pourrions comparer la teneur en matière organique dans la boisson de criste avec celle de soja, et donc vérifier encore l'efficacité de l'extraction.

Il est également important de comparer les résultats de la criste à ceux d'autres boissons, afin de s'assurer que les procédés utilisés sont efficaces. Effectivement, les analyses d'une boisson de soja industrielle nous permettront de constater l'efficacité de l'extraction du contenu des graines de soja lors de la préparation de boissons de soja maison. Les résultats de cette dernière nous permettront de constater plusieurs éléments :

- L'efficacité de l'extraction des éléments des graines de criste
- Si les taux de minéraux dans les graines de soja diffèrent après l'utilisation d'un procédé alimentaire
- Si ces graines contiennent plus de matière organique que les graines de criste.

Pour débiter les analyses, nous procédons dans un premier temps à la production de cendres à partir des différentes boissons végétales qui nous intéressent. Produire des cendres à partir d'un produit permet de conserver les oligo-éléments et les minéraux, la part la plus importante des micro-nutriments, afin de pouvoir en déterminer des concentrations dans un certain volume de l'aliment. L'équipe constituant le projet de valorisation de la criste marine [11] a produit des cendres à l'aide d'une flamme placée sous hotte et d'une mise au four à 550°C.

Finalement, nous avons donc pour ce projet l'objectif de poursuivre ces analyses, en étudiant les compositions en fer, calcium et magnésium d'une boisson végétale de soja industrielle, une boisson de soja maison et une boisson de criste marine maison. La criste marine étant modifiée lors de la production de la boisson, une diminution de la concentration en minéraux est à prévoir. En effet, la recette nécessite une extraction des nutriments des graines dans de l'eau, sans finalement garder l'enveloppe des graines lors de la filtration.

1. Les cendres

Afin d'étudier les compositions en minéraux des 3 boissons, il faut tout d'abord en faire des cendres, afin de pouvoir préparer des solutions qui pourront ensuite être

analysées. Ce procédé nous permet également de comparer la composition en matière organique de chacune des boissons, au vu de la quantité de cendres obtenues.

Pour produire des cendres, nous devons procéder à plusieurs étapes. Tout d'abord, un passage des boissons au bain-marie à 100°C (eau bouillante), puis à l'étuve à 103°C pour permettre d'enlever l'humidité des boissons végétales, puis un passage au four à 550°C afin d'obtenir des cendres.

Le passage à l'étuve doit durer au minimum trois heures, afin d'assurer que l'eau soit entièrement évaporée. Un temps de passage plus élevé n'est pas un problème, cela n'abîme pas nos échantillons.

Le passage au four doit également être d'au minimum trois heures, afin de carboniser tout le produit restant. Afin de l'assurer, nous avons laissé nos capsules toute une nuit. Nous utilisons 4 capsules de silice dans lesquelles nous mettons 5 mL de préparation pour chacune des boissons végétales. Le volume total utilisé par boisson est donc 20mL.

Nous pesons les capsules lorsqu'elles sont vides (m_0), remplies de lait (m_1), après l'étuve (m_2) puis après le four (m_3). Les peser après l'étuve permet de calculer le taux de matière sèche de chacune des boissons, et après le four de calculer le taux de cendres (matière organique) des boissons, afin de les comparer pour faire une première déduction de l'efficacité des extractions que nous avons réalisées. Les masses m_2 n'ont pas été réalisées pour chacune des mesures, par manque de temps, mais cela ne pose pas de problème pour la suite des analyses, étant donné que nous pouvons tout de même comparer les quantités de matières organiques dans chacune des boissons grâce aux masses m_3 .

À partir des cendres de chacune des boissons, nous réalisons des solutions, permettant d'analyser les taux des différents minéraux dans nos cendres de produits, à l'aide de solutions étalons de chaque élément visé.



Figure 7 : Matière sèche de boisson de criste



Figure 8 : Cendres de boisson de soja

2. Les minéraux

Afin d'analyser chacune des solutions et nos gammes étalons, nous utilisons un **spectromètre d'absorption atomique avec atomisation à la flamme**. Cet appareil est utilisé en chimie analytique pour déterminer les concentrations d'éléments métalliques et les minéraux. Lors de la spectrométrie d'absorption atomique, une énergie est fournie par une lampe cathode creuse à l'atome qui est recherché, qui absorbe cette énergie lumineuse à une certaine longueur d'onde, et passe d'un état de base à un état d'excitation. Cette configuration étant instable, l'atome retourne à son état de base en libérant une énergie lumineuse. La quantité d'énergie lumineuse absorbée est mesurée puis traitée par signal électronique, permettant de connaître l'absorbance de l'atome présent [22], [23], [25].

La flamme du spectrophotomètre est générée par de l'air et de l'acétylène à 2500°C et sert de cellule d'absorption, mettant en contact les atomes et l'énergie lumineuse, et produit donc une couleur différente en fonction des atomes analysés.

L'échantillon analysé lors de ces analyses doit être **liquide** et **limpide** afin qu'il puisse être aspiré puis transformé en aérosol, puis atomisé par la flamme et passer à travers la lampe.

Le logiciel **Syngistix** utilisé avec le spectromètre **PerkinElmer** de l'IUT calcule directement les concentrations en mg d'analyte/L avec les absorbances obtenues. Étant donné que cet appareil est très précis, il calcule des concentrations qui le sont

également. En utilisant une droite d'étalonnage afin de calculer les concentrations nous-même, il est très difficile d'atteindre une telle précision dans les résultats, c'est pourquoi nous comparerons les 2 méthodes.



Figure 9 : Spectromètre d'absorption atomique à flamme (SAA), dispositif de PerkinElmer

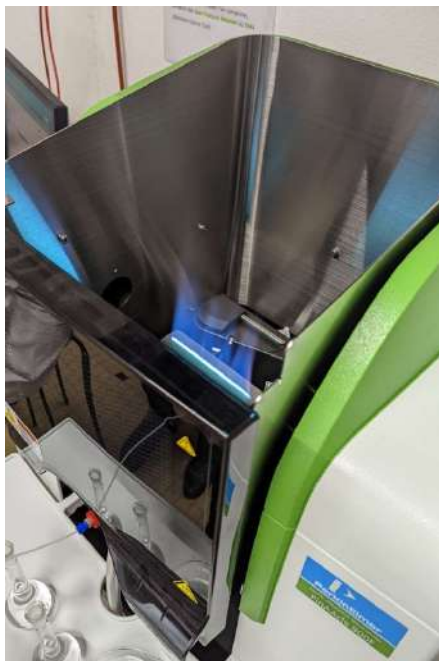


Figure 10 : Spectromètre en fonctionnement

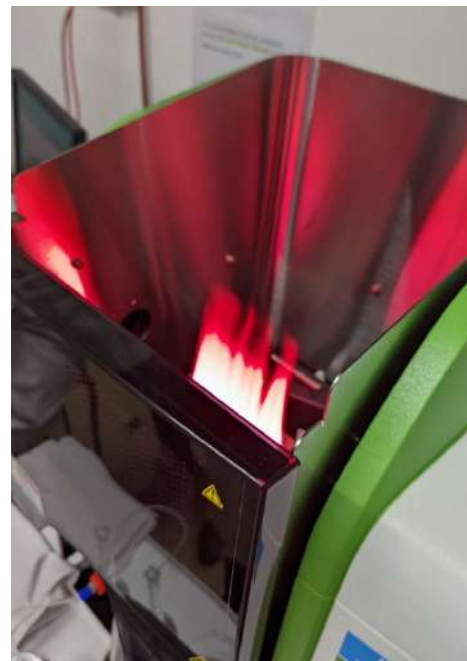


Figure 11 : Spectromètre en fonctionnement (présence de strontium et de calcium au contact de la flamme)

a) **Le calcium**

Le minéral le plus intéressant concernant la composition de la criste marine est le calcium. Nous rappelons que sa concentration dans la plante entière est de **1009,1mg/100g** de produit [11], cela en fait une des plantes feuilles la plus concentrée en calcium. Il est important de vérifier après transformation des graines si ce minéral est toujours aussi abondant, car il est le principal élément pour lequel nous avons choisi de réaliser une boisson végétale. En effet, l'extraction et le procédé alimentaire utilisés sur les graines peuvent avoir réduit ce taux important.

Afin de déterminer la concentration en calcium de nos solutions, nous réalisons une gamme étalon de calcium, avec des taux allant de 0 à 3 mg/L. Elle nous permettra d'en mesurer les absorbances, et d'encadrer nos solutions à analyser.

Avant tout, nous diluons une solution de calcium à 1 g/L (solution initiale) au 1/20^e en mettant 1 mL de calcium dans une fiole jaugée de 20 mL. On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on homogénéise (solution finale). Nous obtenons une concentration de :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$\Leftrightarrow C_f = \frac{C_i V_i}{V_f} = \frac{1 \times 1 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-3}} = \frac{0,05g}{L} = 50 \text{ mg/L}$$

Cette solution finale de calcium est ensuite utilisée pour faire la gamme étalon. Nous devons réaliser des solutions allant de 0 à 3 mg/L, nous décidons de faire 7 solutions avec des concentrations tous les 0,5 mg/L. Nous calculons les volumes de la même façon :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$\Leftrightarrow V_i (1) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 0,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (2) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{1,0 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 1 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (3) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{1,5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 1,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (4) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{2,0 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 2,0 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow Vi(5) = \frac{CfVf}{Ci} = \frac{2,5 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 2,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow Vi(6) = \frac{CfVf}{Ci} = \frac{3,0 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 3,0 \text{ mL}$$

La préparation des 7 solutions de la gamme étalon du calcium est répertoriée dans le tableau ci-dessous. Après avoir mis le volume en calcium respectif à chaque échantillon dans les fioles jaugées, nous ajoutons 2,5 mL de strontium. On complète au trait de jauge puis on homogénéise. Cette gamme étalon a été réalisée 3 fois car la première fois la courbe d'étalonnage était mauvaise (il y a donc eu des problèmes de manipulation), puis les concentrations étaient fausses car réalisées directement à partir de la solution à 1g/L.

	Dosage de Calcium						
Échantillons	0	1	2	3	4	5	6
[Ca ²⁺] (mg/L)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3
VCa ²⁺ (mL)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Strontium (mL)	2,5						
Eau (mL)	Compléter à 50 mL						

Figure 12 : Préparation des étalons de calcium

Le strontium est un élément chimique alcalino-terreux. Il est utilisé lors de l'analyse du calcium par spectrométrie d'absorption atomique car il produit de nombreuses interférences avec l'aluminium (Al), et le fer (Fe). L'addition de strontium ou de lanthane permet de corriger toutes ces interférences [22], [24], [25].

Nos solutions sont désormais prêtes pour être analysées au spectromètre d'absorption atomique à flamme.

b) Le magnésium

Si la criste est riche en calcium, afin d'être intéressante et donc utilisée dans l'industrie agroalimentaire, elle doit également contenir des taux d'autres minéraux importants. La concentration en magnésium dans cette plante est de **85,7mg/100g** de produit [11], un taux important. L'analyse du magnésium dans les boissons de criste

et de soja permet de vérifier l'impact des extractions sur sa concentration, et si le soja est toujours plus intéressant en boisson qu'en graines.

Nous diluons une solution de magnésium à 1 g/L (solution initiale) à 5mg/L de magnésium, dans une fiole jaugée de 100 mL. Afin d'obtenir le volume initial de magnésium, nous procédons au calcul suivant :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$\Leftrightarrow V_i = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{5 \times 100 \times 10^{-3}}{1000} = 0,5 \text{ mL}$$

Nous mettons 0,5 mL de magnésium à 1g/L dans une fiole jaugée de 100 mL. On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on homogénéise (solution finale). Nous calculons ensuite les volumes à mettre dans nos solutions étalons :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$\Leftrightarrow V_i (1) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,05 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 0,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (2) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,1 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 1 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (3) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,15 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 1,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (4) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,20 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 2,0 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (5) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,25 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 2,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (6) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,30 \times 10^{-3} \times 50 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 3,0 \text{ mL}$$

La préparation des 7 solutions de la gamme étalon du magnésium est répertoriée dans le tableau ci-dessous. Après avoir mis le volume en magnésium à 5 mg/L respectif à chaque échantillon dans les fioles jaugées, nous ajoutons 2,5 mL de strontium. On complète au trait de jauge puis on homogénéise. Cette gamme étalon a été réalisée 3 fois car la première fois la courbe d'étalonnage était mauvaise (il y a donc eu des

problèmes de manipulation), puis les concentrations étaient fausses car réalisées directement à partir de la solution à 1g/L.

	Dosage de Magnésium						
Échantillons	0	1	2	3	4	5	6
[Mg ²⁺] (mg/L)	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
VMg ²⁺ (mL)	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Strontium (mL)	2,5						
Eau (mL)	Compléter à 50 mL						

Figure 13 : Préparation des étalons de magnésium

Le strontium est utilisé pour les mêmes raisons que pour le calcium, soit pour diminuer les interférences avec l'aluminium et le fer [24].

Nos solutions sont désormais prêtes pour être analysées au spectromètre d'absorption atomique à flamme.

c) Le fer

Si la criste est compétitive grâce à sa composition en calcium et en magnésium, son taux de fer (Fe) lui fait défaut. Effectivement, 1,7mg/100g de produit [11] reste très peu, et le soja se démarque grandement avec un taux de 15,7mg/100g de graines de soja. L'analyse des boissons provenant de ces deux éléments nous permettra de déduire si leurs taux sont intéressants et similaires après modification.

Afin de déterminer la concentration en calcium de nos solutions, nous réalisons une gamme étalon de calcium, avec des taux allant de 0 à 3,5 mg/L. Elle nous permettra d'en mesurer les absorbances et donc les concentrations, et d'encadrer nos solutions à analyser.

Pour ce fait, nous avons tout d'abord procédé à la dilution de la solution initiale de fer, qui se trouvait à une concentration de 1 g/L, à une concentration finale de 0,1 g/L.

Dans le calcul ci-dessous, les concentrations sont en g/L et les volumes sont en mL.

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$\Leftrightarrow V_i = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{100 \times 100 \times 10^{-3}}{1000} = 10 \text{ mL}$$

Nous avons donc, dans une fiole jaugée de 100 mL, mélangé 10 mL de solution de fer à 1 g/L, On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on homogénéise (solution finale).

Après homogénéisation de notre solution finale de fer, nous avons préparé notre gamme étalon de dilution. Le volume de fer de chaque échantillon a été calculé grâce à la formule ci-dessous :

$$C_i V_i = C_f V_f$$

$$\Leftrightarrow V_i (1) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{0,5 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,1 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (2) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{1 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,2 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (3) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{1,5 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,3 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (4) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{2,0 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,4 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (5) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{2,5 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,5 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (6) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{3,0 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,6 \text{ mL}$$

$$\Leftrightarrow V_i (7) = \frac{C_f V_f}{C_i} = \frac{3,5 \times 10^{-3} \times 20 \times 10^{-3}}{100 \times 10^{-3}} = 0,7 \text{ mL}$$

	Dosage de Fer							
Échantillons	0	1	2	3	4	5	6	7
[Fe] (mg/L)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5
V(Fe) (μL)	0	100	200	300	400	500	600	700

Chlorure de calcium (mL)	2,5
Eau (mL)	Compléter à 50 mL

Figure 14 : Préparation des étalons de fer

Une fois le volume approprié en solution de fer ajouté, nous avons mis 5 mL de chlorure de calcium dans chaque échantillon. En effet, ce composé permet d'empêcher la dépression du signal par interférence avec les autres ions présents dans la solution. Pour finir, de l'eau est versée dans chaque échantillon, jusqu'à atteindre le trait de jauge et donc un volume total de 20 mL.

Nos solutions sont prêtes à être analysées au spectromètre d'absorption atomique.

d) Les solutions à analyser

Les analyses par spectrométrie d'absorption atomique devant absolument se faire sur des échantillons liquides et limpides, nous ne pouvons analyser directement nos cendres. Nous suivons un protocole fourni par Monsieur Marsh [annexe...] afin de réaliser nos solutions.

Pour chacune des boissons, nous utilisons la totalité des cendres collectées dans chaque capsule de silice pour nos échantillons, nos masses étant très petites :

- criste marine : 0,1218 (pour 130 mL)
- soja industriel : 0,1463 g (pour 20 mL)
- soja maison : 0,0602 (pour 20 mL)

L'utilisation d'acide chlorhydrique (HCl) permet de dissoudre les composants des cendres, soit la matière organique, afin d'obtenir des solutions homogènes.

Après avoir mis nos solutions cendres-HCl dans des fioles jaugées de 100 mL à environ 20 mL d'eau, on dissout, on complète et on homogénéise. Puis nous filtrons nos solutions à analyser, afin de ne pas abîmer le spectromètre.

III. RÉSULTATS

A. Analyse sensorielle

Pour déterminer les propriétés organoleptiques de notre boisson végétale à base de criste marine, nous avons décidé de la faire goûter aux élèves de notre classe. Une feuille avec des questions leur a été donnée [annexe 1]. Après avoir regroupé toutes les réponses, nous pouvons en déduire certaines informations.

Tout d'abord, une analyse visuelle et olfactive du produit a été effectuée. D'après les réponses obtenues, nous pouvons dire que la boisson de criste n'est pas très appétissante, notamment à cause de sa couleur vert caca d'oie ou verdâtre et des petites particules en suspension qui donnent la couleur à notre produit.

La majorité de nos camarades ont écrit qu'ils ne pensaient pas qu'ils allaient aimer le produit, à cause de sa couleur mais également de son odeur assez prononcée. Néanmoins, certaines personnes ont déclaré être intriguées par l'odeur, la qualifiant d'intéressante.

Ensuite, des questions relatives à la caractérisation de notre produit ont été posées. Concernant l'aspect visuel et textuel, notre produit est verdâtre et aqueux avec de petites particules en suspension qui donnent cette couleur à notre produit. À propos des propriétés olfactives de notre produit, nous pouvons dire que ce dernier possède une odeur de criste, c'est-à-dire une odeur iodée, végétale et fraîche. Certains ont jugé l'odeur agréable tandis que les autres la trouvent trop prononcée.

Par la suite, le produit a été goûté et nous avons demandé aux personnes qui ont bu notre boisson de décrire avec précision ce qu'ils ont ressenti. En début de dégustation, il n'y a pas vraiment de goût. Après quelques secondes en bouche, un goût amer et astringent très prononcé prend place. L'arrière-goût est également amer, mais laisse une brève impression de fraîcheur plutôt agréable dans la bouche après dégustation.

Pour finir, nous avons demandé si le produit avait été apprécié ou non. Tous ont été catégoriques, ils n'ont pas aimé le produit à cause du goût amer très prononcé. Mais, ils s'accordent tous pour dire que la sensation de fraîcheur en fin de dégustation est intéressante.

B. Les cendres

Pour réaliser les analyses, nous avons besoin de cendres, produites à partir des différentes boissons étudiées. Ces cendres nous permettent de mesurer le taux de matière organique extrait de chaque boisson.

Rappels :

- m_0 = masse des capsules vides (g)
- m_1 = masse des capsules remplies de boisson (avant passage à l'étuve) (g)
- m_2 = masse des capsules remplies de boisson après passage à l'étuve (g)
- m_3 = masse des capsules remplies de boisson après passage au four (g)
- C = concentration en cendres, donc en matière organique, dans l'échantillon de boisson prélevé (en % ou g/L)

Les concentrations en cendres, donc en matière organique, sont calculés de la manière suivante :

- $C(\%) = \frac{\text{masse de cendres}}{\text{masse de boisson}} \times 100 = \frac{(m_3 - m_0)}{(m_1 - m_0)} \times 100$
- $C(\text{g/L}) = \frac{\text{masse de cendres}}{\text{volume prélevé}} \times 1000 = \frac{(m_3 - m_0)}{5} \times 1000$

Nous pesons les capsules après chaque passage au bain-marie, à l'étuve puis au four, nous obtenons les résultats suivants :

a) Résultats pour la boisson végétale industrielle à base de soja.

	Échantillon	m_0	m_1	m_2	m_3	C (%)	C (g/L)
Boisson industrielle de soja	1	55,2858	60,3087	55,6278	55,3001	0,2846	2,86
	2	59,1194	64,1384	59,4446	59,1369	0,3486	3,5
	3	40,9738	46,0279	41,3196	40,991	0,3403	3,44
	4	52,6354	57,6877	52,9803	52,6508	0,3048	3,08
Moyenne						0,3196	3,22

Figure 15 : Masses obtenues de la boisson de soja

Pour la boisson industrielle de soja, on obtient une concentration moyenne en cendres, donc en matière organique de 3,22 g/L.

- **Calcul de la masse volumique de soja industriel :**

Grâce aux résultats obtenus ci-dessus, nous pouvons calculer la masse volumique de notre boisson de soja industriel, en effet, cette dernière nous permettra par la suite de calculer la concentration des divers éléments dans notre échantillon.

On cherche donc tout d'abord la masse moyenne de 5 mL de boisson, car c'est ce volume que nous avons versé dans chaque capsule. La masse de boisson contenue dans chaque capsule peut être calculée par : $m = m_1 - m_0$

On calcule la moyenne des masses ($m_1 - m_0$), représentant la masse de boisson de soja industrielle pour 5 mL.

$$\text{masse moyenne} = \frac{5,0229 + 5,019 + 5,0541 + 5,0523}{4} = 5,0371 \text{ g}$$

En sachant que la masse volumique est la masse de produit pour un litre de solution, et que 5 mL de notre boisson ont une masse de 5,0371 g, on a :

$$\text{masse volumique} = \frac{5,0371 \times 1000}{5} = 1007,42 \text{ g/L}$$

La masse volumique de notre boisson de soja industrielle est donc de 1007,42 g/L.

b) Résultats pour la boisson végétale maison à base de soja.

	Échantillon	m_0	m_1	m_3	C (%)	C (g/L)
Boisson de soja maison	1	52,6046	57,6383	52,6227	0,3596	3,62
	2	55,2627	60,2825	55,2820	0,3845	3,86
	3	40,9497	45,9807	40,9681	0,3657	3,68
	4	59,0604	64,0878	59,0779	0,3481	3,5
moyenne					0,3645	3,665

Figure 16 : Masses obtenues de la boisson de soja maison

Pour la boisson de soja maison, on obtient une concentration moyenne en cendres, donc en matière organique de 3,365 g/L.

- **Calcul de la masse volumique de soja maison :**

Grâce aux résultats obtenus ci-dessus, nous pouvons calculer la masse volumique de notre boisson de soja maison, en effet, cette dernière nous permettra par la suite de calculer la concentration des divers éléments dans notre échantillon.

On cherche donc tout d'abord la masse moyenne de 5 mL de boisson, car c'est ce volume que nous avons versé dans chaque capsule. La masse de boisson contenue dans chaque capsule peut être calculée par : $m = m_1 - m_0$

On calcule la moyenne des masses ($m_1 - m_0$), représentant la masse de boisson de soja pour 5 mL.

$$\text{masse moyenne} = \frac{5,0337 + 5,0198 + 5,031 + 5,02744}{4} = 5,02798 \text{ g}$$

En sachant que la masse volumique est la masse de produit pour un litre de solution, et que 5 mL de notre boisson ont une masse de 5,02798 g, on a :

$$\text{masse volumique} = \frac{\text{masse moy} \times V}{V_{\text{utilisé}}} = \frac{5,02798 \times 1000}{5} = 1005,60 \text{ g/L}$$

La masse volumique de notre boisson de soja maison est donc de 1005,60 g/L.

c) Résultats pour la boisson végétale maison à base de criste.

	Échantillon	m_0	m_1	m_3	C (%)	C (g/L)
Boisson de criste maison	1	18,6914	23,6744	18,6948	0,0682	0,68
	2	22,7532	27,7249	22,7562	0,0603	0,6
	3	20,5938	25,5765	20,5974	0,0722	0,72
	4	23,1625	28,1373	23,1643	0,0362	0,36
moyenne					0,0593	0,59

Figure 17 : Masses obtenues de la boisson de criste

Pour la boisson de criste maison, on obtient une concentration moyenne en cendres, donc en matière organique de 0,59 g/L.

- **Calcul de la masse volumique de la criste marine :**

Grâce aux résultats obtenus ci-dessus, nous pouvons calculer la masse volumique de notre boisson de criste marine, cette dernière nous permettra par la suite de calculer la concentration des divers éléments dans notre échantillon.

On cherche donc tout d'abord la masse moyenne de 5 mL de boisson, car c'est ce volume que nous avons versé dans chaque capsule. La masse de boisson contenue dans chaque capsule peut être calculée par : $m = m_1 - m_0$

On calcule la moyenne des masses ($m_1 - m_0$), représentant la masse de boisson de ciste marine pour 5 mL.

$$\text{masse moyenne} = \frac{4,983 + 4,9717 + 4,9827 + 4,9748}{4} = 4,9781 \text{ g}$$

En sachant que la masse volumique est la masse de produit pour un litre de solution, et que 5 mL de notre boisson ont une masse de 4,9781 g, on a :

$$\text{masse volumique} = \frac{4,9781 \times 1000}{5} = 995,61 \text{ g/L}$$

Après réalisation des cendres de ciste, nous nous sommes aperçues que nous obtenions une trop faible quantité de cendres [photos cendres] pour pouvoir réaliser nos solutions pour l'analyse au spectromètre par absorption atomique. Cela est dû à une faible teneur en matière organique de notre boisson de ciste. Nous avons donc repris la fabrication de cendres à partir de volumes plus grands pour obtenir une quantité plus grande de cendres.

d) Résultats pour la boisson végétale maison à base de ciste marine, deuxième tentative.

	échantillon	m0	m1	m3	C (%)	C (g/L)
boisson de ciste maison	1 (20 mL)	40,9588	60,8919	40,9701	0,0567	0,565
	2 (20 mL)	59,0574	79,0328	59,0672	0,0491	0,49
	3 (20 mL)	55,2556	75,1782	55,2655	0,0497	0,495
	4 (20 mL)	52,6009	72,555	52,611	0,0506	0,505
	5 (15 mL)	18,6829	33,7083	18,6927	0,0652	0,49
	6 (15 mL)	20,5958	35,5275	20,606	0,0683	0,51
moyenne					0,057	0,509

Figure 18 : Masses obtenues de la boisson de ciste (2)

Les résultats traités dans cette section ne seront pas détaillés, ces cendres étant seulement utilisées afin d'obtenir une masse suffisante pour préparer une solution à analyser.

C. Les minéraux

Pour nos résultats, nous avons différencié les résultats produits par le logiciel **Syngistix** (précision maximale) et les résultats calculés par nos soins (tableur), afin de mettre en valeur la différence importante entre les deux méthodes. Cela nous a permis de déterminer laquelle des deux méthodes de calcul est la meilleure.

1. Le fer

Le premier minéral analysé est le fer. La droite obtenue nous permet d'obtenir des résultats justes, que nous pouvons traiter et analyser [annexe...], mais nous décidons de calculer avec le tableur afin de constater la différence (s'il y en a une) :

Dosage du fer		
[Fe] (mg/L)	A^{248,33}	a
0		
0,5	0,0151	0,0302
1	0,0362	0,0362
1,5	0,0585	0,0390
2	0,0731	0,0366
2,5	0,0868	0,0347
3	0,1173	0,0391
3,5	0,1349	0,0385

Figure 19 : Tableau des absorbances du fer

Ce tableau nous permet d'établir notre propre courbe d'étalonnage, afin de constater si les concentrations sont pareilles à celles déterminées avec le logiciel Syngistix.

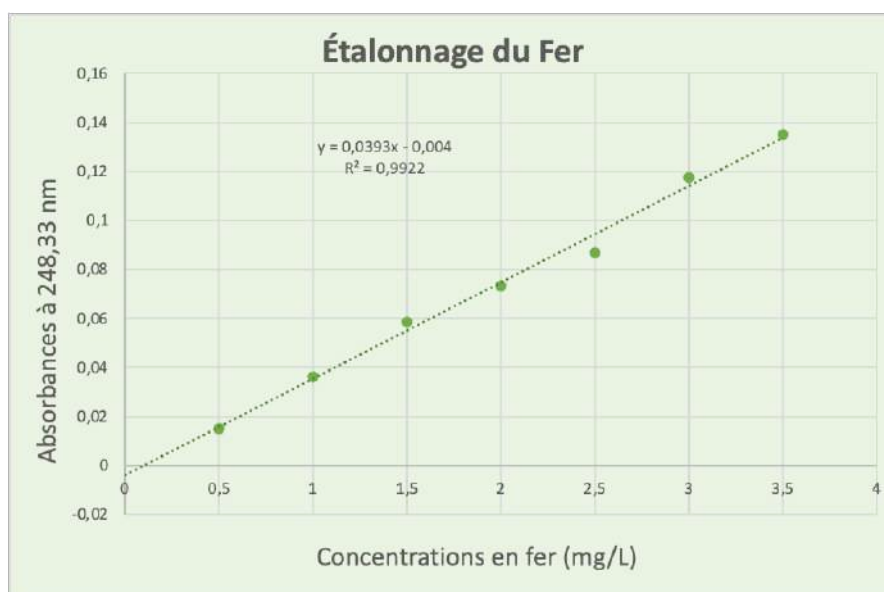


Figure 20 : Courbe d'étalonnage du fer (tableur)

	A_{248,33}	[Fe]max	[Fe]min	[Fe] (mg/L)	±
solution soja (I)	0,0395	1,308	1,010	1,159	0,149
solution soja (M)	0,0333	1,103	0,852	0,977	0,125
solution criste marine	0,0593	1,964	1,517	1,740	0,223

Figure 21 : Résultats du fer avec le tableur

Nous avons également la courbe obtenue avec le spectromètre (qui se calibre), ainsi que les concentrations déterminées par l'appareil **[annexe 2]** dont le coefficient de corrélation de la droite vaut : 0,994616.

Échantillon	Concentration (mg/L)
solution soja (I)	1,045
solution soja (M)	0,882
solution criste marine	1,572

Figure 22 : Résultats avec le spectromètre

Le spectromètre étant un appareil d'une grande précision, afin de déterminer les concentrations finales de fer dans 1L de boisson, nous utilisons les résultats ci-dessus. Les solutions à analyser ont un volume de 100 mL.

- **Concentration en fer dans la boisson de soja industriel :**

$C_{Fe} = 1,045 \text{ mg/L}$ (sans prendre en compte les dilutions)

$\rho_{si} = 1007,42 \text{ g/L}$

$m_{si} = 0,1463 \text{ g}$

$$C_{Fe} = \frac{C_{Fe} \times V_{dilution}}{V_{total}} = \frac{1,045 \times 10^{-3} \times 0,1}{20 \times 10^{-3}} = 5,225 \times 10^{-3} \text{ g/L} = 5,225 \text{ mg/L}$$

- **Concentration en fer dans 1L de boisson de soja maison :**

$C_{Fe} = 0,882 \text{ mg/L}$ (sans prendre en compte les dilutions)

$\rho_{sm} = 1005,60 \text{ g/L}$

$m_{sm} = 0,0602 \text{ g}$

$$C_{Fe} = \frac{0,882 \times 10^{-3} \times 0,1}{20 \times 10^{-3}} = 4,41 \times 10^{-3} \text{ g/L} = 4,41 \text{ mg/L}$$

- **Concentration en fer dans 1L de boisson de criste marine :**

$C_{Fe} = 1,572 \text{ mg/L}$ (sans prendre en compte les dilutions)

$\rho_{cr} = 995,61 \text{ g/L}$

$m_{cr} = 0,1218 \text{ g}$

$$C_{Fe} = \frac{1,572 \times 10^{-3} \times 0,1}{130 \times 10^{-3}} = 1,209 \times 10^{-3} \text{ g/L} = 1,209 \text{ mg/L}$$

2. Le calcium

Le second minéral analysé est le calcium. La droite obtenue nous permet d'obtenir des résultats justes, que nous pouvons traiter et analyser **[annexe 3]**.

Nous réalisons nous-même la courbe d'étalonnage de l'absorbance en fonction de sa concentration en calcium, sur un tableur afin de comparer les résultats avec ceux calculés par le spectromètre.

Dosage du calcium		
[Ca] (mg/L)	A_{422,67}	a
0		
0,5	0,0277	0,055400
1	0,0644	0,064400
1,5	0,0922	0,061467
2	0,1097	0,054850
2,5	0,1499	0,059960
3	0,1881	0,062700

Figure 23 : Tableau des absorbances du calcium

Nous avons donc la courbe obtenue avec le spectromètre (qui se calibre), ainsi que les concentrations déterminées par l'appareil. Le coefficient de corrélation de la courbe du calcium obtenu avec les données du spectromètre est de 0,993834. Cela est permis grâce au calibrage effectué entre chacune des mesures. Nous obtenons les résultats suivants :

Échantillon	Concentration (mg/L)
criste marine	50,80
soja industriel	49,02
criste marine à 1/10	32,98
criste marine à 1/100	5,100
soja industriel à 1/100	4,162
soja maison à 1/100	4,228
criste marine à 1/200	2,137
soja industriel à 1/200	1,808
soja maison à 1/200	1,940

Figure 24 : Résultats avec le spectromètre

Nous avons dû diluer plusieurs fois nos solutions à analyser étant donné qu'elles ne rentraient pas dans l'intervalle de la gamme étalon. Une première dilution au 10^e a été faite, puis une au 100^e et finalement une au 200^e.

Les concentrations en calcium dans nos échantillons sont de 2,137 mg/L pour la criste marine, 1,808 mg/L pour le soja industriel et 1,940 mg/L pour le soja maison. Nous utilisons ces résultats afin de calculer les concentrations en calcium sans les dilutions.

Le spectromètre étant un appareil d'une grande précision, afin de déterminer les concentrations finales de calcium dans 1L de boisson, nous utilisons les résultats ci-dessus. Les solutions à analyser ont un volume de 100 mL, et ont ensuite été diluées au 200^e.

- **Concentration en calcium dans 1L de boisson de soja industriel :**

$C_{Ca} = 1,808 \text{ mg/L}$ (sans prendre en compte les dilutions)

$\rho_{si} = 1007,42 \text{ g/L}$

$m_{si} = 0,1463 \text{ g}$

$$C_{Ca} = \frac{1,808 \times 10^{-3} \times 0,1 \times 0,2}{20 \times 10^{-3}} = 1,81 \times 10^{-3} \text{ g/L} = 1,81 \text{ mg/L}$$

- **Concentration en calcium dans 1L de boisson de soja maison :**

$C_{Ca} = 1,940 \text{ mg/L}$ (sans prendre en compte les dilutions)

$\rho_{sm} = 1005,60 \text{ g/L}$

$m_{sm} = 0,0602 \text{ g}$

$$C_{Ca} = \frac{1,940 \times 10^{-3} \times 0,1 \times 0,2}{20 \times 10^{-3}} = 1,94 \times 10^{-3} \text{ g/L} = 1,94 \text{ mg/L}$$

- **Concentration en calcium dans 1L de boisson de soja industriel :**

$C_{Ca} = 2,137 \text{ mg/L}$ (sans prendre en compte les dilutions)

$\rho_{cr} = 995,61 \text{ g/L}$

$m_{cr} = 0,1218 \text{ g}$

$$C_{Ca} = \frac{2,137 \times 10^{-3} \times 0,1 \times 0,2}{130 \times 10^{-3}} = 3,29 \times 10^{-4} \text{ g/L} = 0,329 \text{ mg/L}$$

3. Le magnésium

Le troisième minéral analysé est le magnésium. La droite obtenue nous permet d'obtenir des résultats justes, que nous pouvons traiter et analyser [annexe 4]. Ces résultats seront traités dans un second temps.

La gamme étalon réalisée pour doser le magnésium nous permet après analyse par spectrophotométrie à absorption atomique d'obtenir les résultats suivants :

Dosage du magnésium		
[Mg] (mg/L)	A^{285,21}	a
0		
0,05	0,034	0,680000
0,1	0,0464	0,464000
0,15	0,0827	0,551333
0,2	0,1376	0,688000
0,25	0,1558	0,623200
0,3	0,1762	0,587333

Figure 25 : Tableau des absorbances du magnésium

Le coefficient de corrélation de la courbe du magnésium [annexe 4] obtenu avec les données du spectromètre et par le dispositif est de 0,981327. Cette valeur précise est obtenue grâce au calibrage effectué entre chacune des mesures. Tout comme pour le calcium et le fer, les résultats obtenus par tableur sont moins précis et donc non représentés dans cette synthèse.

Nous avons également mesuré l'absorbance de nos solutions à base de criste et de soja pour quantifier la concentration en magnésium dans chacune.

Échantillon	Concentration (mg/L)
solution soja (I)	0,123
solution soja (M)	0,038
solution criste marine	0,135

Figure 26 : Résultats avec le spectromètre

Nous utilisons ces résultats pour calculer nos concentrations finales en magnésium dans les boissons respectives.

- **Concentration en magnésium dans 1 L de boisson de soja industriel :**

$$C_{Mg} = 0,123 \text{ mg/L}$$

$$\rho_{si} = 1007,42 \text{ g/L}$$

$$m_{si} = 0,1463 \text{ g}$$

$$C_{Mg} = \frac{0,123 \times 10^{-3} \times 0,1}{20 \times 10^{-3}} = 1,23 \times 10^{-4} \text{ g/L} = 0,123 \text{ mg/L}$$

- **Concentration en magnésium dans 1 L de boisson de soja maison :**

$$C_{Mg} = 0,038 \text{ mg/L}$$

$$\rho_{si} = 1005,60 \text{ g/L}$$

$$m_{si} = 0,0602 \text{ g}$$

$$C_{Mg} = \frac{0,038 \times 10^{-3} \times 0,1}{20 \times 10^{-3}} = 0,38 \times 10^{-4} \text{ g/L} = 0,038 \text{ mg/L}$$

- **Concentration en magnésium dans 1 L de boisson de criste marine :**

$$C_{Mg} = 0,135 \text{ mg/L}$$

$$\rho_{si} = 995,61 \text{ g/L}$$

$$m_{si} = 0,1218 \text{ g}$$

$$C_{Mg} = \frac{0,135 \times 10^{-3} \times 0,1}{130 \times 10^{-3}} = 0,21 \times 10^{-4} \text{ g/L} = 0,021 \text{ mg/L}$$

IV. DISCUSSION

A. La boisson de soja

Nous avons réalisé des analyses sur la boisson de soja industrielle, dont les graines ont été achetées dans le commerce, afin de comparer les concentrations en minéraux obtenus avec celles qu'on trouve sur le packaging des laits commerciaux. Cette comparaison nous a permis de vérifier si notre technique d'extraction pouvait être validée et donc si nos résultats pouvaient être considérés comme exploitables.

La boisson de soja maison que nous avons analysée nous a permis de comparer les propriétés minérales d'une boisson de soja et d'une boisson de criste. Nous avons réalisé cette comparaison afin de déterminer si la boisson végétale de criste pouvait être plus ou tout aussi intéressante que celle de soja.

B. Analyse sensorielle

Pour donner suite à la dégustation réalisée avec la boisson végétale de criste, il en est ressorti globalement que la boisson fabriquée possède un goût amer très prononcé, dérangeant pour la plupart des consommateurs. Ils en ont donc conclu que la boisson brute, sans amélioration, n'est pas une boisson qu'ils consommeraient avec plaisir. Toutefois, tous s'accordent pour dire que la sensation de fraîcheur en fin de dégustation et le goût iodé de la criste peuvent se révéler être intéressants à exploiter.

En agroalimentaire, l'objectif principal est de réaliser un produit qui plaît au consommateur. Notre produit ne répondant pas à ce critère, nous avons cherché des idées pour améliorer la boisson brute. L'idée qui nous est naturellement venue à l'esprit est d'ajouter du sucre dans la boisson. En effet, dans les recettes de boissons végétales qu'il est possible de trouver dans les livres ou sur internet, il est conseillé de rajouter du sucre dans les préparations pour adoucir la boisson et donner un goût sucré qui plaît généralement aux consommateurs. De plus, dans notre cas, la boisson à base de criste est très amère, et ajouter du sucre ou un édulcorant est très utilisé en cuisine notamment pour adoucir l'amertume. Nous avons également pensé à mélanger la boisson de criste avec des jus de fruits ou des purées de fruits pour mettre en valeur le goût de la criste tout en l'améliorant. Le goût iodé de la criste pourrait aussi se marier avec des légumes dans une soupe. L'arrière-goût déplaisant est causé par une molécule qui pourrait également être identifiée puis retirée.

De plus, il est ressorti de la dégustation que la boisson de criste est particulièrement liquide, s'apparentant à la viscosité de l'eau. L'idée pour améliorer ce critère pourrait être d'ajouter des additifs alimentaires afin d'obtenir une boisson moins liquide. Parmi ces additifs, nous retrouvons les mucilages, la gomme xanthane, ou encore l'algue *Lithothamnium calcareum*.

Par manque de temps, nous n'avons pas pu réaliser ces idées d'amélioration, et donc pas de tests d'analyse sensorielle non plus.

Si le côté gustatif du produit n'a pas pu aboutir pour le projet de cette année, toutes les idées émises peuvent servir de support pour les projets futurs.

C. Les analyses

1. Les cendres

Les pesées des cendres après chaque passage au bain-marie, à l'étuve et au four, nous avons pu calculer la concentration en matière organique pour chaque boisson étudiée, et nous obtenons finalement les résultats suivants :

	Boisson industrielle de soja	Boisson de soja maison	Boisson de criste
C (g/L)	3,22	3,665	0,59

Figure 27 : Concentrations en cendres

Nous pouvons remarquer que la boisson à base de criste marine a la plus faible concentration en matière organique, et cette différence avec les deux autres boissons est considérable.

Nous pouvons émettre deux hypothèses pour justifier cette différence :

- les graines de criste marine contiennent réellement moins de matière organique (minéraux principalement),
- l'extraction des graines de criste marine pour faire la boisson végétale n'est pas la méthode idéale à employer.

Effectivement, nous avons utilisé une méthode idéale pour le soja qui peut ne pas l'être pour la criste marine.

Les calculs des masses volumiques nous permettent de constater et confirmer que la criste est moins riche en matière organique (995,61 g/L), la sienne étant inférieure aux masses volumiques des boissons de soja. Ces dernières étant proches (1007,42 g/L et 1005,60 g/L) elles confirment que l'extraction lors de la synthèse de la boisson de soja maison a été effectuée correctement.

Les deux hypothèses émises précédemment restent donc probables.

2. Le fer

Nous utilisons la courbe et donc les résultats produits par le spectromètre car ils sont bien plus précis que calculés à l'aide d'un tableur. Comparer les résultats des deux méthodes nous a permis de constater l'extrême précision de la spectrométrie d'absorption atomique et du logiciel. Nous avons fait de même pour les deux autres analytes.

La courbe d'étalonnage du fer est linéaire, seulement le point (2,5 ; 0,0868) est légèrement bas. Les résultats obtenus grâce à la gamme étalon sont donc fiables.

Les concentrations en fer obtenues dans 1L de chacune des boissons sont les suivantes (rappel) :

- 5,225 mg de fer/L de boisson de soja industriel
- 4,410 mg de fer/L de boisson de soja maison
- 1,209 mg de fer/L de boisson de criste marine

La criste marine sous forme de plante a une concentration de 1,7 mg/100g. Nous avons préparé les boissons à partir de 100g de graines, c'est pourquoi nous pouvons comparer directement nos résultats. La diminution est donc de 0,491 ; ce qui est peu. Nous pouvons déduire deux hypothèses, premièrement que l'extraction a eu un impact léger sur le taux de fer, et ensuite que les graines de criste contiennent la part la plus importante de fer de la plante. Pour confirmer cette hypothèse, il faudrait analyser séparément les tiges et les feuilles.

Ces résultats sont encourageants, du point de vue du fer, les graines de criste marine sont toujours en défaut car la concentration est peu importante, mais elle a peu diminué.

De plus, la différence entre les taux de fer dans les boissons de soja et celle de criste marine est présente, mais pas effarante. Avec un ajout de fer dans un produit alimentaire exploitant les graines, sa consommation pourrait être bénéfique si régulière. Dans le cas contraire, le taux en fer n'est pas problématique car le produit ne serait pas la seule source de fer pour le corps.

3. Le calcium

La courbe d'étalonnage du calcium est linéaire, seulement le point (2 ; 0,1097) est légèrement bas. Les résultats obtenus grâce à la gamme étalon sont donc fiables.

Les concentrations en calcium obtenues dans 1L de chacune des boissons sont les suivantes (rappel) :

- 1,81 mg de calcium/L de boisson de soja industriel
- 1,94 mg de calcium/L de boisson de soja maison
- 0,329 mg de calcium/L de boisson de criste marine

La criste marine sous forme de matière fraîche a une concentration en calcium de 1009,1 mg pour 100g. Nous avons utilisé la même masse pour produire la boisson, et nous avons une concentration de 0,329 mg de calcium pour un litre de boisson à 1/10e. Nous pouvons émettre l'hypothèse que l'extraction a eu un impact, ayant sans doute entraîné la perte de minéraux. Néanmoins, la quantité perdue étant très importante (1008,771 g/L), nous pouvons également penser que les graines contiennent bien moins de calcium que les feuilles et les tiges de la plante. Il serait intéressant d'analyser ces parties séparément afin de s'en assurer. Sans doute pourraient-elles également constituer un produit intéressant avec des taux de calcium attractifs.

Néanmoins, cette quantité est difficilement appréciable et un apport quotidien de calcium n'est pas envisageable, tout en incluant qu'il doit être digéré de façon efficace par l'organisme. Cela est également une piste à développer, seulement les outils et appareils disponibles à l'IUT ne seront sans doute pas suffisants.

Les graines de criste ont un apport en calcium insuffisant, faisant de leur attractivité première, lorsqu'elles ne sont pas modifiées, la valeur nutritionnelle, un facteur ne pouvant influencer son essor dans l'industrie agroalimentaire.

4. Le magnésium

La courbe d'étalonnage n'est pas linéaire, nous avons tout de même un coefficient de corrélation de 0,981327. Elle est utilisable afin de calculer les concentrations, seulement les résultats obtenus ne sont pas considérés comme d'une précision élevée.

Les concentrations en magnésium obtenues dans 1L de chacune des boissons sont les suivantes (rappel) :

- 0,123 mg de magnésium/L de boisson de soja industriel
- 0,038 mg de magnésium/L de boisson de soja maison
- 0,021 mg de magnésium/L de boisson de criste marine

Dans sa forme initiale, la criste marine a un taux de magnésium de 85,7 mg pour 100g de plantes. Nous obtenons une concentration de 0,021 mg/L de boisson, en partant de la même masse. La diminution (85,679 g/L) est considérable, et tout comme pour le calcium, nous pouvons émettre l'hypothèse d'une extraction qui impacte ce taux en

le diminuant, et/ou que les graines de criste contiennent la part la plus importante de magnésium de la plante.

Les concentrations que nous trouvons sont très faibles dans nos trois boissons mais néanmoins comparables. En effet, ces trois valeurs étant proches, nous pouvons facilement comparer les boissons du point de vue de leur concentration en magnésium. Nous pouvons donc supposer que le magnésium n'est pas un élément essentiel à retrouver dans une boisson végétale.

D. Mise en commun

Finalement, d'après les résultats obtenus, l'objectif d'une boisson à base de criste riche en calcium n'est pas atteint. En effet, la concentration obtenue est environ 3000 fois plus petite que celle attendue, en faisant référence aux concentrations obtenues les années précédentes [11]. Néanmoins, la concentration en fer est intéressante, la recette utilisée a permis d'obtenir une teneur similaire à celle mesurée pour la plante fraîche. En revanche, les résultats démontrent une diminution assez importante de la concentration de magnésium pour la boisson, toutefois elle reste similaire aux concentrations de ce minéral dans les boissons végétales qu'il est possible de trouver dans le commerce. Le magnésium n'est donc pas l'élément essentiel de ce type de boisson d'une manière générale. Une concentration élevée en magnésium aurait permis de rendre la boisson compétitive justement car ce n'est pas une propriété des produits similaires.

Une boisson végétale de criste est donc un projet intéressant, mais nécessite davantage d'analyses comme nous avons pu le suggérer précédemment, afin de vérifier si les faibles concentrations obtenues résultent réellement d'un problème d'extraction ou de composition de la plante. Ainsi l'idéal serait que des projets futurs permettent d'obtenir un lait davantage riche en calcium et en magnésium, ce dernier contenant déjà du fer. Toutefois, si seul le problème du calcium était résolu, il y aurait possibilité d'améliorer nutritivement la boisson en ajoutant directement du magnésium en complément, comme il est possible de trouver dans bon nombre de boissons végétales du commerce. Un produit brut comme celui-ci ne peut pour l'instant pas faire office de substitut au lait animal.

V. CONCLUSION

Finalement, ce projet nous a permis de réfléchir à l'élaboration d'un produit alimentaire, recherche fréquente dans l'industrie alimentaire, qui s'intéresse continuellement à la conception et l'amélioration de nouveaux produits. L'idée d'une boisson végétale à base de criste est intéressante mais nos expériences ont démontré que la recette n'est pas encore aboutie.

En effet, les qualités organoleptiques de notre boisson de criste ne sont pas réellement satisfaisantes pour le moment mais sont prometteuses. La quantification des minéraux calcium, magnésium et fer vérifie que la boisson n'est pour l'instant pas aussi intéressante nutritionnellement qu'une boisson végétale du commerce ou que le lait animal. Les hypothèses émises sur les problèmes que nous avons rencontrés au cours de ce projet nous permettent de penser qu'une boisson végétale de criste peut être mise au point si les années futures continuent les analyses et testent des améliorations.

L'analyse sensorielle a révélé l'intérêt d'un descripteur dans la flaveur de la boisson, apportant de la fraîcheur, mais également un arrière-goût dont il est difficile de se défaire. Les pistes évoquées pourront être développées dans le futur, afin de finalement obtenir un produit consommable, avec une texture, une flaveur et un aspect attrayants.

Enfin, nous pouvons affirmer personnellement que ce projet nous a permis de connaître une nouvelle plante, comestible et aux nombreuses propriétés thérapeutiques, dont nous ignorions l'existence il y a peu tandis qu'elle pousse sur les côtes de La Rochelle. Nous pouvons ajouter que bien qu'étudiant les industries agroalimentaires, la mise en place d'un projet de production nous a permis de nous intéresser plus précisément à cette filière, à la compétitivité de son milieu et aux enjeux la concernant. En effet, à l'aube d'une troisième révolution agricole due aux conditions environnementales, l'industrie agroalimentaire en est impactée et doit constamment innover afin de convenir aux différents consommateurs. Les recherches menées sur l'alimentation à notre époque influencent cette industrie, et ce projet nous a permis de découvrir l'importance de créer des produits en accord avec les idées en régimes alimentaires de consommateurs souhaitant veiller à leur santé.

Nous remercions Mme Schoen pour cette découverte de la criste marine, ayant permis de nous sensibiliser aux enjeux environnementaux, et de mieux percevoir l'industrie agroalimentaire, ainsi que de nous avoir suivies dans ce projet.

Nous remercions M. Marsh d'avoir pris de son temps afin de nous permettre de réaliser l'intégralité de nos analyses, de nous expliquer les notions nécessaires à leur réalisation et à leur compréhension. Son accompagnement a été essentiel au cours de ce projet.

Nous remercions également M. Rezzoug et M. Dautriat de nous avoir permis l'accès à la halle technologique de l'IUT Génie Biologique de La Rochelle.

VI. BIBLIOGRAPHIE

- [1] BioLit. Criste marine - Crithmum maritimum ou fenouil marin (2014) [Mise en page 1 \(biolit.fr\)](#)
- [2] Coiffard, Laurence. Aperçu historique sur l'utilisation médicinale et alimentaire du crithme maritime. Revue d'histoire de la pharmacie, 79^e année, n°290, 1991. pp. 313-317. DOI : <https://doi.org/10.3406/pharm.1991.3192>
- [3] Méristème, association. Valorisation de plantes locales. [Nos connaissances sur la Valorisation | Association Méristème \(association-meristeme.com\)](#)
- [4] Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES). Alimentation humaine et nutrition, Les minéraux. <https://www.anses.fr/fr/content/les-mineraux>
- [5] Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES). Alimentation humaine et nutrition, Le fer. <https://www.anses.fr/fr/content/le-fer>
- [6] Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES). Alimentation humaine et nutrition, Le calcium. <https://www.anses.fr/fr/content/le-calcium>
- [7] J-M Lecerf, C. Fressin. Nutritional aspects of soyfoods, Volume 9, Issue 3, Pages 137-144 (1995). DOI : [https://doi.org/10.1016/S0985-0562\(05\)80091-3](https://doi.org/10.1016/S0985-0562(05)80091-3)

[8] U.S Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Food Data Central, calcium. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/>

[9] Projet tutoré : Rédigé

par T. Charbonnaud, K. Dulac, C. Frugier, M. Moulière, S. Pelet, A. Quesnot, S. Raffaud : Valorisation de la criste marine en agro-alimentaire. (2020)

[10] Projet tutoré : Rédigé

par Y. Garancher, A. Graciet, M. Chemin, C. Marra, L. Boric, S. Navarro-Cano, Création d'un produit cosmétique à base de criste marine. (2021)

[11] Projet tutoré : Rédigé

par M. Delhoume, A. Drouart, T. Escoubet, E. Gouraud, L. Huot, T. Morillon, A. Tasserit : Valorisation de la criste marine en agro-alimentaire. (2020)

[12] Drs Rossant, Composition des laits végétaux et animaux, Tableau comparatif, 11 mai 2015, [composition des laits végétaux et animaux | leblogdevotreenfant \(wordpress.com\)](https://leblogdevotreenfant.wordpress.com/composition-des-laits-vegetaux-et-animaux/)

[13] Evelyne et Elodie, nutritionnistes de l'hôpital de Laval (Québec). Quelle boisson végétale choisir ? (2018) [tableau comparatif boissons végétales \(macuisinesante.com\)](https://macuisinesante.com/tableau-comparatif-boissons-vegetales/)

[14] Dr. Stein, Jürgen. Guide de l'intolérance au lactose (2006) [guide-intolerance-au-lactose.pdf \(minu.sl.fr\)](https://minu.sl.fr/guide-intolerance-au-lactose.pdf)

[15] Lefebvre, Camille, Zubiria, Léa. Qu'est ce que le lactose ? Tout savoir sur ce glucide. [Le lactose : un glucide composé de glucose et de galactose \(passeportsante.net\)](https://passeportsante.net/Le-lactose-un-glucide-compose-de-glucose-et-de-galactose/)

[16] Bertrand Clémence, Lait Végétal : Avantages, Inconvénients Et Caractéristiques (2021). [Lait végétal : avantages, inconvénients et caractéristiques \(wizzz.fr\)](https://wizzz.fr/lait-vegetal-avantages-inconvenients-et-caracteristiques/)

[17] Camila Benedetti Penha, Vinícius De Paola Santos, Paula Speranza Louise, Emy Kurozawa. Boissons d'origine végétale : des technologies respectueuses de l'environnement dans le processus de production (2021). [Boissons d'origine végétale : des technologies respectueuses de l'environnement dans le processus de production - ScienceDirect \(univ-lr.fr\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926641021002760)

DOI : <https://doi-org.gutenberg.univ-lr.fr/10.1016/j.ifset.2021.102760>

[18] Lait végétal fait maison (2019) [Lait végétal fait maison : 5 recettes gourmandes et naturelles \(mieux-vivre-autrement.com\)](https://mieux-vivre-autrement.com/lait-vegetal-fait-maison-5-recettes-gourmandes-et-naturelles/)

- [19] Comment faire du lait de lin : préparation et avantages - Lait végétal maison. [Comment faire du lait de lin : préparation et avantages - Lait végétal maison \(laitvegetal.fr\)](http://laitvegetal.fr)
- [20] Le chameau bleau, Lait de soja fait maison, <https://lechameaubleu.fr/cuisine/lait-de-soja-fait-maison/>
- [21] Jujube en cuisine, Laits végétaux maison, [Comment faire son lait végétal maison | Jujube en cuisine \(jujube-en-cuisine.fr\)](http://jujube-en-cuisine.fr) (2016)
- [22] Guide to Quality in Analytical Chemistry, 2002
- [23] G. Charlot, I 61. Les méthodes de la chimie analytique. Masson, 1024 p.
- [24] A. Clément, C. Nys. Comparaison de deux techniques spectrométriques d'analyse du calcium dans les végétaux. Mise en évidence de l'effet d'interférence du phosphore sur les résultats obtenus. Annales des sciences forestières, INRA/EDP Sciences, 1975, 32 (3), pp.169-174. 10.1051/forest/19750304.hal-00882123
- [25] A. Clément, Principes et méthodes d'analyses des macroéléments et microéléments dans les échantillons foliaires, 1971. 32 p. (Tirage intérieur).
- [26] M. Pinta, et al. Spectrométrie d'absorption atomique, 1971. 2 tomes, Masson, 793 p.
- [27] D. Sciowitz, Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes, 196. Flammarion.

VII. ANNEXES

ANNEXE 1

NOM :
Prénom :

Analyse sensorielle : produit de projet tutoré

Nous allons vous faire goûter le produit que nous avons préparé pour notre projet tutoré, valorisant et visant à utiliser une ressource naturelle, intéressante par sa quantité en minéraux. Dans un premier temps, nous vous demanderons de nous dire ce que vous pensez de son aspect sans goûter, puis d'être très précis concernant la flaveur du produit. Peut-être que cela vous rappellera des souvenirs ou vous fera penser à quelque chose que vous connaissez, n'hésitez pas à détailler un maximum vos réponses.

Les réponses à ce questionnaire seront utilisées dans la synthèse de notre projet tutoré afin de décrire le plus précisément notre produit.

- Le produit vous donne-t-il envie ? (couleur, aspect...)
- Pensez-vous que vous allez aimer le produit ? Pourquoi ?

Caractérisation de l'échantillon :

- Aspect (couleur détaillée) :
- Odeur :
- Texture :
- Flaveur :
- Quel est le goût que vous avez en bouche après quelques minutes (sans se rincer la bouche) ?
- Décrivez un souvenir ou paysage que le produit (odeur, flaveur ou autre) vous évoque :
- Terme hédonique : Avez-vous aimé le produit ? Décrivez ce que vous avez apprécié et ce que vous n'avez pas apprécié.

ANNEXE 2



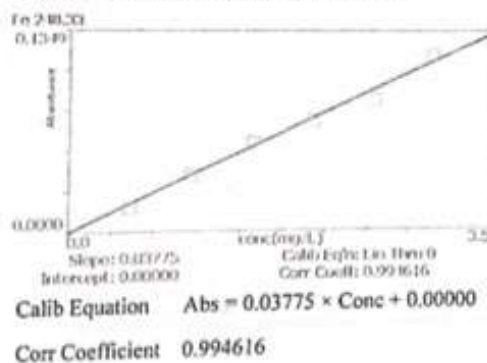
Syngistix for AA Express
Atomic Absorption Spectrometer

Method 18/03/2022 14:43:12

Fe_TM_2020

Technique Flame
Element Fe
Wavelength 248.33 nm
Slit 0.2 nm
Signal Type Atomic Absorption
Signal Measurement Time Average
Acetylene Flow 2.50 L/min
Oxidant Flow 10.00 L/min
Oxidant Type Air

Calibration 18/03/2022 14:47:43



Results

Sample	Dilution Factor	Mean Conc.	Conc. Unit	Mean BlnkCorrSignal	SD	RSD %	Analysis Time
0		[0.00]	mg/L	0.0097	0.0005	4.84	18/03/2022 14:45:01
1		[0.5]	mg/L	0.0151	0.0016	10.26	18/03/2022 14:45:30
2		[1.0]	mg/L	0.0362	0.0017	4.68	18/03/2022 14:45:51
3		[1.5]	mg/L	0.0585	0.0131	22.36	18/03/2022 14:46:12
4		[2.0]	mg/L	0.0731	0.0073	9.99	18/03/2022 14:46:33
5		[2.5]	mg/L	0.0868	0.0213	24.59	18/03/2022 14:46:54
6		[3.0]	mg/L	0.1173	0.0150	12.77	18/03/2022 14:47:13
7		[3.5]	mg/L	0.1349	0.0293	21.71	18/03/2022 14:47:33
Sample001	1.000	1.572	mg/L	0.0593	0.0145	0.92	18/03/2022 14:48:08
Sample002	1.000	1.045	mg/L	0.0395	0.0759	7.26	18/03/2022 14:48:30
Sample003	1.000	0.882	mg/L	0.0333	0.0798	9.05	18/03/2022 14:48:49

Analyst: Morgane Messager

Date: 18/03/2022 14:49:34

Page 1 of 1

ANNEXE 3



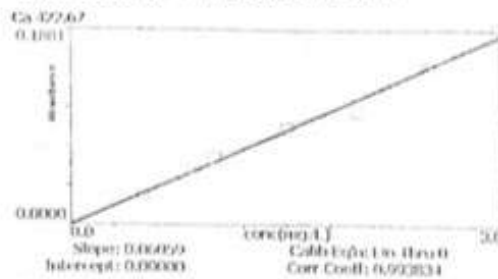
Syngistix for AA Express
Atomic Absorption Spectrometer

Method 10/03/2022 15:14:45

Calcium TM

Technique Flame
Element Ca
Wavelength 422.67 nm
Slit 0.7 nm
Signal Type Atomic Absorption
Signal Measurement Time Average
Acetylene Flow 2.70 L/min
Oxidant Flow 10.00 L/min
Oxidant Type Air

Calibration 21/03/2022 15:11:55



Calib Equation Abs = 0.06059 × Conc + 0.00000

Corr Coefficient 0.993834

Results

	Sample	Dilution Factor	Mean Conc.	Conc. Unit	Mean BlnkCorrSignal.	SD	RSD %	Analysis Time
	0		[0.00]	mg/L	0.0370	0.0023	6.26	21/03/2022 15:08:52
	1		[0.5]	mg/L	0.0277	0.0015	5.43	21/03/2022 15:09:26
	2		[1]	mg/L	0.0644	0.0042	6.56	21/03/2022 15:09:54
	3		[1.5]	mg/L	0.0922	0.0023	2.49	21/03/2022 15:10:17
	4		[2]	mg/L	0.1097	0.0208	18.98	21/03/2022 15:10:40
	5							21/03/2022 15:10:59
	5		[2.5]	mg/L	0.1499	0.0017	1.17	21/03/2022 15:11:10
	6		[3]	mg/L	0.1881	0.0134	7.10	21/03/2022 15:11:44
CR	Sample001	1.000	50.80	mg/L	3.0778	2.671	5.26	21/03/2022 15:12:30
LI	Sample002	1.000	49.02	mg/L	2.9700	2.014	4.11	21/03/2022 15:13:53
CR 1/10	Sample003	1.000	32.98	mg/L	1.9981	0.045	0.14	21/03/2022 15:17:13
CR 1/100	Sample004	1.000	5.100	mg/L	0.3090	0.0177	0.35	21/03/2022 15:23:02

Attachment

21/03/2022 15:26:11

Page 1 of 2

	Sample	Dilution Factor	Mean Conc.	Conc. Unit	Mean BlkCorrSignal	SD	RSD %	Analysis Time
Si 1/100	Sample005	1.000	4.162	mg/L	0.2522	0.0563	1.35	21/03/2022 15:25:33
SM 1/100	Sample006	1.000	4.228	mg/L	0.2562	0.0162	0.38	21/03/2022 15:26:14
Ca 1/100	Sample007	1.000	2.137	mg/L	0.1295	0.0087	0.41	21/03/2022 15:33:32
Si 1/200	Sample008	1.000	1.808	mg/L	0.1096	0.0135	0.75	21/03/2022 15:34:43
SM 1/200	Sample009	1.000	1.940	mg/L	0.1175	0.0156	0.80	21/03/2022 15:36:06

ANNEXE 4



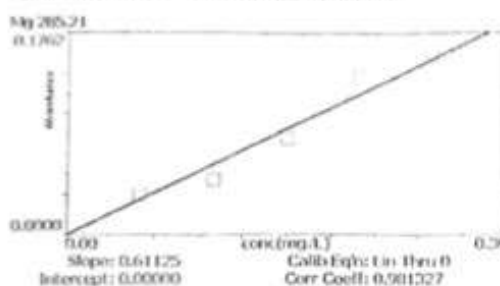
Syngistix for AA Express
Atomic Absorption Spectrometer

Method 10/03/2022 15:40:24

magnésium

Technique Flame
Element Mg
Wavelength 285.21 nm
Slit 0.7 nm
Signal Type Atomic Absorption
Signal Measurement Time Average
Acetylene Flow 2.50 L/min
Oxidant Flow 10.00 L/min
Oxidant Type Air

Calibration 21/03/2022 15:45:09



Calib Equation $Abs = 0.61125 \times Conc + 0.00000$

Corr Coefficient 0.981327

Results

Sample	Dilution Factor	Mean Conc.	Conc. Unit	Mean BlnkCorrSignal.	SD	RSD %	Analysis Time
blanc		[0.00]	mg/L	0.0414	0.0037	9.01	21/03/2022 15:41:59
1		[0.05]	mg/L	0.0340	0.0005	1.56	21/03/2022 15:42:38
2		[0.1]	mg/L	0.0464	0.0169	36.32	21/03/2022 15:43:05
3		[0.15]	mg/L	0.0827	0.0263	31.80	21/03/2022 15:43:35
4		[0.20]	mg/L	0.1376	0.0005	0.40	21/03/2022 15:44:10
5		[0.25]	mg/L	0.1558	0.0283	18.16	21/03/2022 15:44:34
6		[0.3]	mg/L	0.1762	0.0268	15.22	21/03/2022 15:44:58
Sample010	1.000	0.135	mg/L	0.0826	0.0014	1.03	21/03/2022 15:45:38
Sample011	1.000	0.123	mg/L	0.0752	0.0270	21.97	21/03/2022 15:46:02
Sample012	1.000	0.038	mg/L	0.0232	0.0698	184.21	21/03/2022 15:46:23