Hes·so VALAIS WALLIS
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale
Fachhochschule Westschweiz
University of Applied Sciences Western Switzerland

Domaine Sciences de l'ingénieur
Rte du Rawyl 47
CH- 1950 Sion 2
Tél. +41 27 606 85 11
Fax +41 27 606 85 75
info@hevs.ch

www.hevs.ch

Filière Technologies du vivant

Orientation Technologie alimentaire

Diplôme 2008

Simon Bourguet

Mesure des énergies subtiles avant et après traitement technologique de fruits et de légumes à l'aide du système Bioscope

Professeur Esther Schmitt

Expert Alexandre Cotting

Sion, le 21 novembre 2008

HES-SO Valais

SI	TV	EE	IG	EST
X	X			

Données du travail de diplôme
Daten der Diplomarbeit

FO 1.2.02.07.DB
mam/30/06/2008

Confidentiel / *Vertraulich* ☐ oui / ja ☒ non / nein

☐ FSI ☒ FTV	Année académique / *Studienjahr* **2007/2008**	No PS / *Nr. PS* **ta/2008/41**
Mandant / *Auftraggeber* ☒ HES—SO Valais ☐ Industrie ☐ Ecole hôte	Etudiant / *Student* **Simon Bourguet**	Lieu d'exécution / *Ausführungsort* ☒ HES—SO Valais ☐ Industrie ☐ Ecole hôte
Professeur / *Dozent* **Esther Schmitt**	Expert / *Experte* *(données complètes)* **Alexandre Cotting** Project Manager RFID Center TechnoArk 3, 3960 Sierre	

Titre / *Titel*

Mesure des énergies subtiles avant et après traitement technologique de fruits et légumes à l'aide du système Bioscope

Description et Objectifs / *Beschreibung und Ziele*

Jusqu'à ce jour, il existe très peu de méthodes permettant d'enregistrer les caractéristiques globales d'une eau, d'un aliment ou encore d'un extrait de plantes. L'entreprise Sonoscope SA a mis au point un système de mesure qui enregistre les phénomènes d'énergies subtiles qui interviennent dans tous les systèmes vivants et permettent ainsi de caractériser leur vitalité.

Durant le travail de diplôme, des fruits et légumes seront mesurés à l'aide de l'appareil Bioscope — avant et après traitement technologique — dans le but de déceler de probables pertes de « vitalité ».

Les points suivants doivent être traités dans le cadre du travail de diplôme :

- recherche de littérature — spécialement sur l'impédance — en vue de systèmes biologiques
- mesure de différentes eaux pour tester la nouvelle génération d'appareil et la répétabilité des mesures
- production pilote de jus et de conserves de fruits et/ou légumes
- mesures comparatives entre des produits frais et des produits ayant subi un traitement technologique
- proposition d'un plan de validation de la méthode Bioscope.

Signature ou visa / *Unterschrift oder Visum*	Délais / *Termine*
Resp. de filière *Studiengangsleiter:*	Attribution du thème / *Ausgabe des Auftrags:* 01.09.2008
Etudiant/Student:	Remise du rapport / *Abgabe des Schlussberichts:* 21.11.2008 — 12.00
	Exposition publique / *Ausstellung Diplomarbeiten:* 28.11.2008
	Défense orale / *Mündliche Verfechtung:* semaine/Woche 49

Rapport reçu le / *Schlussbericht erhalten am* ..... Visa du secrétariat / *Visum des Sekretariats* .....

Mesure des énergies subtiles avant et après traitement technologique de fruits et de légumes à l'aide du système Bioscope

Objectifs

Jusqu'à ce jour, il existe très peu de méthodes permettant d'enregistrer les caractéristiques globales d'une eau, d'un aliment ou encore d'un extrait de plante. Une méthode existante, la cristallisation par chlorure de cuivre, permet de mettre en évidence les énergies subtiles d'un aliment mais elle demande des infrastructures importantes. Une alternative à cette méthode existante est l'appareil développé par l'entreprise Sonoscope SA qui mesure et enregistre les énergies subtiles existant dans les systèmes biologiques.

Le but de ce travail est de produire des jus de fruits et/ou légumes et d'effectuer des mesures comparatives entre les produits frais et ces mêmes produits ayant subi un traitement technologique dans le but de déceler d'éventuelles pertes de « vitalité » dues aux traitements technologiques. Les traitements technologiques effectués sont la congélation d'un jus de carottes, la pasteurisation d'un jus de framboises, la stérilisation d'une purée de tomates et le traitement enzymatique d'un jus de carottes avant traitement thermique. Un plan de validation de la méthode Bioscope a également été proposé.

Résultats

Les résultats de ce travail montrent statistiquement, d'après le test de Student apparié, que la pasteurisation d'un jus de framboises et la stérilisation d'une purée de tomates influencent les énergies subtiles de ces deux produits de manière significative. Par contre, la congélation ainsi que le traitement enzymatique avant pasteurisation d'un jus de carottes n'ont pas d'influences significatives sur les énergies subtiles de ces deux produits.
L'utilisation de l'appareil Bioscope en analytique dans un laboratoire de contrôle des denrées alimentaires, pour par exemple déterminer si un produit a été traité thermiquement, semble difficile. Cela est dû aux différents éléments manquants pour la validation comme la sensibilité, la justesse et la limite de détection ainsi qu'à la complexité de l'analyse. En effet, il faudrait pouvoir disposer de nombreux échantillons frais et des mêmes échantillons ayant subis un traitement technologique sur plusieurs jours de sorte à pouvoir appliquer la méthode développée durant ce travail.

Par contre, l'appareil semble plus avoir une application dans le domaine des énergies subtiles pour, par exemple, savoir si un procédé technologique influence de manière significative la qualité vitale d'un produit déterminé. Une perspective à ce travail serait, par exemple, d'appliquer la méthode développée à d'autres produits pasteurisés et stérilisés de sorte à pouvoir observer si les résultats obtenus durant ce travail se répètent.

Mots-clés

Mesure des énergies subtiles, jus/purée de fruits et légumes, traitement technologique, méthode d'analyse avec l'appareil Bioscope, validation

Messung der subtilen Energien von Obst- und Gemüsesäften vor und nach technologischen Behandlungen mit dem System „Bioscope“

Ziel

Bisher gibt es nur sehr wenige Möglichkeiten die Gesamtheit der subtilen Energien eines Lebensmittels, Pflanzenextraktes oder von Wassers zu messen. Eine bereits bestehende Methode ist die Kupferchloridkristallisation zur Darstellung der subtilen Energien, sie verlangt jedoch eine erhebliche Infrastruktur. Eine Alternative dazu bietet das Gerät der Firma Sonoscope AG, Fribourg das die Kinetik der biologischen Aktivität misst und aufzeichnet.
In dieser Arbeit sollen Gemüse- und Früchtsäfte hergestellt werden und vergleichende Messungen zwischen den technologisch behandelten und den frischen Säften durchgeführt werden, um mögliche Verluste an Vitalität der einzelnen Produkte zu erfassen. Die folgenden technologischen Behandlungen wurden durchgeführt: Einfrieren eines Karottensafts, Pasteurisation von Himbeersaft, Sterilisation eines Tomatenpürees und die enzymatische Behandlung des Karottensafts vor der Wärmebehandlung.
Die Wiederholpräzision der Messungen sowie die Messunsicherheit der Methode wurden geprüft. Ein Validierungsplan für das Gerät Bioscope wurde vorgeschlagen mit dem Ziel, das Gerät als analytische Methode zur Kontrolle der Vitalität des Produktes nach z.B. einer thermischen Behandlung einzusetzen.

Resultate

Die Resultate dieser Arbeit zeigen statistisch gesichert nach dem Student-Test (zweiseitig) dass die Pasteurisation eines Himbeersaftes und die Sterilisation eines Tomatenpürees die subtilen Energien dieser zwei Produkte signifikant beeinflussen. Dagegen ergaben das Gefrieren und eine enzymatische Behandlung eines Karottensafts vor der Pasteurisation keinen signifikanten Einfluss auf diese Produkte.
Der Einsatz des Gerätes Bioscope in der Analytik in einem Lebensmittel – Kontrolllabor z.B. um zu bestimmen, ob ein Lebensmittel erhitzt wurde, erscheint schwierig. Dies hängt mit der fehlenden Sensibilität, der Richtigkeit und der Nachweisgrenze für eine Validation und der Komplexität der Methode zusammen. Um die Methode erfolgreich einzusetzen müssten mehrere Proben gleichzeitig von unbehandelten und behandelten Proben während mehreren Tagen analysiert werden.
Der Apparat ist eher geeignet um zu messen, ob ein technologischer Prozess die subtilen Energien und damit die Vitalität eines Produktes signifikant beeinflusst. In folgenden Arbeiten könnten weitere pasteurisierte und sterilisierte Produkte untersucht werden um die gefundenen Resultate zu bestätigen.

Schlüsselwörter

Messung der subtilen Energien, Saft/Püree aus Früchten und Gemüse, Technologische Behandlung, Analysenmethode mit Apparat Bioscope, Validierung

Remerciements

Je tiens à remercier:

Mme Esther Schmitt pour les conseils apportés durant ce travail ainsi que pour m'avoir donné la chance de travailler sur un sujet novateur.

Monsieur Alain-François Grogg pour les conseils en ce qui concerne le traitement statistique des données expérimentales.

Monsieur André Ançay et Madame Céline Gilli pour les framboises et les tomates.

Monsieur Raphaël Bruchez pour les carottes.

Monsieur Rudolph Schmitt pour les explications en ce qui concerne la stérilisation.

Monsieur Yann Sirisin pour les conseils et les explications concernant l'analytique.

Monsieur Martin Gilles pour son aide durant le début de ce travail.

Monsieur Dimitri Bocquel et Monsieur Joël Carruzo pour leur avis et leur aide durant les travaux en halle pilote.

Monsieur Bruno Lehner pour la microscopie.

Tous mes collègues diplômants pour leurs conseils tout au long de ce travail.

Mon père, ma mère, ma soeur et Alain pour tout l'aide et le soutien apportés durant ce travail.

Table des matières

1.INTRODUCTION GENERALE 8

1.1 LE BIOSCOPE 9
1.2 L'EAU 10
1.3 LA CAROTTE 11
1.4 LA TOMATE A GRAPPES 11
1.5 LA FRAMBOISE 11
1.6 LA CONGELATION 12
1.7 LA PASTEURISATION 12
1.8 LA STERILISATION 13
1.9 TRAITEMENT ENZYMATIQUE 14

2. MATERIEL ET METHODES 16

2.1 MATERIEL 16
2.2 METHODES 17
2.2.1 Mesure des eaux minérales 17
2.2.2 Mesure des jus de carottes congelé 17
2.2.3 Réalisation de jus de framboise, pasteurisation et mesure à l'aide du système « bioscope » 18
2.2.4 Réalisation d'une purée de tomates, stérilisation dans l'autoclave « Stock » et mesures à l'aide du sytème « bioscope » 19
2.2.5 Traitement enzymatique d'un jus de carottes et mesures à l'aide du système bioscope 23
2.2.6 Mesures des valeurs pH, Aw et matières sèches 26
2.2.7 Méthodologie générale pour l'utilisation ainsi que le traitement des données avec l'appareil « Bioscope ». 26
2.2.8 Analyse statistique des résultats 29
2.2.9 Proposition d'un plan de validation de la méthode bioscope 32

3. RESULTATS 33

3.1 MESURES DES EAUX MINÉRALES 33
3.1.1 répétabilité des mesures 33
3.1.2 Mesures des eaux minérales : comparaison des différentes eaux 36
3.1.3 Analyse des eaux minérales: représentation à l'aide des spectrogrammes de surface 38
3.1.4 Tableaux récapitulatifs des résultats 38
3.1.5 Analyses statistiques des résultats des eaux minérales 41
3.2 INFLUENCE DE LA CONGELATION SUR LA MESURE DES ENERGIES SUBTILES D'UN JUS DE CAROTTES 42
3.2.1 Microscopie d'un jus de carottes frais pressé et congelé 42
3.2.2 Répétabilité des mesures d'un jus de carottes 43
3.2.3 Mesures des jus de carottes frais pressés et des jus de carottes congelés 43
3.2.4 Analyse des jus de carottes frais pressés et congelés : représentation à l'aide des spectrogrammes de surface 46
3.2.5 Tableaux récapitulatifs des résultats 46
3.2.6 Analyses statistiques des résultats des jus de carottes frais-pressés et congelés 48
3.3 INFLUENCE DE LA PASTEURISATION SUR LA MESURE DES ENERGIES SUBTILES D'UN JUS DE FRAMBOISES ... 49
3.3.1 Rendement de l'opération de pressage des framboises 49
3.3.2 Pasteurisation du jus de framboises à 70°C/ 4 minutes 49
3.3.3 Scan de fréquences 50
3.3.4 Répétabilité des mesures à une fréquence d'émission de 146Hz 51
3.3.5 Mesure des jus de framboises frais pressés et pasteurisés 70°C/4minutes 51
3.3.6 Analyse des jus de framboises frais pressés et pasteurisés : représentation à l'aide des spectrogrammes de surface 56
3.3.7 Tableaux récapitulatifs des résultats 57
3.3.8 Analyses statistiques des résultats des jus de framboises frais-pressés et pasteurisés 59
3.4 INFLUENCE DE LA STERILISATION SUR LA MESURE DES ENERGIES SUBTILES D'UNE PUREE DE TOMATES 60
3.4.1 Courbes de stérilisation temps/température 60
3.4.2 Calcul de la valeur F_0 et de la valeur D pour la stérilisation 61
3.4.3 Analyse de texture et microscopie des produits avant et après traitement thermique 61
3.4.4 Caractéristiques globales des produits 63
3.4.5 Scan de fréquences 63

3.4.6 Répétabilité des mesures effectuées sur une purée de tomate *64*
3.4.7 Evaluation de l'homogénéité d'une boîte par rapport à la mesure avec l'appareil bioscope *65*
3.4.8 Influence de l'homogénéisation d'une purée de tomates stérilisées sur la mesure à l'aide du système bioscope *66*
3.4.9 Résultats statistiques : influence de l'homogénéisation du produit sur la mesure *67*
3.4.10 Influence de la stérilisation d'une purée de tomates sur la mesure des énergies subtiles *67*
3.4.11 Analyse des purées de tomates fraîches et stérilisées : représentation à l'aide des spectrogrammes de surface *72*
3.4.12 Tableaux récapitulatifs des résultats *72*
3.5 INFLUENCE D'UN TRAITEMENT ENZYMATIQUE DU JUS DE CAROTTES SUR LES ENERGIES SUBTILES MESUREES A L'AIDE DU SYSTEME BIOSCOPE 76
3.5.1 Microscopie d'un jus de carottes traité enzymatiquement et non-traité enzymatiquement après traitement thermique. *76*
3.5.2 Caractéristiques globales des produits *78*
3.5.3 Scan de fréquences *79*
3.5.4 Répétabilité des mesures aux différentes fréquences *80*
3.5.5 Mesures des jus de carottes avec/ sans traitement enzymatique, ayant subi un traitement thermique, avec le système bioscope *81*
3.5.6 Analyse des jus de carottes avec/sans traitement enzymatique: représentation à l'aide des spectrogrammes de surface *85*
3.5.7 Tableaux récapitulatifs des résultats *86*
3.5.8 Analyse statistique des résultats des jus avec/sans traitement enzymatique *89*
3.6 PROPOSITION D'UN PLAN DE VALIDATION POUR LA METHODE BIOSCOPE 90
3.6.1 Estimation de la fidélité *90*
3.6.2 Validation de la méthode : exemple pour la comparaison entre une purée de tomates fraîche et une purée de tomates stérilisée *93*

4. DISCUSSION 100

4.1 EVALUATION DE LA REPETABILITE DES MESURES SUR LES DIVERS ECHANTILLONS DE JUS 100
4.2 EVALUATION DE LA FIABILITE INTERMEDIAIRE DES MESURES SUR LES DIVERS ECHANTILLONS DE JUS 100
4.3 MESURE DES EAUX 102
4.4 MESURES COMPARATIVES DES ENERGIES SUBTILES D'UN JUS DE CAROTTES FRAIS ET D'UN JUS DE CAROTTES CONGELE 102
4.5 MESURES COMPARATIVES DES ENERGIES SUBTILES D'UN JUS DE FRAMBOISES FRAIS PRESSE ET D'UN JUS DE FRAMBOISES PASTEURISE 102
4.6 MESURES COMPARATIVES DES ENERGIES SUBTILES D'UNE PUREE DE TOMATES FRAICHE ET D'UNE PUREE DE TOMATES STERILISEE 103
4.7 MESURES COMPARATIVES DES ENERGIES SUBTILES D'UN JUS DE CAROTTES AVEC ET SANS TRAITEMENT ENZYMATIQUE AYANT SUBI UN TRAITEMENT THERMIQUE 104
4.8 EVALUATION DE LA METHODE ANALYTIQUE ET DE LA PROPOSITION DE PROCEDURE DE VALIDATION 105

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES 107

6. BIBLIOGRAPHIE 108

7. ANNEXES 110

1.Introduction générale

Par qualité des denrées alimentaires, il est question de qualité interne et externe de l'aliment. La qualité externe d'une denrée alimentaire comprend les méthodes de cultures des matières premières, les technologies de fabrication appliquées, le prix, l'aspect social etc. La qualité interne d'un produit concerne la texture, le goût, la couleur, et également la « qualité vitale » du produit.
Le Terme « qualité vitale » désigne le degré d'organisation d'un système biologique. Plus le degré d'organisation d'un système est grand plus la « qualité vitale » est élevée. [1] Cette organisation est due à une sorte de communication inter et intracellulaire de nature biophysique. Les signaux électromagnétiques constituent le « language » de communication entre les atomes et les molécules. Beaucoup de systèmes biologiques sont capables de produire, recevoir et stocker les radiations électromagnétiques comme la lumière par exemple. Pratiquement tous les organismes émettent de la lumière dans un ordre de grandeur allant de quelques photons par cellules par jour à quelques milliers de photons par organisme par seconde. L'émission de biophotons représente une forme de communication entre organismes vivants.[2]
En ce qui concerne l'effet des ondes électromagnétiques sur les cellules, la controverse sur l'existence d'une réponse cellulaire à des ondes de basses énergies est due au fait de la mauvaise reproductibilité des expériences effectuées et est également due au fait que l'énergie véhiculée par un champ libre serait plus petite que l'énergie du bruit de fond dû à la température sur les cellules. Beaucoup des interactions observées entre champs électromagnétiques et les cellules se passent seulement dans un domaine de fréquence (windows of frequency). [2]
Il existe très peu de méthodes qui permettent de mettre en évidence cette « énergie vitale ». Parmi les quelques méthodes existantes, il est important de mentionner la méthode par cristallisation avec du chlorure de cuivre. L'extrait du produit est mélangé avec du chlorure de cuivre et de l'eau sur une plaque de cristallisation à température et humidité constante. La solution cristallise lentement. Cela donne une image de cristallisation spécifique. Cette méthode a démontré que lors d'un processus alimentaire, un aliment perd sa qualité vitale tout au long des étapes du procédé. Un processus thermique, entre autre, influence la qualité vitale.[3]

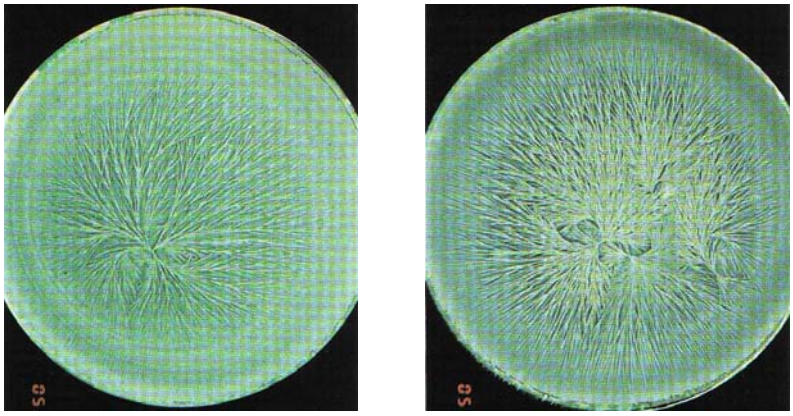


Fig.1 : analyse de la qualité vitale d'un lait cru et d'un lait pasteurisé par la méthode de cristallisation par chlorure de cuivre. (gauche : lait cru / droite : lait pasteurisé)

Une alternative à la méthode par cristallisation au chlorure de cuivre est l'appareil développé par la firme Sonoscope SA, le bioscope. Cet appareil de mesure innovant et relativement nouveau sur le marché, se basant sur les propriétés électriques des échantillons testés, demande des infrastructures moins importantes que la méthode par cristallisation au chlorure de cuivre. Le but de ce travail de diplôme est de pouvoir développer une méthode permettant d'observer des différences au point de vue de la qualité vitale sur des jus de légumes et de fruits ayant subi un traitement technologique, et d'évaluer cet appareil pour une utilisation analytique, par exemple, dans le cadre de ce travail, pour savoir si un aliment a subi ou non un traitement technologique. Il est à noter qu'à ce jour, cet appareil n'a que très peu voir jamais été testé dans le domaine alimentaire.

1.1 Le bioscope

Le Bioscope système utilisé pour la mesure des jus de légumes est une méthode spécifique incluant un hardware et software développé pour capturer et étudier des intervalles de fréquences appartenant aux organismes vivants. [4]

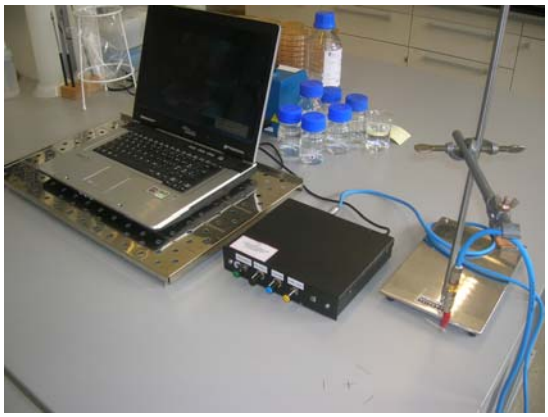


Fig.2 : système bioscope incluant le software ainsi que le hardware

L'aiguille d'acuponcture visible sur la figure 2 réagit comme une antenne. L'appareil émet des fréquences allant de 43Hz (fréquence la plus petite) à 4,8 kHz (fréquence d'émission maximale). L'appareil agit comme un émetteur-récepteur. Il émet un signal à une certaine fréquence dans le milieu de mesure et enregistre le signal de réaction du milieu qui est différent du signal émis au départ. Dans les basses fréquences, l'appareil est moins sensible à l'environnement que dans les hautes fréquences. Par contre, il faut éviter de travailler à une fréquence d'émission de 50 Hz (et les fréquences suivantes : 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz etc.) car ces fréquences correspondent aux fréquences qu'utilisent les appareils électroniques.

Le phénomène entrant en cause dans la mesure des jus de fruits ou légumes est le phénomène de bioimpédance. La bioimpédance représente l'ensemble des caractéristiques électriques des tissus. En quelque sorte, cela décrit la capacité d'un tissu à s'opposer à un courant électrique [5]. Le phénomène de bioimpédance fait parti du concept de bioelectricité. Ce phénomène est connu par exemple lorsqu'un courant électrique endogène est généré par le tissu lui-même. Un exemple de ce principe est l'enregistrement des signaux bioélectriques du cœur, l'électrocardiogramme. Si une source électrique externe (courant exogène) est appliquée à un matériel étudié, le phénomène de bioimpédance est mesuré. La bioimpédance est présente

dans tout les matériaux vivants, ou ayant vécu ou tissus .Le biomatériel peut être d'origine végétale comme une plante ou un fruit, animale ou humaine. Elle dépend de l'état du matériel biologique et peut varier fortement selon que le tissu soit vivant ou dénaturé. Ces mesures donnent des informations sur les processus électrochimiques dans le matériel étudié et peuvent être utilisées pour caractériser un tissu ou un changement physiologique dans le matériel.[5]

Dans beaucoup de cas, le matériel biologique étudié est considéré comme une boite noire. La boite noire contient donc le matériel biologique ainsi que les électrodes pour l'excitation et la réponse. En le mesurant à l'aide d'un courant électrique, il est possible de caractériser le contenu de cette boite noire. C'est-à-dire, décrire le comportement électrique et expliqué éventuellement quelques processus physiques ou chimiques qui ont lieu dans le milieu analysé.[5]
La fonction utilisée pour l'analyse des jus est la fonction « time signal and frequency spectrum ». Le signal est mesuré en fonction du temps. La transformation de fourrier est utilisée pour passer d'une fonction périodique dans le domaine du temps à la fonction correspondante dans le domaine de fréquence. Ce principe est démontré dans la figure 3.

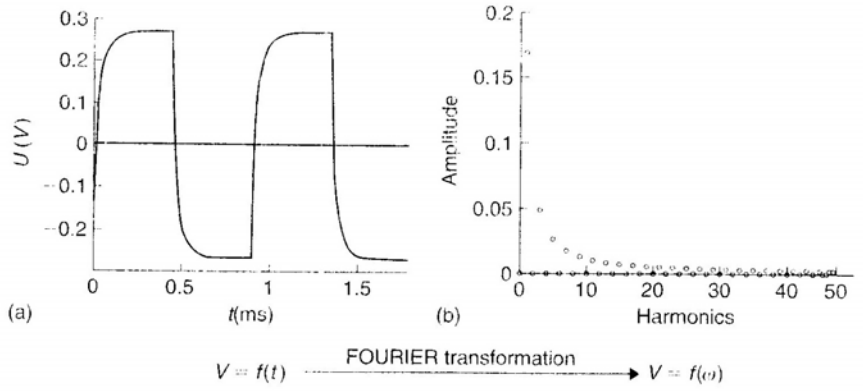


Figure 3 : transformation du domaine du temps au domaine de fréquences [5]

1.2 L'eau

L'eau est une interface constitutive et informative entre les mondes inanimés (minéral) et animés (végétal et animal).Interface constitutive car l'eau est l'élément majeur du monde minéral et biologique. Interface informative car au-delà de ses nombreux et essentiels rôles dans la physiologie et la biochimie du corps, de nombreuses observations et expérimentations laissent à penser que les molécules d'eau constitueraient un vecteur d'informations biophysiques sous forme d'ondes électromagnétiques entre le milieu et le vivant.[6] L'eau possède la capacité de stocker l'information qui lui a été imprimée à un moment donné pendant de longues périodes. Ainsi, après que des substances physiques nocives aient été retirées de l'eau, leurs empreintes vibratoires demeurent.
L'eau apparaît être un milieu extrêmement sensible à divers facteurs physiques rayonnés dans notre environnement par le milieu atmosphérique et spatial qui nous entoure et dont il ne peut être complètement isolé. [6]

1.3 La carotte

Les carottes font partie de la famille des ombellifères. La forme sauvage de la carotte est présente en Europe et en Asie. Dans l'antiquité, la carotte était utilisée comme plante médicinale. Ce n'est que vers le dixième siècle quelle fut cultivée comme légume.
La carotte est une plante bisannuelle, qui développe la première année une rosette de feuille et une racine charnue. Celle-ci se compose de l'hypocotyle pour une petite partie et de la racine pivotante pour le reste. Le cylindre central appelé « cœur » ou « bois » et la partie extérieure appelée « écorce » sont de colorations différentes. La carotte se développe bien dans la plupart des sols non-compacts et perméables à l'eau. Le sol doit être travaillé profondément et soigneusement, suffisamment longtemps avant le semis.[7]
La carotte est l'une des principales espèces légumières dans le monde. En suisse, on la trouve à la deuxième place juste après la tomate. Grâce à sa bonne conservation, elle peut être consommée durant toute l'année. La carotte est un légume de grande valeur nutritive. Ses teneurs en sucre et carotène sont importantes. On la cultive pour la fabrication industrielle de jus, de salade, d'aliments pour nourrissons ainsi que de produits congelés ou séchés. [7]

1.4 La tomate à grappes

La tomate à grappes comporte quatre à cinq fruits. Cultivée en Suisse depuis 1993, la tomate à grappes est de plus en plus demandée. La tomate à grappes étant cueillie à pleine maturité, est de ce fait plus savoureuse et aromatique.[7] Ses fruits ne sont pas calibrés mécaniquement est donc ne comportent pas de meurtrissures et se conservent mieux. Pour être commercialisées, les grappes doivent être complètes avec des fruits solidement fixés à la rafle. Les derniers petits fruits sont supprimés de manière à obtenir des tomates de calibre uniforme. A la récolte, tous les fruits d'un bouquet devront atteindre une maturité convenable.
La tomate figure aujourd'hui en tête de tous les légumes consommés avec une consommation de 9 kg par habitant et par an. Sa teneur en vitamine C, carotène et acides organiques mais aussi en sucres et en sels minéraux est importante.[7]

1.5 La framboise

La framboise est constituée d'une quarantaine de minuscules petits fruits appelés drupéoles contenant de la pulpe et une graine. Ces minuscules petits fruits sont couverts de poils. Le framboisier est un arbrisseau à souche souterraine qui émet des tiges aériennes épineuses. Certaines variétés de framboisiers sont dites remontantes ou bifères car elles fleurissent et fructifient deux fois. [8]
La framboise contient de la vitamine E, des minéraux ainsi que des antioxydants.

1.6 La congélation

La congélation est l'opération unitaire qui consiste à abaisser la température d'un aliment en dessous de son point de congélation, c'est-à-dire en dessous d'un point où l'eau libre qu'il contient se transforme en glace. C'est la cristallisation de l'eau en glace qui constitue la différence essentielle entre la réfrigération et la congélation.
La température de congélation des aliments est fonction de leur composition chimique et plus particulièrement de leur concentration en eau, en graisse, ainsi que leur concentration en solutés dans les liquides inter- et intracellulaires. [9] La teneur en eau pour les fruits varie en général de 87 à 95%.
La formation des cristaux de glace est un processus qui se réalise en deux étapes : une phase de nucléation suivie d'une phase de croissance cristalline. Les vitesses de refroidissement rapides favorisent la formation de nombreux cristaux de petites tailles alors que les refroidissement lents favorisent davantage la migration de l'eau libre vers les précurseurs de cristaux, les nuclei, de manière à les faire grossir.[9]
La vitesse de congélation influence la taille des cristaux formés, qui eux-mêmes influencent l'intégrité des cellules animales et végétales et, par voie de conséquence, la texture des produits. La formation de gros cristaux de glace dans les espaces intracellulaires durant une congélation lente conduit à une dégradation des structures fragiles, telles que les membranes cellulaires. Ce phénomène n'est pas réversible lors de la décongélation. D'autre part, lorsque les cristaux de glace commencent à se développer dans l'espace intercellulaire, la tension créée par leur expansion peut provoquer la déformation et l'élargissement de cet espace. Une conséquence de ce phénomène est une diminution de rigidité des parois cellulaires et de la structure de l'aliment.[9]

1.7 La pasteurisation

La pasteurisation est un traitement thermique relativement doux utilisé pour éliminer les micro-organismes pathogènes et la plupart des micro-organismes végétatifs dans le but d'augmenter la durée de conservation des produits alimentaires.
Pour les produits acides et très acides comme les jus de fruits par exemple, la pasteurisation sert à obtenir une durée de conservation de quelques mois par la destruction des micro-organismes d'altération (levures et moisissures) et/ou par l'inactivation des enzymes.[10] La pasteurisation appliquée est une pasteurisation après conditionnement. Le jus est introduit froid dans le contenant par exemple, des bocaux en verre. Ceux-ci, après fermeture, sont chauffés dans un bain-marie d'eau chaude jusqu'à température voulue à cœur. Les bocaux sont ensuite refroidis sous l'eau froide et conservés à 4°C.[11]

1.8 La stérilisation

La stérilisation est une opération unitaire de traitement thermique des aliments, suffisamment conséquent en température et en temps pour détruire les micro-organismes présents et inhiber l'activité enzymatique.[12]En comparaison à la pasteurisation, la stérilisation occasionne de plus grandes modifications des propriétés intrinsèques de l'aliment.
Dans tout les cas, la difficulté pour les fabricants est de satisfaire les impératifs sanitaires tout en répondant aux objectifs de qualité du produit. [13] La destruction des micro-organismes par la stérilisation est caractérisée par plusieurs valeurs. La valeur D est le taux de réduction décimal, c'est-à-dire le temps minimum nécessaire pour réduire le nombre initial de germes d'un facteur de 10, pour un micro-organisme donné et dans des conditions précises. La valeur Z décrit l'écart de température requis pour obtenir un taux de réduction D d'un facteur de 10.enfin, la valeur stérilisatrice F prédit la probabilité de survie d'un micro-organisme dans des conditions de stérilisation définies. Cette valeur est obtenue en sommant tout les taux de létalité effectifs lors du processus de stérilisation.[12] Les appareils utilisés pour les produits conditionnés sont les autoclaves. Il existe plusieurs sortes d'autoclaves.

L'autoclave utilisé pour la stérilisation est un autoclave discontinu. Ce type d'autoclave est constitué d'une coque cylindrique en acier. Cette coque est disposée au sol horizontalement. Elle est obturée par une porte. Les appareils discontinus désignent les stérilisateurs nécessitant des manutentions d'ouverture et de fermeture de l'enceinte de stérilisation pour effectuer l'entrée et la sortie des emballages subissant le traitement thermique. L'appareil peut fonctionner de manière statique ou rotative. Dans les appareils statiques, où l'emballage ne subit aucun mouvement, le transfert de chaleur se fait uniquement par conduction. En mode rotatif, le mouvement dans l'autoclave permet une pénétration de la chaleur beaucoup plus rapidement par le phénomène de convection.[14] La rotation est obtenue en disposant les emballages dans une cage tournante installée dans la coque horizontale de l'autoclave. La cage est mise en mouvement à l'aide d'un moteur muni d'un réducteur variateur. [14]
L'appareil de la halle pilote est un appareil type « Rotomat ». Le fluide caloporteur est l'eau. Il est composé de deux coques. La coque supérieure sert au préchauffage de l'eau de stérilisation et la coque inférieure est composée d'un cylindre rotatif animé par un groupe motoréducteur. Le chauffage est constitué d'un réseau tubulures d'injection de vapeur (6 à 8 bars) dans la coque de préchauffage. Durant la stérilisation, le chauffage est assuré par un injecteur situé sur le circuit de la pompe de circulation.[14]
Pour traiter par la chaleur les différents genres d'emballages, l'appareil dispose d'un circuit de « contre-pression ». Cette contre-pression est générée et réglée par injection de vapeur au-dessus de la surface de l'eau contenue dans la coque supérieure. La contre-pression est indispensable afin d'éviter des déformations de l'emballage durant le cycle thermique.[14]

1.9 Traitement enzymatique

Les cellules des plantes sont entourées par une paroi cellulaire. Cette paroi contient de la pectine, de la cellulose et de l'hémicellulose. La paroi cellulaire participe à l'adhésion, à la communication entre cellules, à la défense et au processus de croissance et de différenciation. La paroi est formée de plusieurs couches. Cela est visible sur le schéma ci-dessous.

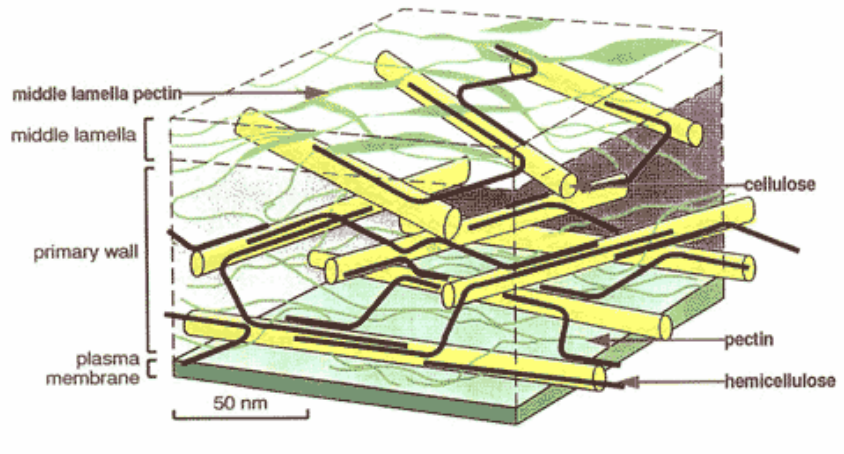


Fig.4 : schéma des constituants de la paroi cellulaire des tissus végétaux.

Il est possible d'observer sur la figure 3 que la cellulose est enchevêtrée dans une phase continue composée en majorité d'hémicellulose. La cellulose est une chaîne linéaire d'unités glucose réunies par des liaisons β 1-4 et les hémicelluloses sont des hétéropolymères contenant 50 à 200 molécules de sucres (xylose, mannose, galactose). La liaison entre ces sucres est la liaison β 1-4. [15]
Les pectines sont composées homo- et hétéropolysaccharides. La pectine peut posséder un faible taux de méthylation (<40%) et haut taux de méthylation (>60%), cela dépend de la variété et de la maturité du végétal.[15]

Pour pouvoir dégrader le ou les composants de la paroi cellulaire, il est nécessaire d'utiliser un traitement enzymatique varié comprenant un traitement pectolytique, hémicellulolytique et cellulolytique qui dépolymérisent partiellement ou totalement les polysaccharides.

Le but du traitement enzymatique effectué durant le travail est de dégrader partiellement ou totalement les polymères de la paroi primaire et de la « middle lamella » assurant une bonne cohésion entre les cellules. Il en résulte des cellules isolées qui subissent des dommages minimaux lors d'un traitement thermique ce qui permet de conserver l'entité cellulaire. La préparation enzymatique utilisée (Pectinex ultra SP-L) est une préparation enzymatique qui a principalement une activité pectolytique incluant la pectine lyase qui dépolymérise la pectine avec un haut taux d'estérification, la pectine estérase qui hydrolyse le groupe méthoxyl des chaines de pectine et la polygalacturonase.[annexe 10]

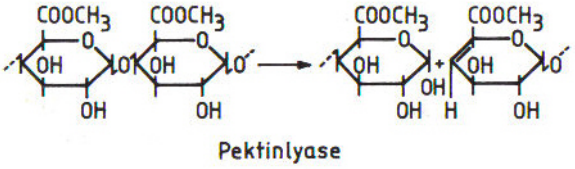


Fig.5 : schéma résumant le mode d'action de la pectine lyase. [16]

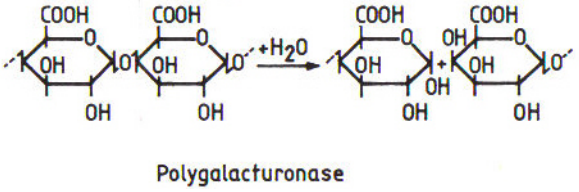


Fig.6 : schéma résumant le mode d'action de la polygalacturonase. [16]

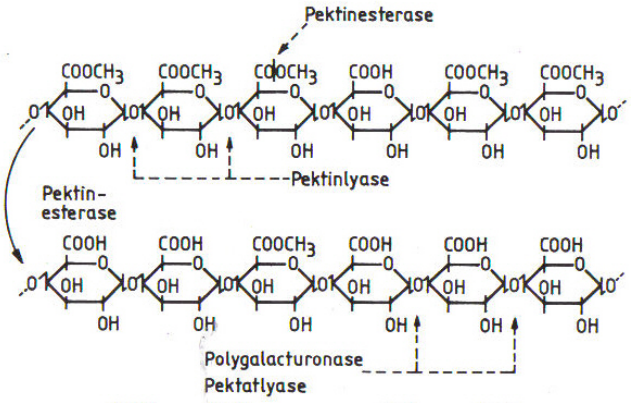


Fig.7 : schéma résumant le mode d'action de la pectine estérase, de la pectine lyase ainsi que de la polygalacturonase. [16]

Les figures 5, 6 et 7 montrent le mode d'action des principales enzymes contenu dans la solution Pectinex ultra SP-L de Novozymes. La pectine lyase est responsable de l'élimination des liaisons β entre les molécules de glucose de la pectine, la polygalacturonase dépolymérise les chaines d'acide polygalacturonique et d'autres polymère composés d'acide D-galacturonique en cassant la liaison glycosidique α 1-4 par hydrolyse. La pectine estérase hydrolyse les groupes méthoxyl des chaînes de pectines. [16]

2. Matériel et méthodes

2.1 Matériel

Appareils :

- Robot coupe R25, ROTOR, 3138 Uetendorf
- Tamiseuse Robot coupe C120, ROTOR, 3138 Uetendorf
- Bioscope System, Sonoscope SA, 1653 Cresuz
- Bioscope recording and analysis software, Sonoscope SA, 1653 Cresuz
- Bain-Marie salvis, Müller & Krempel, 8180 Bülach
- Bain-Marie avec agitateur Variomag, Faust Laborbedarf AG, 8201 Schaffausen
- Bain-Marie Variomag, Julabo Labortechnik GMBH, D-77960 Seelbach/Germany
- Robot mixer Kenwood professional, Kenwood swiss AG, 6341 Baar
- Thermomètre Testo term 9000, Quarz AG, 8008 Zürich
- Sertisseuse Indosa v125, Grabber INDOSA Maschinenbau AG, 9434 AU
- Autoclave Stock Pilot Rotor 900 RCU, Herman Stock Maschinenfabrik Gmbh, 24537 Neumünster (Deutschland)
- Cuve Stephan, Stephan Food Processing Technology Gmbh, 31785 Hameln (Germany)
- Programme informatique labview 8.5, 2007 National instruments, Austin (Texas, United States)
- Aw Sprint, Novasina AG, 8853 Lachen
- pH- mètre Metrohm 691, Metrohm AG, 4800 Zofingen
- Ultra-Turrax T25, Janke & Kunkel Ika-labortechnik, Haska AG, 3008 Bern
- Refrigérateu/congélateur Liebherr premium, Fors AG, 2557 Studen
- Balance sartorius, Huber & Co AG, 4153 Reinach
- Microscope Zeiss Axioplan, Carl Zeiss AG, 8201 Zürich
- Camera pour microscope, AVT-HORN video system, Aalen (Germany)
- Texture Analyser TA.XT plus, Stable Micro Systems, Tracomme AG, 8134 Aldiswil
- Bocaux en verre Hugo Reitzel, Hugo Reitzel SA, 1860 Aigle
- Petites bouteilles en verre 100 ml Schott Duran, Schott AG, 9001 St-Gall
- Boîtes de conserve 1 :1 (aucune adresse de fournisseur disponible)

Echantillons et produits :

- Carottes “carlo”, Ecole d’agriculture de Châteauneuf, 1964 Conthey
- Tomates « Clamberley », ACW research centre Conthey, 1964 Conthey
- Framboises « Polka » du domaine, ACW research centre Conthey, 1964 Conthey
- Eau minérale naturelle Henniez légère, Henniez SA, 1525 Henniez
- Eau du robinet, HES-SO Valais, Sion
- Eau milipore, HES-SO Valais, Sion
- Eau déionisée, HES-SO Valais, Sion
- Acide citrique, Fluka AG, 9001 St-Gall
- Pectinex SP-L, n°KRN 05401, Novozymes A/S, 2880 Bagsvaerd (Danemark)

2.2 Méthodes

2.2.1 Mesure des eaux minérales

Différents échantillons d'eau sont analysés à l'aide du système Bioscope. Les échantillons choisis sont les suivants : de l'eau du robinet, de l'eau minérale en bouteille, de l'eau milipore ainsi que de l'eau déionisée.

Chaque jour (9 jours d'analyses), une eau de chaque sorte est mesurée. Les conditions opératoires sont les suivantes, 110 g d'échantillon sont contenus dans des bouteilles en verre et à 22°C±1°C, mesuré sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ». Un fragment de 5 secondes est coupé dans chaque signal des échantillons mesurés.
Les échantillons sont mesurés à une fréquence d'émission de 111 Hz et sont comparés par rapport à l'amplitude maximale des pics aux diverses fréquences avec l'option « time signal and frequency spectrum » du programme « signal analyser ».
Afin de pouvoir, selon le cahier des charges, tester la répétabilité des mesures, un échantillon est mesuré 6 fois. L'intervalle de confiance de l'espérance mathématique ainsi que le coefficient de variation sont calculés.

2.2.2 Mesure des jus de carottes congelé

Les jus de carottes sont réalisés à l'aide du robot mixer kenwood. Les carottes sont pelées à la main puis pressées. Lors d'une analyse, un jus de carottes frais, un jus de carottes congelé 18 heures et un jus de carottes congelé 42heures sont mesurés. La congélation se réalise dans le compartiment congélateur d'un réfrigérateur classique. Lors de l'analyse, les jus sont décongelés et mis à température d'analyse à l'aide d'un bain-marie.

Chaque jour (7 jours d'analyse), un jus frais pressé et deux jus congelés sont mesurés. Les conditions opératoires sont les suivantes, 110 g d'échantillon sont contenus dans des bouteilles en verre et à 22°C±1°C, mesurés sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ». Un fragment de 5 secondes est coupé dans chaque signal des échantillons mesurés.
Les échantillons sont mesurés à une fréquence d'émission de 58 Hz (fréquence déterminée lors du projet de semestre) et sont comparés par rapport à l'amplitude maximale des pics aux diverses fréquences avec l'option « time signal and frequency spectrum » du programme « signal analyser ».

2.2.3 Réalisation de jus de framboise, pasteurisation et mesure à l'aide du système « bioscope »

Les framboises sont pressées avec le robot coupe C120 ROTOR qui permet d'enlever les pépins et d'extraire le jus. Un bilan de masse est effectué selon le schéma ci-dessous où M1 représente la masse de framboises initiale, M3 la masse de jus en sortie et M2 la masse de déchets.

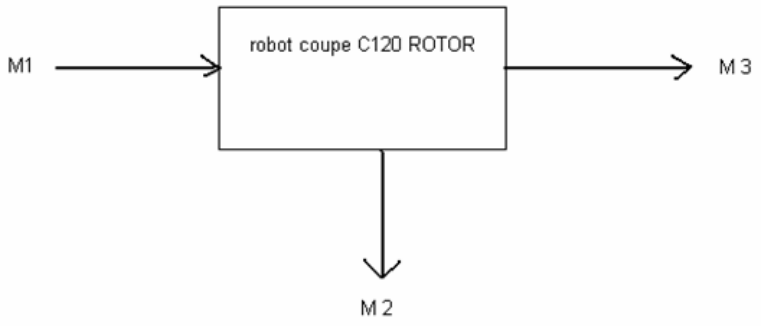


Fig.8 : représentation du processus d'obtention du jus de framboises à l'aide du robot coupe.

Une fois le jus obtenu, il est versé dans des bocaux en verre stérilisés auparavant dans une casserole contenant de l'eau en ébullition.

La pasteurisation est réalisée dans un bain-marie à 70°C pendant 4 minutes. Le temps de pasteurisation est compté à partir du moment où la température de 70°C est atteinte dans le bocal. Pour ce faire, un couvercle est percé et un thermomètre digital est introduit dans un bocal. La température dans le bocal est relevée toutes les 15 secondes. Les bocaux sont stérilisés dans l'eau à ébullition avant pasteurisation.

<u>Mesures avec l'appareil bioscope</u>

Chaque jour (9 jours d'analyse), un jus pasteurisé et un jus frais pressé sont mesurés. Les conditions opératoires sont les suivantes, 110 g d'échantillon sont contenus dans des bouteilles en verre et à 22°C±1°C, mesuré sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ». Un fragment de 5 secondes est coupé dans chaque signal des échantillons mesurés.
Un scan de fréquence sur un jus de framboise frais est effectué de sorte à déterminer la fréquence optimale d'analyse. Les jus frais et les jus traités thermiquement seront mesurés à cette fréquence. Les fréquences choisies pour le scan sont : 58Hz, 87Hz, 105 Hz, 123Hz, 146Hz, 175Hz, 193Hz, 216 Hz.

Les échantillons sont mesurés à une fréquence d'émission de123Hz et 146Hz et sont comparées par rapport à l'amplitude maximale des pics aux diverses fréquences avec l'option « time signal and frequency spectrum » du programme « signal analyser ».

2.2.4 Réalisation d'une purée de tomates, stérilisation dans l'autoclave « Stock » et mesures à l'aide du sytème « bioscope »

Les tomates sont coupées manuellement en quartiers et hachées à l'aide du « robot coupe ROTOR R25 » jusqu'à obtention d'une purée. La purée est ensuite versée dans des boîtes de conserve métalliques pour stérilisation. Les boîtes sont serties et insérées dans la petite cage prévue à cet effet dans l'autoclave stock. [fig.9]

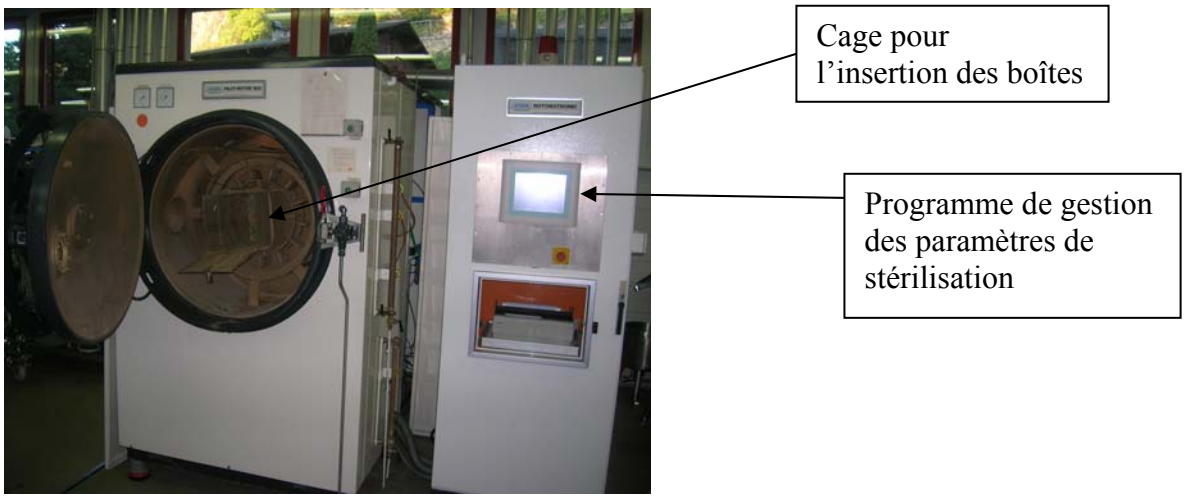


Figure 9 : autoclave « stock » utilisé pour la stérilisation de la purée de tomates en boîtes.

Une sonde pour la prise de température à cœur du produit ainsi qu'une sonde pour la prise de pression sont insérées dans 2 boîtes par batch. Ces sondes permettent un suivi des températures « online » durant la stérilisation via un programme informatique. [fig.10]

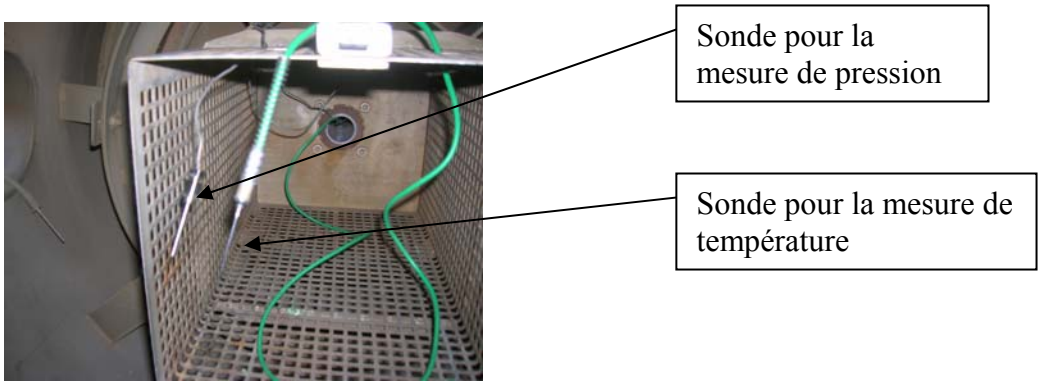


Figure 10 : sondes permettant le suivi « online » de la température et de la pression dans le produit durant la stérilisation.

Les boîtes sont stérilisées dans l'autoclave en immersion en mode rotatif 6 tours/minute. Le mode immersion signifie que l'enceinte dans laquelle se trouvent les boîtes de conserve se remplit d'eau puis l'eau est chauffée par injection de vapeur jusqu'à température voulue.

<u>Barèmes de stérilisation</u>

STOCKTEC mercredi 24 septembre 2008 07:36:24

Maschinen Nr 00019706 N°-progr. 11 N°-article

				Étape 1:				Chauffage CP	
110,00	:°C	0,00	:°C/min	1,50	:bar	0,00	:bar/min		Fonct. spéc.B1-3
0	: 0	: 0	:Zeit		0	STAND:			Fonct. spéc.A1-3
				Étape 2:				Remplir	
0,00	:°C	0,00	:°C/min	1,50	:bar	0,00	:bar/min		Fonct. spéc.A1-3
0	: 0	: 45	:Zeit		6	STAND:			Fonct. spéc.B1-3
				Étape 3:				Chauffage CT	
115,00	:°C	0,00	:°C/min	1,60	:bar	0,00	:bar/min		Fonct. spéc.A1-3
0	: 0	: 0	:Zeit		6	Tr/min.:			Fonct. spéc.B1-3
				Étape 4:				Maintien CT	
115,00	:°C	0,00	:°C/min	1,60	:bar	0,00	:bar/min		Fonct. spéc.A1-3
0	: 10	: 0	:Zeit		6	Tr/min.:			Fonct. spéc.B1-3
				Étape 5:				Refroidissem.	
0,00	:°C	0,00	:°C/min	0,50	:bar	0,10	:bar/min		Fonct. spéc.A1-3
0	: 30	: 0	:Zeit		6	Tr/min.:			Fonct. spéc.B1-3
				Étape 6:				Vidange	
0,00	:°C	0,00	:°C/min	0,80	:bar	0,00	:bar/min		Fonct. spéc.A1-3
0	: 4	: 0	:Zeit		0	STAND:			Fonct. spéc.B1-3
				Étape 7:				Fin de charge	
0,00	:°C	0,00	:°C/min	0,00	:bar	0,00	:bar/min		Fonct. spéc.A1-3
0	: 0	: 0	:Zeit		0	STAND:			Fonct. spéc.B1-3

Figure 11 : paramètres de stérilisation définis pour la stérilisation de la purée de tomates avec l'autoclave « Stock ».

La figure 11 montre les paramètres de stérilisation définis pour le traitement thermique de la purée de tomates. Il est à noter que la température dans la boîte a débuté à environ 70°C, le produit ayant subi une phase de préchauffage.

Calcul de la valeur F et de la valeur D pour la stérilisation de la purée de tomates

Lorsque l'on dispose uniquement de la température à cœur du produit, la valeur F peut être calculée à l'aide de tables. [17]. Dans l'autoclave, la température est prise toutes les secondes durant le processus. A chaque température correspond une valeur F_0. La somme de toutes les valeurs F_0 additionnées est multipliée par le temps entre chaque prise de mesure en minutes et donne la valeur F. La valeur F est calculée à partir d'une température de 100°C puis pour le plateau à 110°C durant 10 minutes et jusqu'à la descente à température de 100°C durant le refroidissement.

Le calcul de la valeur D est nécessaire de sorte à pouvoir répondre au critère du 12D (réduction de 12 puissances de 10 le nombre initiale de spores) pour l'inactivation des spores de *Clostridium botulinum* et donc assurer la sécurité du produit. La formule se base sur les valeurs F_o calculées auparavant. Ces calculs se basent sur la formule ci-dessous :

$F_o = D_{121} \cdot (\log N_o - \log N) \leftrightarrow (\log N_o - \log N) = F_o / D_{121}$

En prenant pour la résistance des spores du *Clostridium botulinum* $D_{121°C} = 0{,}2$ min. [17]

Analyse de texture et microscopie avant et après traitement thermique

L'analyse de texture du produit avant et après traitement thermique a été effectuée de sorte à démontrer l'influence du traitement thermique sur la texture de la purée. L'analyse est effectuée avec l'appareil « TAXT texture analyser » [fig.12]

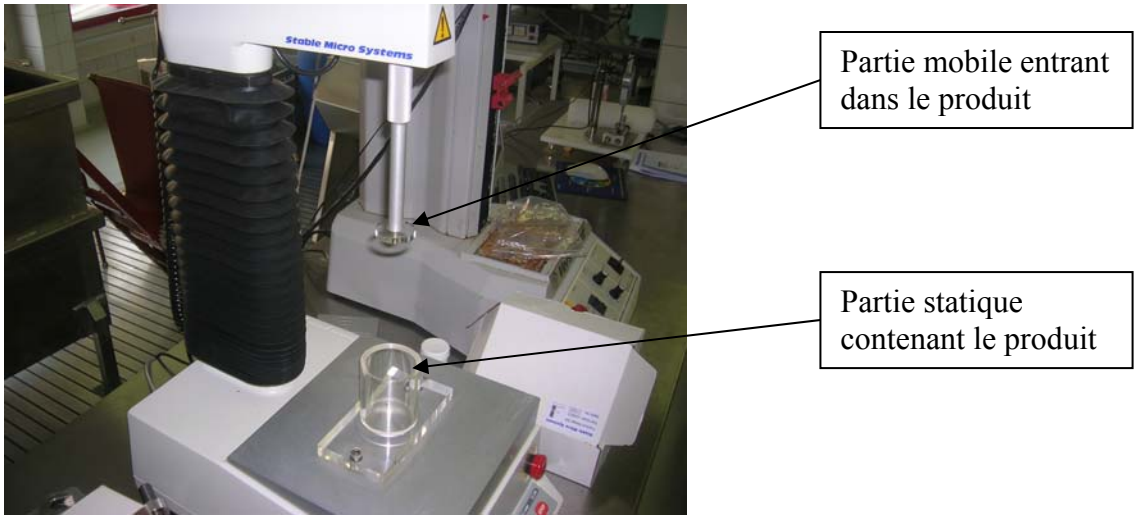


Fig.12 : appareil permettant de caractériser la texture du produit avant et après traitement thermique.

L'analyse effectuée est l'adhésivité du produit. La partie mobile de l'appareil rentre dans le produit et l'appareil mesure la force nécessaire par unité de temps à la partie mobile pour sortir du produit. Cela est représenté sous forme de graphique avec la force en kg sur l'axe des y et le temps sur l'axe des x. L'aire sous la courbe est proportionnelle à la force nécessaire pour sortir du produit. Les analyses avant et après traitement thermique ont été effectuées à quadruple avec toujours la même masse de produit et la même température d'analyse.

Une microscopie à un grossissement de 100x et 200x à été effectuée sur le produit avant et après traitement thermique de sorte à pouvoir observer l'influence du traitement thermique sur la structure cellulaire. Pour cela, une très fine couche de produit est appliquée sur une lame et est recouverte par une lamelle. Le tout est ensuite observé sous le microscope à différents grossissements.

<u>Mesures à l'aide du système « bioscope »</u>

Chaque jour (9 jours d'analyses), une purée de tomates fraîche et une purée de tomates stérilisée sont mesurées. Les conditions opératoires sont les suivantes, 110 g d'échantillon sont contenus dans des bouteilles en verre et à 22°C±1°C, mesuré sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ». Un fragment de 5 secondes est coupé dans chaque signal des échantillons mesurés.

L'homogénéité d'une boîte de conserve ainsi que l'influence de l'homogénéisation d'une boîte a été démontrée.

Un scan de fréquences sur une purée de tomates fraîche est effectué de sorte à déterminer la fréquence optimale d'analyse. Les purées fraîches et les purées traitées thermiquement seront mesurées à cette fréquence. Les fréquences choisies pour le scan sont : 58Hz, 76Hz, 94 Hz, 129Hz, 146Hz, 170Hz, 193Hz.
Les échantillons sont mesurés à une fréquence d'émission de 129Hz et 146Hz et sont comparés par rapport à l'amplitude maximale des pics aux diverses fréquences avec l'option « time signal and frequency spectrum » du programme « signal analyser ».

2.2.5 Traitement enzymatique d'un jus de carottes et mesures à l'aide du système bioscope

Deux jus de carottes ont été réalisés lors de ce travail. Un jus a été réalisé selon la figure X ci-dessous avec un traitement enzymatique et un autre jus selon le même procédé avec comme différence, l'absence de traitement enzymatique. Le processus de fabrication du jus de carottes ainsi que tout les paramètres proviennent d'un travail de diplôme effectué quelques années auparavant.[18] Ces opérations ont pour but d'observer s'il est possible de percevoir des différences significatives au niveau de la qualité vitale entre les deux échantillons dues au traitement enzymatique qui protège les cellules lors du traitement thermique.

Tout d'abord, 8 kg de carottes ont été pelées à la main puis coupées en julienne de 2x2mm avec le robot coupe Anliker. Un batch se compose de 3 kg de carottes et 3 kg d'eau (l'eau est ajoutée aux carottes dans un rapport 1 :1).
Le batch est alors versé dans la cuve Stephan. Les carottes sont blanchies pendant 2 minutes à 95°C. Le chauffage se réalise par injection de vapeur dans le double manteau de la cuve. Une fois les carottes blanchies, le mélange carottes/eau est refroidi jusqu'à 45°C par circulation d'eau froide dans le double manteau. Le pH du jus est ajusté à 4,5 avec de l'acide citrique sous forme solide. Une fois le pH de 4,5 atteint, la préparation d'enzymes est ajoutée à une concentration de 600 g par tonne de carottes. Le mélange reste ensuite sous agitation dans la cuve Stephan durant 2 heures à une température de 45°C. Pour assurer une température constante de 45°C dans le double manteau de la cuve, la consigne de l'eau du réseau de la halle pilote a été réglée à 50°C.

Une fois les 2 heures écoulées, le mélange est broyé rapidement durant environ 2 minutes dans la cuve à l'aide du couteau puis passé dans la tamiseuse pour séparer les particules solides du liquide. Le jus tamisé est ensuite versé à nouveau dans la cuve et traité thermiquement pendant 2 minutes à 95°C. Le jus est ensuite mis en bouteille à chaud. Les bouteilles sont ensuite laissées sur la paillasse de sorte que la température redescende puis les bouteilles sont stockées à 4°C en chambre froide.

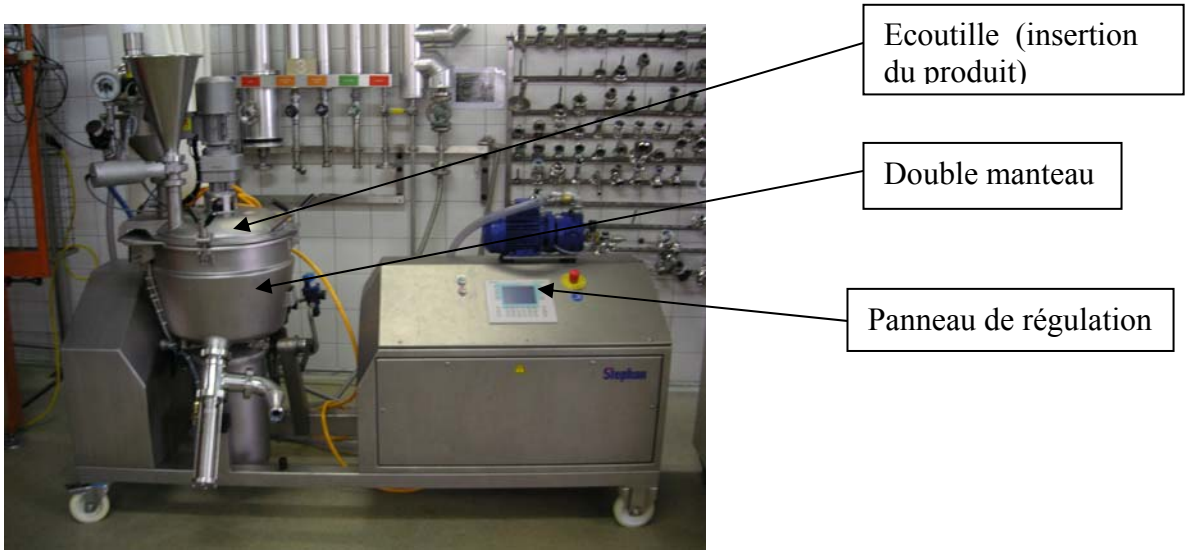


Fig.13 : cuve Stephan utilisée pour la réalisation du jus de carottes avec et sans traitement enzymatique.

Le produit est inséré par l'écoutille dans la cuve. Le chauffage du produit se fait par injection de vapeur dans le double manteau. Le refroidissement se fait par circulation d'eau froide dans le double manteau. Les températures sont sélectionnées et régulées à partir du panneau de régulation

Mesures avec le système bioscope

Chaque jour (9 jours d'analyses), un jus de carotte sans traitement enzymatique et un jus de carottes avec traitement enzymatique sont mesurés. Les conditions opératoires sont les suivantes, 110 g d'échantillon sont contenus dans des bouteilles en verre et à 22°C±1°C, mesuré sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ». Un fragment de 5 secondes est coupé dans chaque signal des échantillons mesurés.
Un scan de fréquences est effectué avec l'appareil Bioscope de sorte à pouvoir observer la façon dont réagit l'échantillon de carottes aux différentes fréquences et ainsi de pouvoir déterminer quelles fréquences est la plus adaptée à l'analyse des échantillons. Les fréquences d'analyses choisies sont 58 Hz, 76Hz, 94Hz, 123Hz, 141Hz, 164Hz, 175Hz. Le scan de fréquences est réalisé et traité selon la partie « enregistrement du signal » et « traitement du signal » du guide d'utilisation [annexe 1]. Les fréquences d'analyses ont été choisies selon l'option « spectrogramme de surface » du programme « signal analyser ».

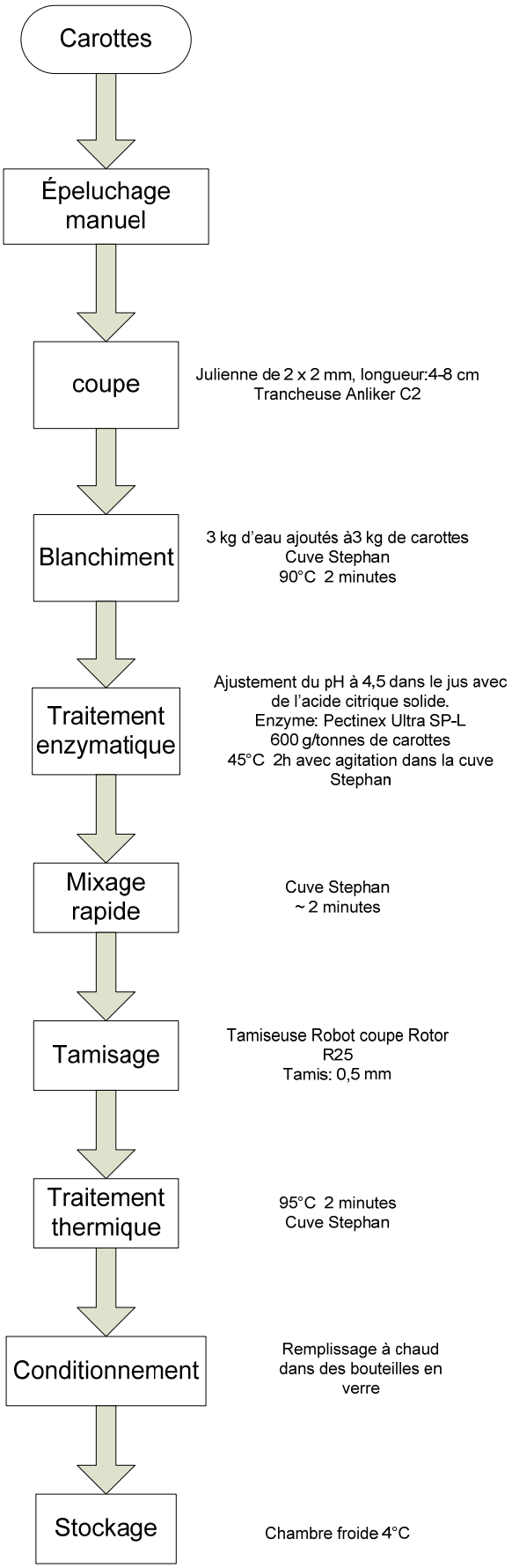


Fig.14 : Procédé de production de jus de carottes avec traitement enzymatique.

La figure 14 montre le processus de fabrication du jus de carottes avec traitement enzymatique. Il est à noter que le processus de fabrication du jus sans traitement enzymatique suit le même procédé sans l'étape « traitement enzymatique ».

2.2.6 Mesures des valeurs pH, Aw et matières sèches

Mesure du pH

La mesure du pH dans les jus/purée est prise avec le pH-mètre Metrohm disponible au laboratoire de microbiologie. Le pH-mètre est calibré avec des solutions de calibration à un pH de 4 et de 7.
Les mesures sont effectuées dans des petites bouteilles en verre à triple à température ambiante.

Mesure de l'Aw

Les mesures de l'Aw, représentant l'eau libre dans le produit, sont effectuées avec l'Aw-mètre Novosina disponible au laboratoire de microbiologie. Pour cela, les petites coupoles en plastique disponiblse pour les mesures de la valeur Aw sont remplies avec les jus/purées et insérées dans l'appareil. La mesure débute après pression sur la touche « start » de l'appareil durant un court instant. Les mesures sont effectuées à triple à une température de 25°C.

Matières sèches

Les matières sèches ont été effectuées avec le dessiccateur infrarouge Mettler disponible en halle pilote. Pour cela, 10 g de sable sont pesés dans une coupelle, 5 g d'échantillons sont ajoutés aux 10 g de sables. La température d'analyse est de 115°C et le taux de coupure sélectionné est la coupure 2/30s. Les mesures ont été effectuées 4 fois pour chaque échantillon.

2.2.7 Méthodologie générale pour l'utilisation ainsi que le traitement des données avec l'appareil « Bioscope ».

Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ». Un fragment de 5 secondes est coupé dans chaque signal des échantillons mesurés. La façon de procéder pour traiter en détail ces signaux est décrite dans la partie « Traitement du signal » du mode opératoire [annexe 1]. Une fois les signaux traités, ils sont analysés et comparés avec le programme « Signal Analyser » et les options spécifiques « time signal and frequency spectrum » et « spectrogramme de surface ». Pour le spectrogramme de surface, la transformation mathématique utilisée est la fonction « Hanning window ». Cette fonction est utilisée pour minimiser les discontinuités dans le signal de l'échantillon. [9]

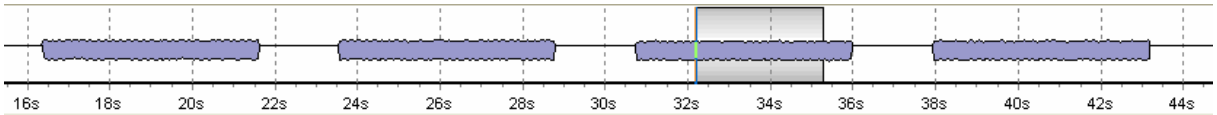


fig.15 : fragments de 5 secondes extraits de chaque signal analysé.

La façon de procéder qui a été appliquée est la suivante ; une seconde de chaque signal est sélectionnée. Puis ces signaux d'une seconde sont comparés les uns aux autres en cherchant dans l'extrait de chaque signal, l'amplitude maximale du signal.
Une fois l'amplitude maximale de chaque signal déterminée, la figure16 est obtenue.

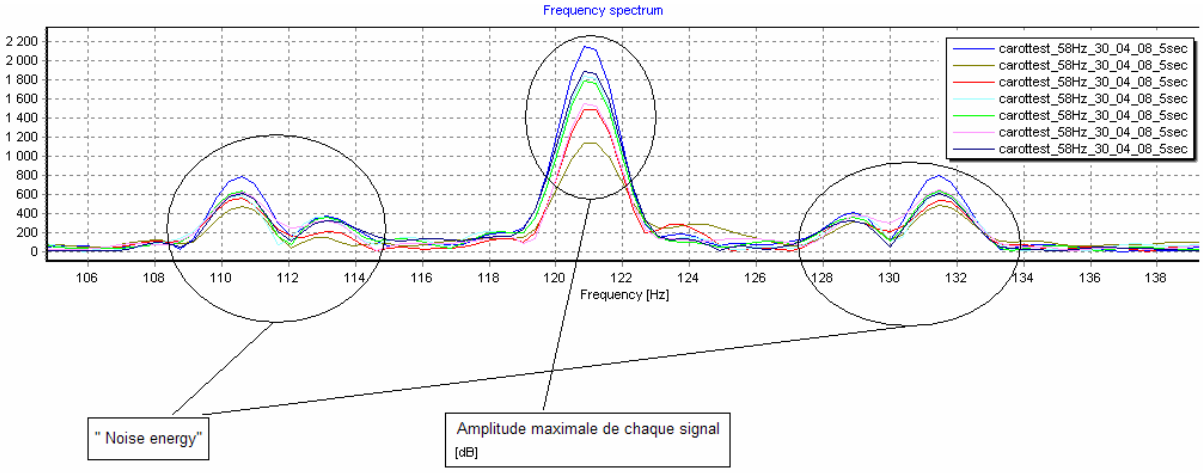


Fig.16 : recherche de l'amplitude maximale de chaque signal (extrait de 1 seconde).

La figure 16 représente les signaux mesurés selon l'option spécifique « time signal and frequency spectrum ». L'axe des « x » représente la fréquence et l'axe des « y » l'amplitude.

Il est possible de remarquer des pics de part et d'autre du signal principal. Ces pics sont dus « au bruit d'énergie ». Ce phénomène est démontré ci-dessous dans la figure 17 :

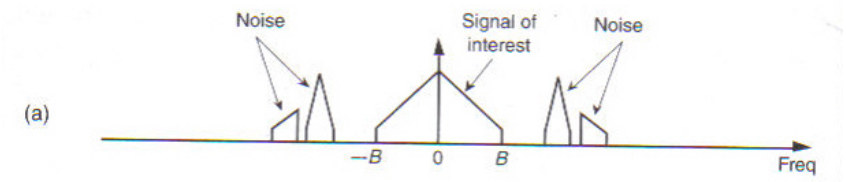
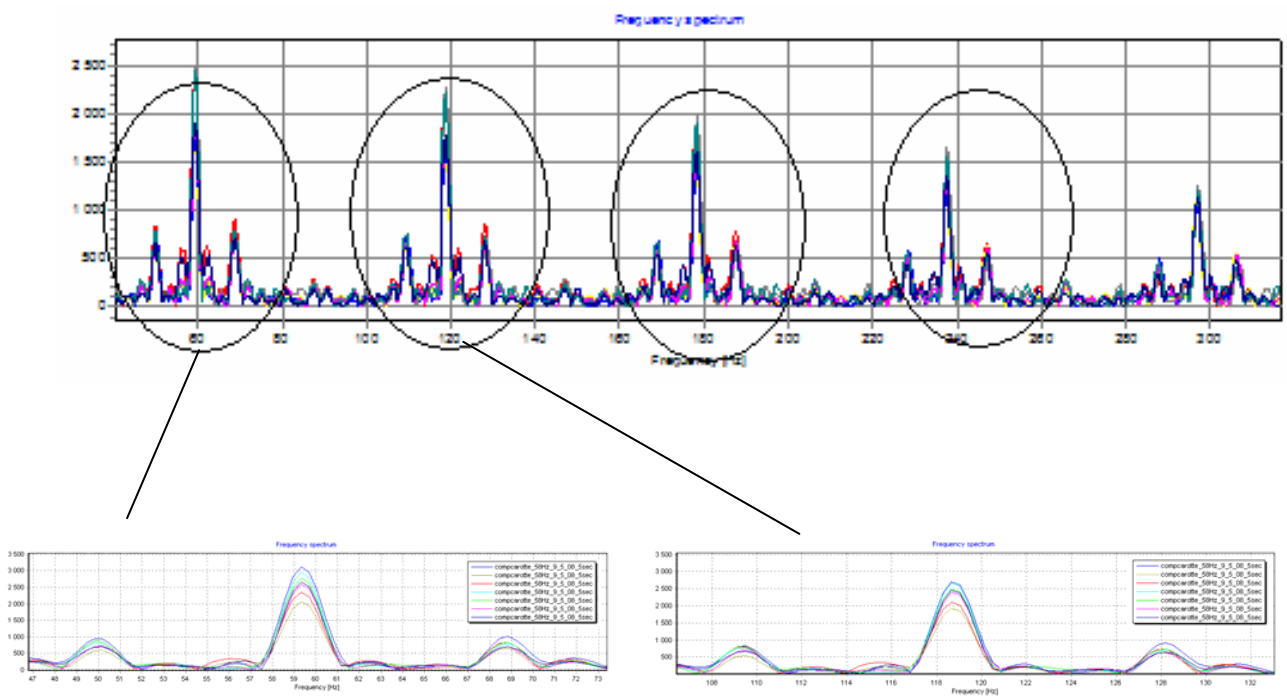


Fig.17 : signal continu avec spectre de « bruit » qui contamine le signal d'intérêt. [19]

Les graphiques, issus de l'option spécifique « time signal and frequency spectrum », des différents échantillons ont été présentés dans la partie « résultats » sous la forme ci-dessous. Le graphique principal représente les spectres des différents échantillons superposés. Les pics

représentent les différentes fréquences. Par exemple, une analyse à une fréquence d'émission de 58Hz. En premier, il est possible d'observer le pic d'émission à 58Hz puis suivent les autres fréquences, c'est-à-dire 116 Hz, 174 Hz. Les trois premiers pics des spectres ont été étudiés.



Pic à 58Hz agrandi Pic à 116Hz agrandi

Figure 18 : schéma d'explication du traitement des signaux effectués. Les spectres des échantillons analysés sont décrits selon les trois premiers pics agrandis aux trois premières fréquences.

La figure 18 démontre la façon dont ont été traités les spectres. Dans la partie « résultats » pour l'analyse des différents jus et purées figure uniquement les trois premiers pics agrandis aux trois premières fréquences du spectre.

2.2.8 Analyse statistique des résultats

De sorte à pouvoir tester la répétabilité des mesures, le même échantillon à été mesuré 6 fois dans des conditions définies. La mesure a été effectuée sur une masse d'échantillon de 110g à 22°C contenue dans une bouteille en verre, par le même opérateur. Le support de mesure est la paillasse de laboratoire. L'amplitude maximale des spectres aux trois premières fréquences pour les 6 mesures sont relevées. Le coefficient de variation est calculé de sorte à pouvoir observer cette répétabilité. Il donne une indication sur l'erreur aléatoire et renseigne sur la précision de la mesure. Le coefficient de variation est mesuré selon la formule ci-dessous ou « S » représente l'écart-type et « X » la moyenne :

$$CV[\%] = \frac{S}{X} \cdot 100$$

L'intervalle de confiance est également calculé pour les mesures aux différentes fréquences. L'intervalle de confiance à 95% de l'espérance mathématique représente l'incertitude d'un résultat d'analyse [20]. Cet intervalle se calcule et est exprimé comme suivant où « X » est la moyenne, « S » l'écart-type et « N » le nombre de mesures :

$$X \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \cdot t_{\alpha,\,N-1}$$

« t » est tiré d'une table spécifique avec α=5% et Φ= N-1.[annexe 2]

La fidélité intermédiaire a également été évaluée. La fidélité intermédiaire représente la répétabilité des mesures lorsque soit l'opérateur, soit le jour ou l'appareillage par exemple est différent. Dans ce cas précis, les échantillons ont été mesurés à différents jours avec le même opérateur et le même appareillage. Cette fidélité intermédiaire à été déterminée pour des conditions bien définies. Par exemple, pour le cas du jus de framboises, chaque jour, des framboises fraichement pressées et un échantillon de jus de framboises pasteurisé sont mesurés. Le cas est similaire pour la purée de tomates. Chaque jour d'analyse une purée est réalisée et une boîte de purée de tomates stérilisées sont mesurées. De même pour les différentes expériences où chaque jour, un jus de chaque sorte est mesuré. Ces mesures sont effectuées selon des conditions définies, c'est-à-dire même masse, même récipient à la même température sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. Les amplitudes maximales obtenues aux trois premières fréquences des spectres sont relevées. Le coefficient de variation est calculé selon la formule ci-dessus.

L'homogénéité de la purée de tomates dans la boîte a également été vérifiée. Pour cela, une boîte de conserve est ouverte est partagé en 5 portions de même masse dans des bouteilles en verre. Chaque portion est mesurée à une fréquence définie et les amplitudes des différents spectres aux trois premières fréquences sont relevées. Le coefficient de variations a été calculé comme précédemment aux trois premières fréquences pour les 5 portions.

L'influence d'une homogénéisation sur la purée de tomates après stérilisation a été démontrée. Pour cela, une boîte de purée de tomates est homogénéisée et distribuée dans 5 bouteilles en verres. La même masse de purée est ajoutée dans les bouteilles de verre et l'analyse est effectuée par la même personne sur la paillasse de laboratoire. Les échantillons sont à la même température. Les amplitudes maximales des pics aux trois différentes fréquences du spectre pour les 5 échantillons sont relevées. Les moyennes obtenues aux différentes fréquences pour les échantillons homogénéisés et les échantillons non-homogénéisés sont comparées selon le test « t » développé plus bas. Si les échantillons sont significativement différents, l'homogénéisation a une influence sur la mesure.

L'analyse statistique des mesures a été effectuée de sorte à déterminer si les différences mesurées au niveau de l'amplitude maximale des pics aux différentes fréquences entre un jus frais et un jus traité technologiquement sont significatives. Pour cela, il est important de s'assurer qu'il n'y a pas de valeurs aberrantes dans les séries de mesures que l'ont veut comparer et que les séries d'échantillons que l'ont veut comparer appartiennent à une distribution normale [21]. Le test permettant d'identifier les valeurs aberrantes d'une série de mesures est le test sur l'aberration selon David, Hartley et Pearson. Pour cela, une valeur P est calculée selon la formule ci-dessous où « Xmax » représente la valeur la plus élevée de la série de mesures, « Xmin » la valeur la plus petites et « S » l'écart type :

$$P = \frac{X\max - X\min}{S}$$

La valeur P calculée est comparée à une valeur P_α tirée d'une table [annexe 2] pour une probabilité d'erreur α=5% et un nombre de mesure N=9. Si la valeur P est plus petite que la valeur P_α , il n'y a pas de valeurs aberrantes. Le test s'effectue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de valeurs aberrantes. [21]
Le test permettant de vérifier si l'échantillon suit une distribution normale est le test d'ajustement selon Kolmogoroff et Smirnoff. Ce test de rang permet de vérifier si l'échantillon suit de manière asymptotique une distribution normale. Ce test est valable pour les petits échantillons (N<30) et s'effectue en plusieurs étapes.
Tout d'abord l'échantillon est présenté par ordre croissant des valeurs. Puis, différentes classes i et leur valeur représentative xi sont établies. La fréquence cumulée « Si = 1/N » ainsi que la valeur centrée et réduite « Zi = (Xi - X)/s » sont déterminées. Enfin, la détermination de la probabilité « Φ < Zi » issue de « Zi » à partir de la fonction de distribution normale centrée et réduite de chaque classe et la détermination des écarts en valeur absolue entre Si et Φ < Zi sont établies. Finalement, le plus grand écart nommé U est désigné. La valeur « Uα = U (α ;N) » est recherchée et déterminée à partir de tables.[annexe 2] Si la valeur U est plus petite que la valeur Uα, l'échantillon est distribué selon une loi normale. [21]
Le test « t » a ensuite été effectué. Pour pouvoir appliquer ce test, il faut que les échantillons considérés suivent de manière asymptotique des distributions normales. Cela veut dire qu'il n'y a plus de valeurs aberrantes (test sur l'aberration) et que les échantillons suivent une distribution normale (test sur l'ajustement). Le test se base sur la comparaison de deux valeurs moyennes et permet de lier ou séparer deux groupes de mesures. Pour ce test, il est également nécessaire que les écarts-types des deux échantillons soient plus ou moins égaux. Pour cela, le test F est appliqué. Le test F est la comparaison entre les déviations de deux séries de mesures

issues de la même méthode. Il est composé de plusieurs étapes. Tout d'abord l'hypothèse H_o est posée tel que σ^2 (A) = σ^2 (B). La valeur F est calculée comme suivant :

$$F = \frac{S^2(AouB)}{S^2(BouA)}$$ de telle façon que F >1

Cette valeur F est comparée à une valeur Fα = F (α, Φ_1, Φ_2) tirée d'une table spécifique [annexe 2] avec Φ_1 le degré de liberté du numérateur et Φ_2 le degré de liberté du dénominateur. Si F < Fα, l'hypothèse de départ Ho est accepté. [21]

Le test t permet de lier ou de séparer deux groupes de mesures. Pour cela, la valeur t est calculé selon la formule ci-dessous :

$$t = \frac{\overline{x} - \overline{y}}{\sqrt{(Nx-1)\cdot Sx^2 + (Ny-1)\cdot Sy^2}} \cdot \sqrt{\frac{Nx \cdot Ny}{Nx + Ny} \cdot (Nx + Ny - 2)}$$

Cette valeur t est comparée à une valeur tα = t (α , Φ= $N_x + N_y - 2$) tirée d'un table spécifique. [annexe2]
Si $|t|$ < tα , les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Ce test, se basant sur la comparaison de deux valeurs moyennes, ne tient pas en compte l'environnement. Par contre, le test de Student apparié permet également de comparer deux échantillonnages tout en tenant compte des variations à l'intérieur des échantillons dues à des variations journalières des conditions ambiantes. [22]

Ce test t se base sur la comparaison par paires. Il s'établit sur les différences entre chaque couple de valeurs. L'ensemble de ces différences Δ compose un nouvel ensemble de taille NΔ = N/2 qui si les deux échantillons de valeurs suivent de manière asymptotique une distribution normale, est de même distribué.[22]
La valeur t se calcule comme suivant :

$$t = \frac{\overline{d}}{S_d} \cdot \sqrt{n}$$

- $\overline{d}$ représente la moyenne des différences entre couples de valeurs, S_d l'écart-type de ces différences et n le nombre de paires de valeurs.

Cette valeur « t » calculée est comparée à une valeur $t_{\alpha,dl}$ avec dl = N_Δ-1 [annexe 2]. Si la valeur « $|t|$ » calculée est plus petite que la valeur $t_{\alpha,dl}$, les échantillons ne sont pas de même distribution, c'est-à-dire sont différents.

2.2.9 Proposition d'un plan de validation de la méthode bioscope

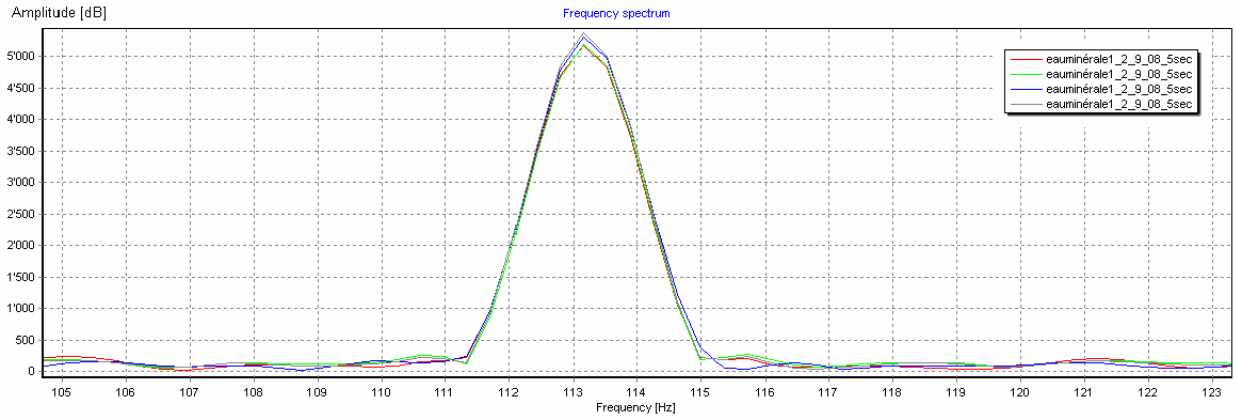
Toute mesure obtenue expérimentalement comporte une incertitude qui fixe les limites de la validité de chaque méthode. La validation analyse et caractérise les méthodes d'essai par rapport à ces limites de performance.[23] Selon la norme ISO/IEC 17025, la validation est « la confirmation par examen et apport de preuves tangibles que les exigences particulières pour un usage spécifique prévu sont satisfaites. » Le but de la validation est donc de démontrer de manière retraçable qu'une méthode permet de réaliser sa fonction spécifique prescrite.[23]La validation proposée pour la méthode bioscope se base sur les mesures expérimentales effectuées durant le travail de diplôme.
Plusieurs paramètres peuvent être évalués pour cette méthode, comme la répétabilité des mesures, la fiabilité intermédiaire des mesures pour un échantillon donné ainsi que la reproductibilité. La répétabilité de mesures se base sur la mesure répétée d'un même échantillon. La fiabilité intermédiaire représente la mesure d'un échantillon lorsque soit l'opérateur, soit le jour ou l'appareil changent. Et pour finir la reproductibilité représente les caractéristiques de dispersion quand l'opérateur, le jour et l'appareillage sont différents. Ces trois paramètres sont représentés par le coefficient de variation. Le coefficient de variation représente la dispersion relative et est exprimé sous la forme d'un pourcentage.

3. Résultats :

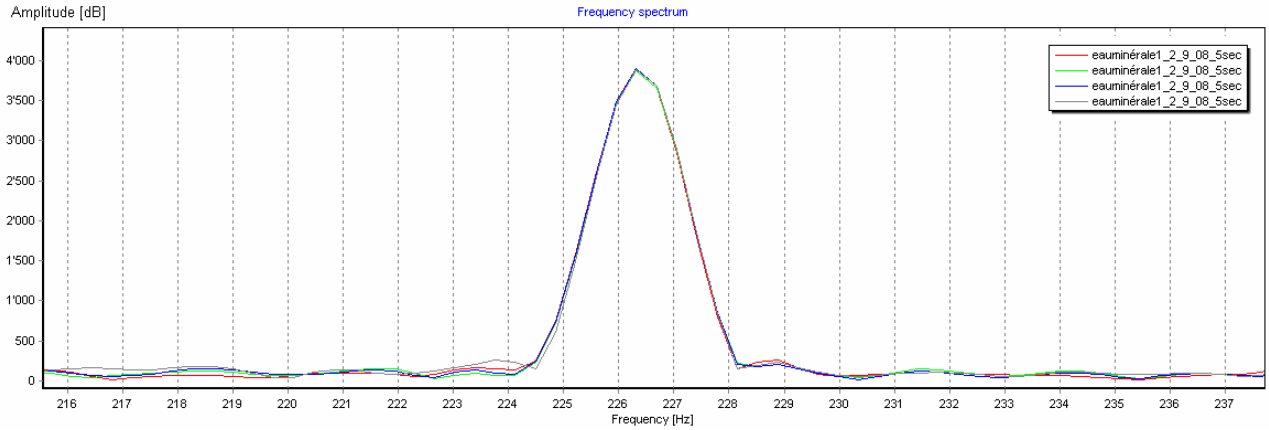
3.1 Mesures des eaux minérales

3.1.1 répétabilité des mesures

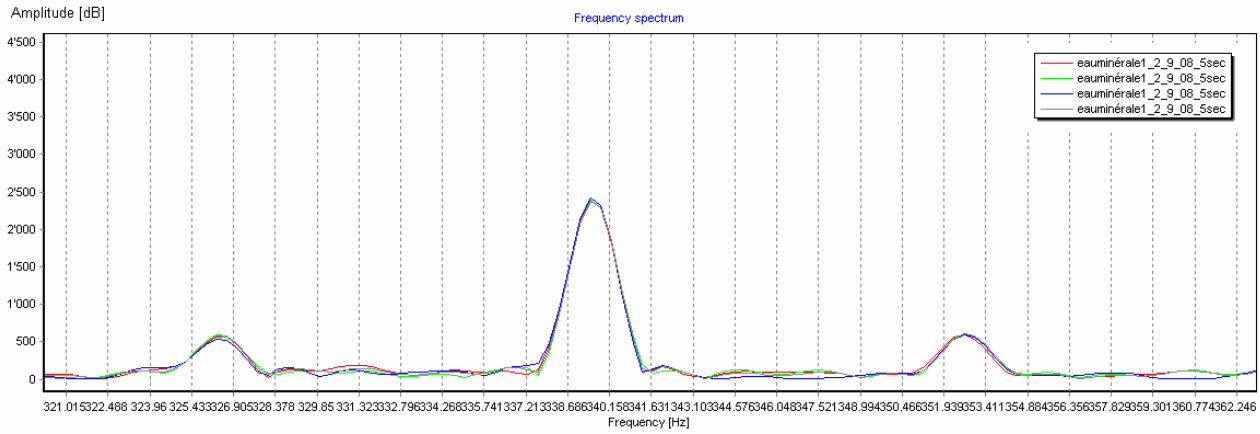
Les graphiques présentés ci-dessous représentent le même échantillon d'eau mesuré 4 fois avec l'appareil bioscope. Les graphiques montrent les amplitudes maximales des pics aux trois premières fréquences du spectre, c'est à dire 113Hz, 226Hz et 339Hz (fréquence d'émission 111Hz).
Les amplitudes des pics visibles sur chaque graphique sont ensuite représentées par des valeurs numériques dans le tableau 1.



Graphique 1 : mesures d'une eau minérale à une fréquence d'environ **113 Hz.** (rouge : essai no1 / vert : essai no2 / bleu : essai no3/ gris : essai no4)



Graphique 2 : mesures d'une eau minérale à une fréquence d'environ **226 Hz.** (rouge : essai no1 / vert : essai no2 / bleu : essai no3/ gris : essai no4)



Graphique 3 : mesures d'une eau minérale à une fréquence d'environ **339 Hz.** (rouge : essai no1 / vert : essai no2 / bleu : essai no3/ gris : essai no4)

Il est possible d'observer sur le graphique 1 un léger décalage de fréquence, la fréquence d'émission étant de 111Hz. Ce léger décalage est également visible aux deux fréquences suivantes.

Tableau 1 : valeurs d'amplitude maximale [dB] obtenues aux différentes fréquences.(fréquence d'émission : 111Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 111 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 222Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 333Hz [dB]**
Eau minérale essai1	5373.644	3888.336	2378.841
Essai2	5181.480	3880.041	2397.009
Essai3	5183.228	3875.221	2388.434
Essai4	5312.884	3907.110	2416.923
Moyenne [dB]	**5262.809**	**3887.677**	**2395.302**
Écart-type [dB]	96.158	14.042	16.212
Intervalle de confiance 95% [dB]	±152.987	±22.340	±25.793
Coefficient de variation [%]	**1.82**	**0.36**	**0.67**

Le tableau 1 donne les valeurs d'amplitudes maximales des pics aux différentes fréquences du spectre (les trois premières) pour l'analyse d'un même échantillon d'eau. La répétabilité des mesures aux différentes fréquences est déterminée par le coefficient de variation. Ce coefficient varie entre 0,6 et 1,8%. L'incertitude de la mesure est donnée par l'intervalle de confiance.

La répétabilité des mesures a été effectuée une deuxième fois sur un nombre de mesures N=6 du même échantillon. Les graphiques représentant les pics aux différentes fréquences n'ont cette fois pas été exposés.

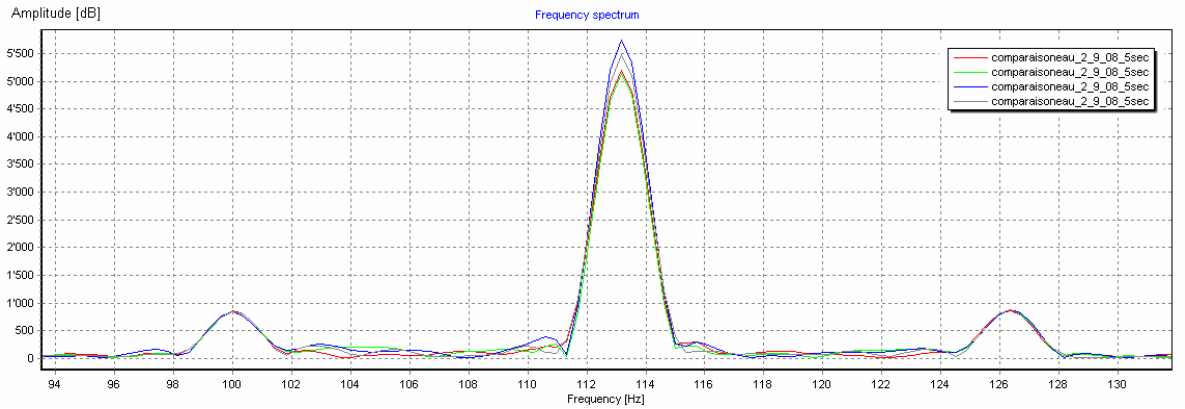
Tableau 2 : valeurs d'amplitude maximale [dB] obtenues aux fréquences de 108,217, 325 Hz (fréquence d'émission : 111Hz)

	Amplitudes maximales à 108 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 217Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 325Hz [dB]**
Eau minérale essai1	4330.536	3192.052	2054.993
Essai2	4488.872	3255.064	2043.231
Essai3	4597.671	3313.200	2025.903
Essai4	4765.374	3382.360	2067.637
Essai5	4896.189	3449.308	2068.590
Essai6	4997.142	3469.004	2053.953
Moyenne [dB]	**4679.297**	**3343.498**	**2052.385**
Ecart-type [dB]	252.996	109.665	16.059
Intervalle de confiance 95% [dB]	±265.546	±115.105	±16.855
Coefficient de variation [%]	**5.39**	**3.26**	**0.78**

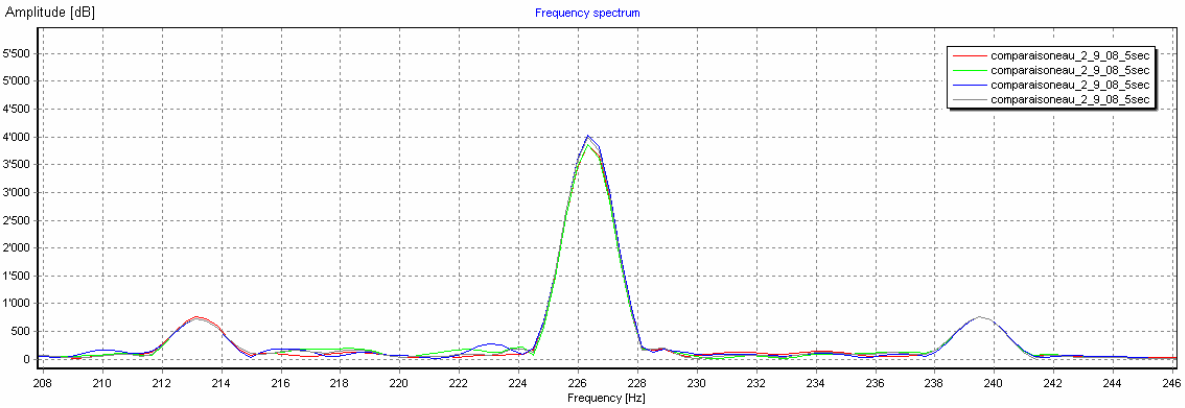
Le tableau 2 donne les valeurs d'amplitudes maximales des pics aux différentes fréquences du spectre (les trois premières) pour 6 mesures d'une même eau. La répétabilité des mesures aux différentes fréquences est déterminée par le coefficient de variation. Ce coefficient varie entre 0,7 et 5,4%.

3.1.2 Mesures des eaux minérales : comparaison des différentes eaux

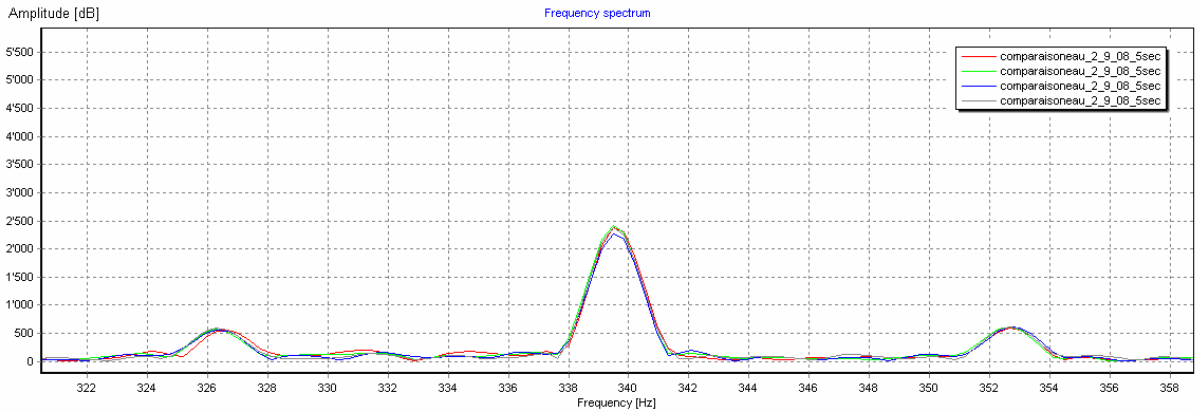
Les graphiques présentés ci-dessous représentent les mesures comparatives des échantillons d'eaux aux trois premières fréquences du spectre (spectre avec fréquence d'émission de 146Hz et spectre avec fréquence d'émission de 123 Hz). Les différentes amplitudes issues des pics visibles aux différentes fréquences sont reportées dans un tableau. Il est à noter que les spectres ont été montrés uniquement pour la première mesure effectuée à 146 Hz et 123 Hz). Les tableaux récapitulatifs donnent les valeurs d'amplitudes maximales obtenues aux différentes fréquences pour les 9 mesures. Les mesures ont été effectuées à raison d'une mesure par jour sur 9 jours d'analyses.



Graphique 4 : mesures d'eaux minérales à une fréquence d'environ **113 Hz.** (rouge : eau minéralle naturelle Henniez / vert : eau déionisée / bleu : eau milipore / gris : eau du robinet)



Graphique 5 : mesures d'eaux minérales à une fréquence d'environ **226 Hz.** (rouge : eau minéralle naturelle Henniez / vert : eau déionisée / bleu : eau milipore / gris : eau du robinet)



Graphique 6 : mesures d'eaux minérales à une fréquence d'environ **339 Hz.** (rouge : eau minéralle naturelle Henniez / vert : eau déionisée / bleu : eau milipore / gris : eau du robinet)

Les graphiques représentent les pics obtenus aux différentes fréquences du spectre pour les 4 échantillons d'eau. Il est possible d'observer un léger décalage entre la fréquence d'émission (111Hz) et les fréquences représentées sur les graphiques.

Tableau 3 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues aux différentes fréquences (fréquence d'émission : 113Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 113 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 226Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 339Hz [dB]**
Eau minérale Henniez	5197.76	3862.56	2375.45
Eau déionisée	5135.55	3855.44	2423.03
Eau milipore	5741.85	4034.56	2269.37
Eau du robinet	5485.80	3988.63	2378.86

Le tableau 3 donne les valeurs d'amplitudes maximales des pics obtenus aux différentes fréquences pour les quatre échantillons d'eaux. Il est observable que les amplitudes varient légèrement en fonction des échantillons.

3.1.3 Analyse des eaux minérales: représentation à l'aide des spectrogrammes de surface

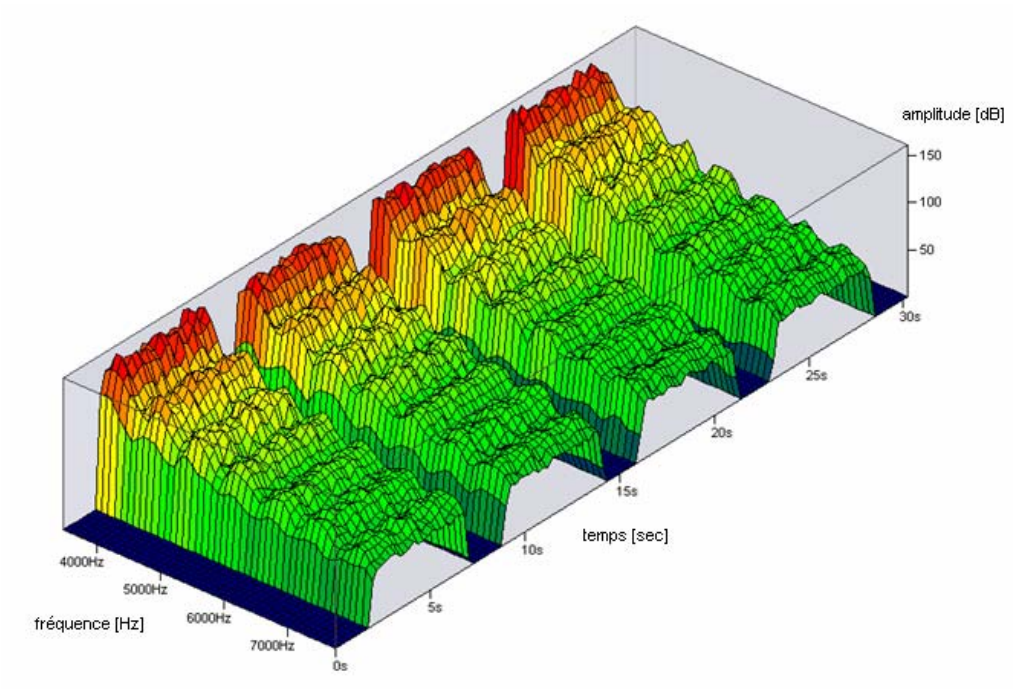


Fig.19 : spectrogrammes de surface représentant la comparaison des différents échantillons à une fréquence d'émission de 111Hz. (de gauche à droite : eau minérale henniez, eau déionisée, eau milipore, eau du robinet)

Les spectrogrammes de surface comparant les échantillons ne montrent pas de différences évidentes entre les échantillons.

3.1.4 Tableaux récapitulatifs des résultats

Les tableaux ci-dessous présentent les résultats obtenus pour la mesure des différentes eaux durant les 9 jours d'analyses. Chaque jour, une eau de chaque sorte (eau minérale Henniez, eau déionisée, eau milipore, eau du robinet) est mesurée. Chaque tableau représente les mesures pour une eau durant les 9 jours de mesures.

Tab.4 : Amplitudes maximales [dB] obtenues aux trois premières fréquences du spectre durant 9 jours d'analyses pour l'eau minérale Henniez.

échantillons	**Amplitudes maximales à 111 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 222Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 333Hz [dB]**
Eau minérale henniez Essai no1	5197.760	3862.560	2375.450
Essai no2	6040.260	4095.530	1931.010
Essai no3	4363.380	3171.090	2050.170
Essai no4	5025.298	3730.406	2348.018
Essai no5	4037.735	3062.511	2034.480
Essai no6	3577.408	3005.933	2277.154
Essai no7	4464.842	3606.140	2542.495
Essai no8	3853.769	3132.017	2272.546
Essai no9	4063.810	3253.877	2316.639
Moyenne [dB]	**4513.807**	**3435.563**	**2238.662**
Ecart type [dB]	776.702	395.720	194.796
Intervalle de confiance 95% [dB]	±597.025	±304.177	±149.733
Coefficient de variation [%]	**17.2**	**11.5**	**8.7**

Tab.5 : Amplitudes maximales [dB] obtenues aux trois premières fréquences du spectre durant 9 jours d'analyses pour l'eau déionisée.

échantillons	**Amplitudes maximales à 111 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 222Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 333Hz [dB]**
Eau déionisée Essai no1	5135.55	3855.44	2423.03
Essai no2	6589.83	4181.08	1931.01
Essai no3	4738.86	3376.49	2077.62
Essai no4	4447.293	3445.079	2358.412
Essai no5	4322.287	3274.458	2156.674
Essai no6	3627.424	3030.038	2269.618
Essai no7	4690.274	3714.233	2528.219
Essai no8	3745.619	3033.036	2185.228
Essai no9	3867.282	3121.430	2247.247
Moyenne [dB]	**4573.824**	**3447.92**	**2241.895**
Ecart type [dB]	906.965	397.346	181.409
Intervalle de confiance 95% [dB]	±697.154	±305.427	±139.443
Coefficient de variation [%]	**19.8**	**11.5**	**8.1**

Tab.6 : Amplitudes maximales [dB] obtenues aux trois premières fréquences du spectre durant 9 jours d'analyses pour l'eau milipore.

échantillons	**Amplitudes maximales à 111 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 222Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 333Hz [dB]**
Eau milipore Essai no1	5741.850	4034.56	2269.37
Essai no2	6609.010	4135.90	1744.51
Essai no3	4784.120	3399.57	2078.84
Essai no4	4682.625	3557.813	2375.444
Essai no5	3485.144	2764.065	1942.292
Essai no6	3305.520	2824.150	2187.999
Essai no7	4606.686	3675.291	2538.585
Essai no8	3790.332	3072.290	2228.415
Essai no9	3755.000	3006.881	2170.598
Moyenne [dB]	**4528.920**	**3385.613**	**2170.672**
Ecart type [dB]	1096.780	505.098	232.613
Intervalle de confiance 95% [dB]	±843.058	±388.252	±178.802
Coefficient de variation [%]	**24.2**	**14.9**	**10.7**

Tab.7 : Amplitudes maximales [dB] obtenues aux trois premières fréquences du spectre durant 9 jours d'analyses pour l'eau du robinet.

échantillons	**Amplitudes maximales à 111 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 222Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 333Hz [dB]**
Eau du robinet Essai no1	5485.80	3988.63	2378.86
Essai no2	6355.38	4126.20	1991.14
Essai no3	5387.23	3608.35	2092.58
Essai no4	4392.763	3413.124	2352.133
Essai no5	3268.039	2605.195	1850.514
Essai no6	3733.413	3105.568	2327.838
Essai no7	5014.538	3875.018	2528.519
Essai no8	3705.792	3016.378	2201.444
Essai no9	4613.794	3521.161	2340.152
Moyenne [dB]	**4661.861**	**3473.291**	**2229.242**
Ecart-type [dB]	999.435	496.863	214.666
Intervalle de confiance 95% [dB]	±768.232	±381.922	±165.006
Coefficient de variation [%]	**21.4**	**14.3**	**9.6**

Il est possible d'observer dans les tableaux 4, 5, 6 et 7 que la fiabilité intermédiaire, représentée par le coefficient de variation, est assez élevée aux trois fréquences du spectre présentées. Elle est très importante à la première fréquence et décroit légèrement aux deux autres fréquences.

3.1.5 Analyses statistiques des résultats des eaux minérales

Pour des raisons pratiques, il a été décidé de comparer uniquement l'eau du robinet avec l'eau milipore. L'eau milipore étant l'eau ayant subi le plus de traitements (échanges de ions, filtration) et l'eau du robinet étant l'eau la plus riche en minéraux et subissant le moins de traitements.

La démarche détaillée de l'analyse statistique des résultats a été expliquée dans la partie méthode. Les échantillons ont subis un test sur l'aberration ainsi qu'un test d'ajustement avant d'avoir pu être comparés par paires à l'aide du test de Student sur l'appariement. Ce test compare par exemple les amplitudes à 111Hz obtenues pour l'eau du robinet et les amplitudes à 111Hz obtenues pour l'eau milipore. Les eaux minérales sont comparées comme cela aux trois premières fréquences du spectre (spectre avec fréquence d'émission de 111Hz).

Fréquence d'émission 111Hz

L'analyse statistique des résultats aux fréquences de 111Hz, 222Hz et 333Hz montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%, d'après le test de Student apparié, l'eau du robinet et l'eau milipore appartiennent à la même population statistique.[annexe 3]

3.2 Influence de la congélation sur la mesure des énergies subtiles d'un jus de carottes

3.2.1 Microscopie d'un jus de carottes frais pressé et congelé

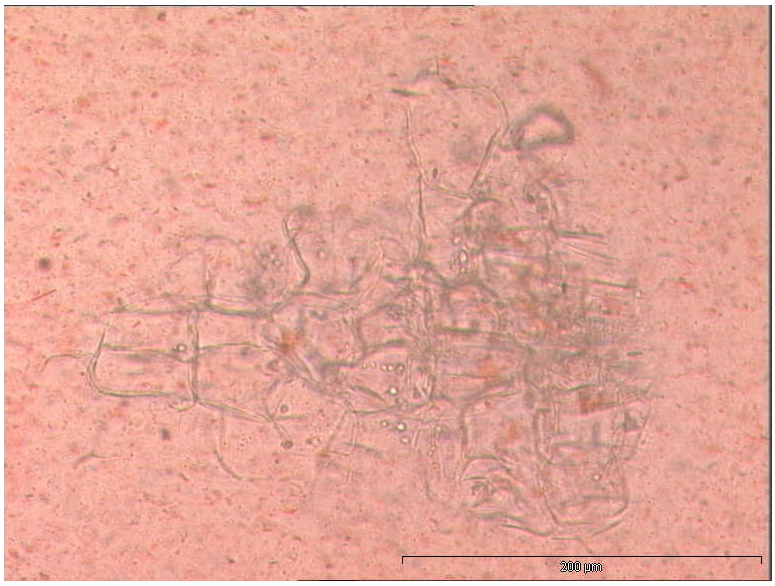


Fig.20 : cellules issues du jus de carottes frais pressé.(grossissement 200x)

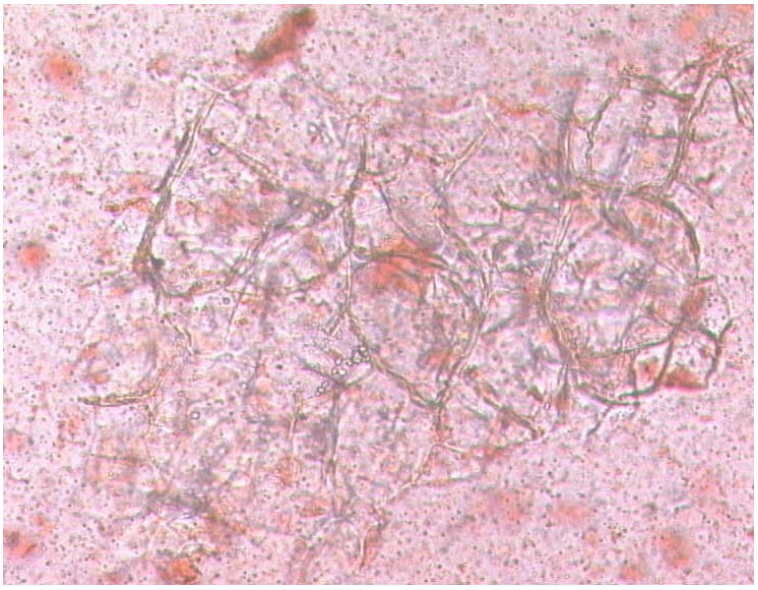


Fig.21 : cellules issues du jus de carottes congelé.(grossissement 200x)

Il est visible sur les figures 20 et 21 que l'état des cellules varie très peu selon que le jus de carottes soit frais pressé ou congelé.

3.2.2 Répétabilité des mesures d'un jus de carottes

La répétabilité de la mesure d'un jus de carottes a été effectuée en mesurant 6 fois le même échantillon de jus de carottes dans les mêmes conditions opératoires.

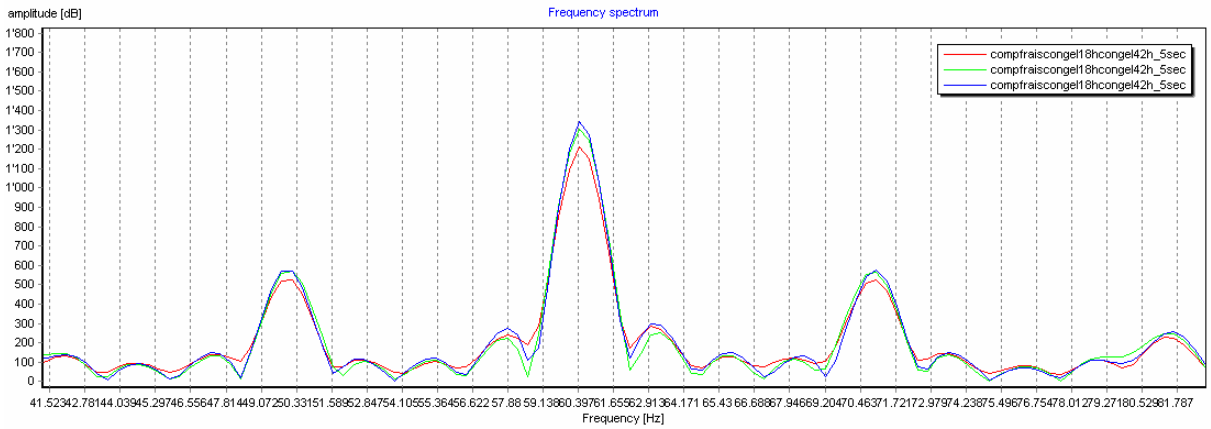
Tableau 8 : valeurs d'amplitude maximale [dB] obtenues aux fréquences de 146, 292, 438 Hz (fréquence d'émission : 146Hz).

Echantillon	Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]	Amplitudes maximales à 292Hz [dB]	Amplitudes maximales à 438Hz [dB]
Eau minérale essai1	1206.976	1161.747	1088.194
Essai2	1125.023	1084.958	1031.286
Essai3	1098.765	1057.435	985.438
Essai4	1254.715	1205.271	1120.495
Essai5	1195.47	1196.111	1118.762
Essai6	1179.863	1136.337	1065.985
Moyenne [dB]	**1176.802**	**1140.310**	**1068.36**
Ecart-type [dB]	56.762	59.567	52.741
Intervalle de confiance 95% [dB]	±62.726	±62.522	±58.103
Coefficient de variation [%]	**4.75**	**5.26**	**4.96**

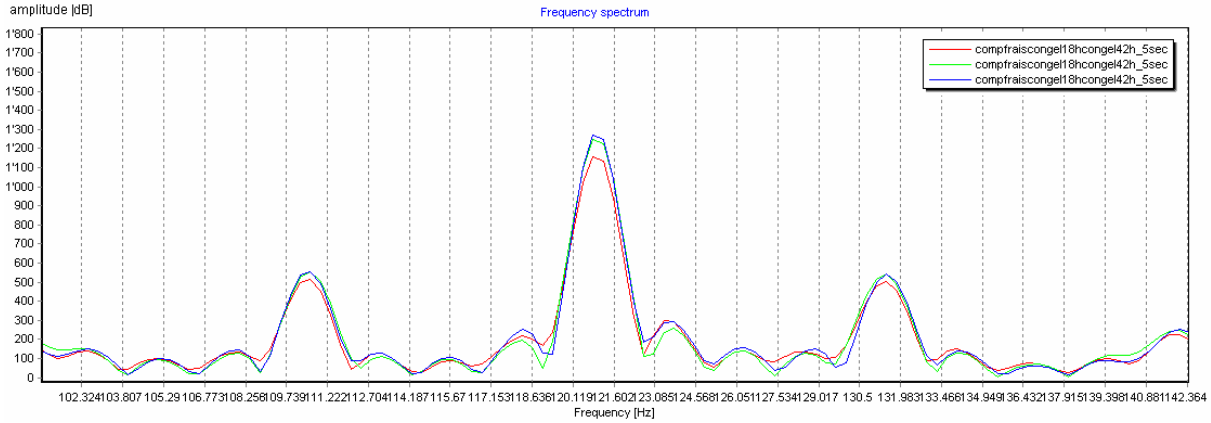
Le tableau 8 donne les amplitudes maximales des pics obtenus pour la mesure d'un même jus de carottes aux différentes fréquences du spectre. Il est possible d'observer de légères différences pour la mesure d'un même échantillon. La répétabilité des mesures est représentée par le coefficient de variation. Les coefficients de variation obtenus aux trois premières fréquences du spectre se situent autour de 5%.

3.2.3 Mesures des jus de carottes frais pressés et des jus de carottes congelés

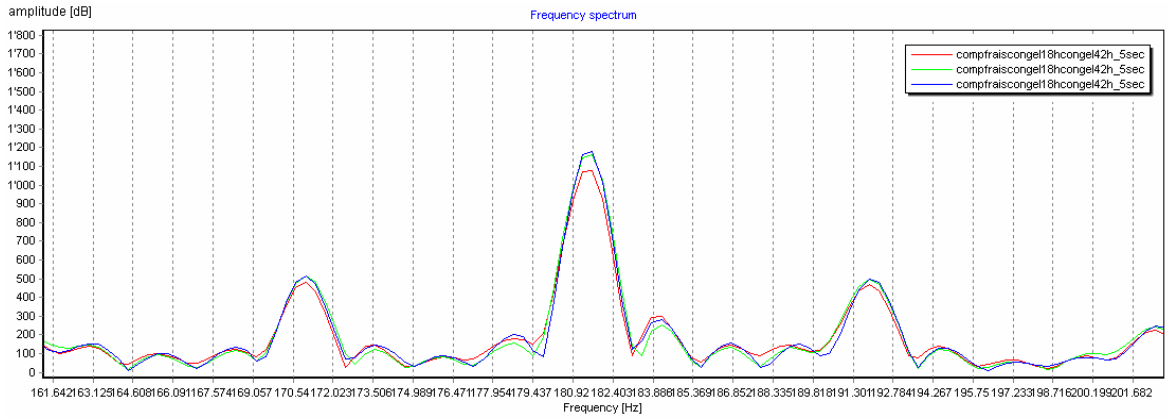
Les graphiques présentés ci-dessous représentent les mesures comparatives des échantillons de jus de carottes frais pressés et des jus de carottes congelés aux trois premières fréquences du spectre (spectre avec fréquence d'émission de 58Hz). Les différentes amplitudes issues des pics visibles aux différentes fréquences sont reportées dans un tableau. Il est à noter que les spectres ont été montrés uniquement pour une mesure effectuée à 58 Hz. Les tableaux récapitulatifs donnent les valeurs d'amplitudes maximales obtenues aux différentes fréquences pour les 7 mesures. Les mesures ont été effectuées à raison d'une mesure par jour sur 7 jours d'analyses sauf pour le jus de carottes congelé 42 heures où les mesures ont été effectuées sur 6 jours.



Graphique 7 : mesure d'un jus de carottes frais pressé, d'un jus de carottes congelé 18h à -20°C et d'un jus de carottes congelé 42h à -20°C à une fréquence d'environ **60 Hz**. (rouge : jus de carottes frais pressé / vert : jus de carottes congelé 18h/ bleu : jus de carottes congelé 42h)



Graphique 8 : mesure d'un jus de carottes frais pressé, d'un jus de carottes congelé 18h à -20°C et d'un jus de carottes congelé 42h à -20°C à une fréquence d'environ **120 Hz**. (rouge : jus de carottes frais pressé / vert : jus de carottes congelé 18h/ bleu : jus de carottes congelé 42h)



Graphique 9 : mesure d'un jus de carottes frais pressé, d'un jus de carottes congelé 18h à -20°C et d'un jus de carottes congelé 42h à -20°C à une fréquence d'environ **180 Hz**. (rouge : jus de carottes frais pressé / vert : jus de carottes congelé 18h/ bleu : jus de carottes congelé 42h)

Il est possible d'observer sur les graphiques ci-dessus qu'il y a un léger décalage de fréquence entre la fréquence d'émission (58Hz) et la fréquence observée sur les graphiques (première fréquence de 60Hz). Ce décalage est reporté aux autres fréquences.

Tableau 9 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues aux différentes fréquences d'analyse.(fréquence d'émission : 58Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 60 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 120Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 180Hz [dB]**
Jus frais pressé	1209.645	1157.616	1074.546
Jus congelé 18h	1305.273	1245.424	1163.855
Jus congelé 42h	1341.659	1270.673	1180.643

Le tableau 9 donne les amplitudes maximales des pics aux différentes fréquences visibles pour les différents échantillons. Les amplitudes correspondant aux jus congelés possèdent des amplitudes légèrement supérieures à celle du jus frais pressé.

3.2.4 Analyse des jus de carottes frais pressés et congelés : représentation à l'aide des spectrogrammes de surface

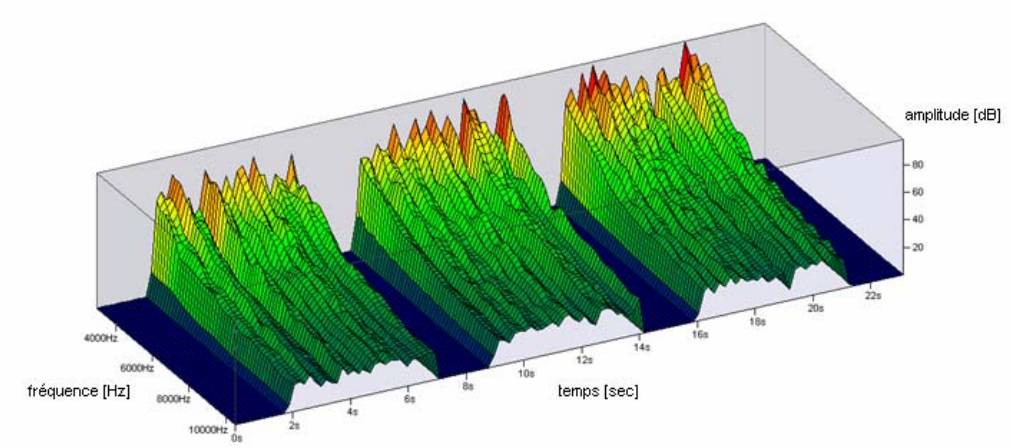


Fig.22 : spectrogrammes de surfaces représentant la comparaison des différents échantillons à une fréquence d'émission de 58Hz. (de gauche à droite : jus frais pressé, jus congelé 18h, jus congelé 42h)

Les spectrogrammes de surface comparant les échantillons ne montrent pas de différences évidentes entre échantillons.

3.2.5 Tableaux récapitulatifs des résultats

Les mesures effectuées sur les 7 jours ont été représentées dans les tableaux ci-dessous en reportant les amplitudes maximales des pics obtenus pour chaque échantillon aux différentes fréquences du spectre (fréquence d'émission 58Hz).

Tableau 10 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de carottes frais pressées aux trois premières fréquences du spectre.(fréquence d'émission : 58Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 58 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 116Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 174Hz [dB]**
Jus de carottes frais pressé essai no1	1468.560	1390.470	1289.900
Essai no2	1808.150	1705.330	1524.170
Essai no3	1490.210	1393.660	1245.290
Essai no4	1587.197	1519.790	1377.429
Essai no5	1209.645	1157.616	1074.546
Essai no6	891.363	871.075	836.351
Essai no7	1435.088	1381.582	1294.740
Moyenne [dB]	**1412.887**	**1345.646**	**1234.632**
Ecart-type [dB]	291.399	266.419	221.833
Intervalle de confiance 95% [dB]	±269.509	±246.405	±205.169
Coefficient de variation [%]	**20.6**	**19.8**	**17.9**

Tableau 11 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de carottes congelé 18 heures aux trois premières fréquences du spectre.(fréquence d'émission : 58Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 58 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 116Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 174Hz [dB]**
Jus de carottes congelé 18h essai no1	1531.580	1450.470	1331.840
Essai no2	948.860	927.640	890.440
Essai no3	1208.230	1161.120	1092.770
Essai no4	1766.081	1668.323	1515.364
Essai no5	1305.273	1245.424	1163.855
Essai no6	1191.032	1155.521	1091.900
Essai no7	1528.864	1463.702	1355.852
Moyenne [dB]	**1354.274**	**1296.028**	**1206.003**
Ecart-type [dB]	272.715	247.245	208.643
Intervalle de confiance 95% [dB]	±252.228	±228.671	±192.969
Coefficient de variation [%]	**20.1**	**19.1**	**17.3**

Tableau 12 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de carottes congelé 42 heures aux trois premières fréquences du spectre.(fréquence d'émission : 58Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus de carottes congelé 42h essai no1	1071.870	1059.510	1007.990
Essai no2	1973.860	1844.610	1621.650
Essai no3	1696.018	1621.637	1473.824
Essai no4	1341.659	1270.673	1180.643
Essai no5	1190.518	1157.575	1101.291
Essai no6	1336.941	1281.744	1137.786
Moyenne [dB]	**1435.144**	**1372.624**	**1253.864**
Ecart-type [dB]	337.183	299.238	239.255
Intervalle de confiance 95% [dB]	±353.909	±314.082	±251.123
Coefficient de variation [%]	**23.5**	**21.8**	**19.08**

Les tableaux ci-dessus donnent les amplitudes maximales des pics aux différentes fréquences du spectre. Les mesures ont été effectuées à raison d'une analyse par jour. Le coefficient de variation indique la fidélité intermédiaire des mesures. Les coefficients de variation calculés aux différentes fréquences pour les différents échantillons donnent des résultats similaires avec, à la fréquence de 123Hz, un coefficient de variation d'environ 20%. A la fréquence de 246Hz, le coefficient de variation se situe également autour de 20% et de même pour la troisième fréquence du spectre.

3.2.6 Analyses statistiques des résultats des jus de carottes frais-pressés et congelés

La démarche détaillée de l'analyse statistique des résultats a été expliquée dans la partie méthode. Les échantillons ont subis un test sur l'aberration ainsi qu'un test d'ajustement avant d'avoir pu être comparés par paires à l'aide du test de Student sur l'appariement. Ce test compare par exemple les amplitudes à 58Hz obtenues pour le jus de carottes frais pressé et les amplitudes à 123Hz obtenues pour le jus de carottes congelé. Les jus de carottes avec et sans congélation sont comparés comme cela aux trois fréquences du spectre (spectre avec fréquence d'émission 58Hz).

Fréquence d'émission 58Hz

L'analyse statistique des résultats aux fréquences de 58Hz, 116Hz et 174Hz montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%, d'après le test de Student apparié, les échantillons de jus de carottes frais pressés et le jus de carottes congelés 18 heures et 42 heures appartiennent à la même population statistique.[annexe 4]

3.3 Influence de la pasteurisation sur la mesure des énergies subtiles d'un jus de framboises

3.3.1 Rendement de l'opération de pressage des framboises

Le rendement de l'opération de pressage des framboises a été calculé à partir de la masse de framboises de départ, de la masse des déchets et de la masse du jus obtenu en fin d'opération.

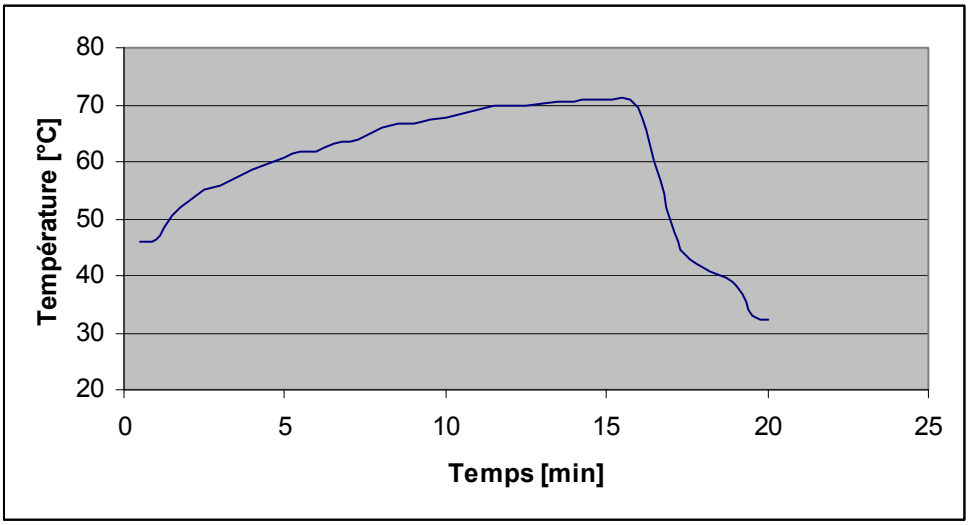
Tab.13 : tableau récapitulatif des différentes masses obtenues aux différentes étapes de la production du jus de framboises

Masse de framboises au départ de l'opération	4,37 kg
Masse de jus après pressage	2,64 kg
Masse pépins et autres déchets organiques	1,42 kg
Rendement	**60,42%**

Le tableau 13 présente les masses entrant dans le calcul du rendement de l'opération de réalisation du jus. La masse de framboises de départ représente le 100%.

3.3.2 Pasteurisation du jus de framboises à 70°C/ 4 minutes

La pasteurisation du jus de framboises a été effectuée dans un bain marie sans agitation avec un plateau de 70°C pendant 4 minutes et est représentée par le graphique ci-dessous.



Graph.10 : courbe temps/température représentant la pasteurisation du jus de framboises avec un palier de 4 minutes à une température de 70°C.

Le graphique 10 montre l'évolution de la température en fonction du temps à cœur du produit mesurée à l'aide d'un thermomètre digital.

3.3.3 Scan de fréquences

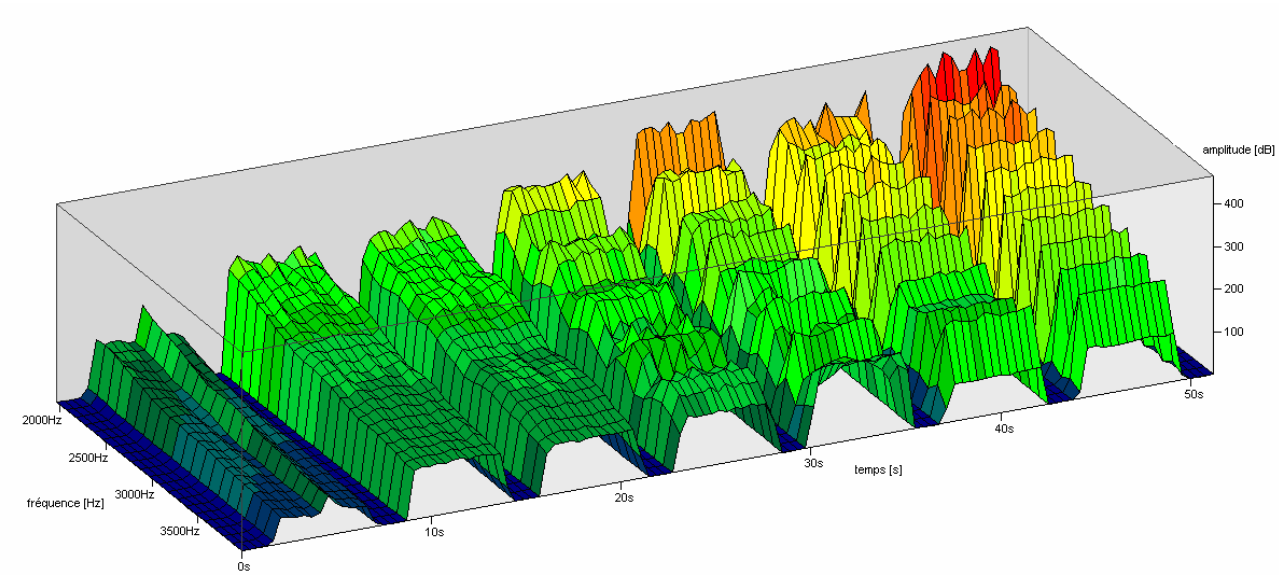


Fig.23 : spectrogramme de surface d'un échantillon de jus de framboises « pressé mains ».
(de gauche à droite : 58Hz, 82Hz, 105Hz, 123Hz, 146Hz, 175Hz, 193Hz).

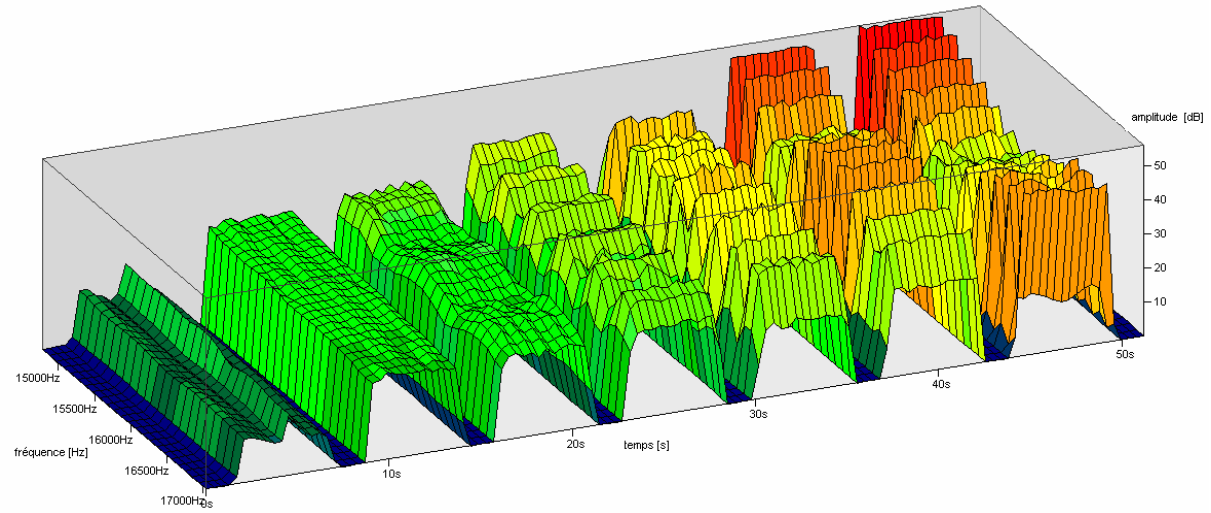


Fig.24 : spectrogramme de surface d'un échantillon de jus de framboises « pressé mains ».
(de gauche à droite : 58Hz, 82Hz, 105Hz, 123Hz, 146Hz, 175Hz, 193Hz).

Les figures 23 et 24 représentent le comportement d'un échantillon de jus de framboises aux différentes fréquences. Il est possible d'observer des caractéristiques différentes en fonction de la fréquence.

3.3.4 Répétabilité des mesures à une fréquence d'émission de 146Hz

Tab.14 : Amplitudes maximales obtenues aux trois premières fréquences du spectre (fréquence d'émission 146Hz) pour la mesure d'un même échantillon de jus de framboises frais pressés.

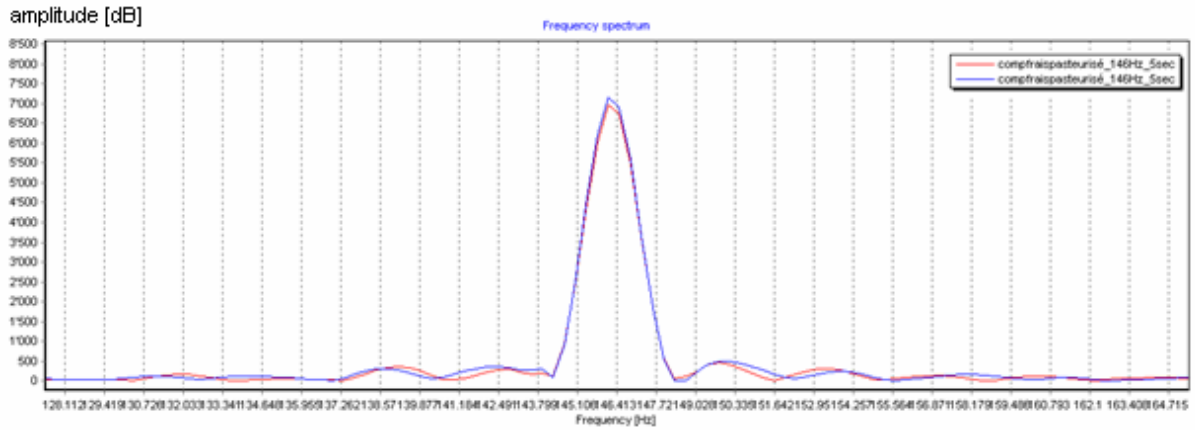
	Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Jus de framboises essai1	6907.360	4130.927	1586.456
Essai2	7002.783	4192.807	1797.532
Essai3	6987.693	4180.428	1586.597
Essai4	6977.779	4183.662	1529.480
Essai5	6985.810	4158.603	1622.244
Essai6	7075.175	4168.877	1438.565
Moyenne [dB]	**6989.433**	**4169.217**	**1593.479**
Ecart-type [dB]	53.698	22.225	118.875
Intervalle de confiance 95% [dB]	±56.361	±23.327	±124.772
Coefficient de variation [%]	**0.77**	**0.53**	**7.47**

Les coefficients de variation calculés aux différentes fréquences pour les mesures du même jus donnent une information sur la répétabilité des mesures.

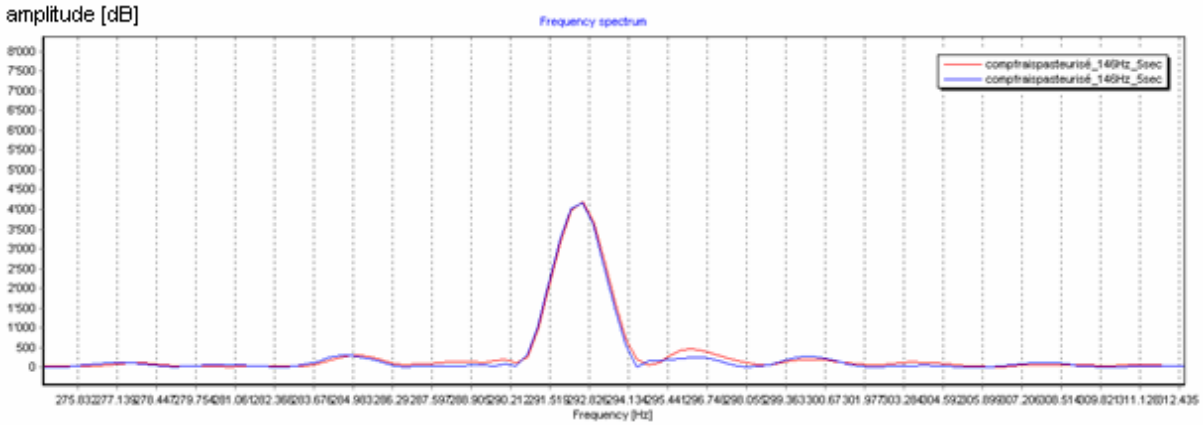
3.3.5 Mesure des jus de framboises frais pressés et pasteurisés 70°C/4minutes

Les graphiques présentés ci-dessous représentent les mesures comparatives des échantillons de jus de framboises frais pressés et des jus de framboises pasteurisés aux trois premières fréquences des spectres (spectre avec fréquence d'émission de 146Hz et spectre avec fréquence d'émission de 123 Hz). Les différentes amplitudes issues des pics visibles aux différentes fréquences sont reportées dans un tableau. Il est à noter que les spectres ont été montrés uniquement pour la première mesure effectuée à 146 Hz et 123 Hz). Les tableaux récapitulatifs donnent les valeurs d'amplitudes maximales obtenues aux différentes fréquences pour les 9 mesures. Les mesures ont été effectuées à raison d'une mesure par jour sur 9 jours d'analyses.

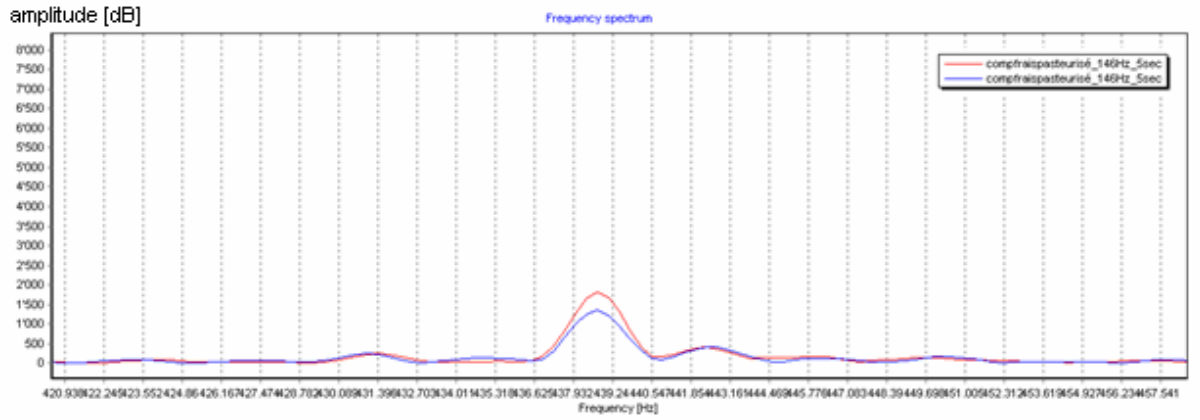
Essai 1: fréquence d'émission de 146Hz



Graphique 11 : mesure d'un jus de framboises frais pressés et d'un jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes à une fréquence de **146 Hz.** (rouge : jus de framboises frais pressés / bleu : jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes.)



Graphique 12 : mesure d'un jus de framboises frais pressés et d'un jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes à une fréquence de **292 Hz.** (rouge : jus de framboises frais pressées / bleu : jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes.)



Graphique 13 : mesure d'un jus de framboises frais pressés et d'un jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes à une fréquence de **438 Hz.** (rouge : jus de framboises frais pressés / bleu : jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes.)

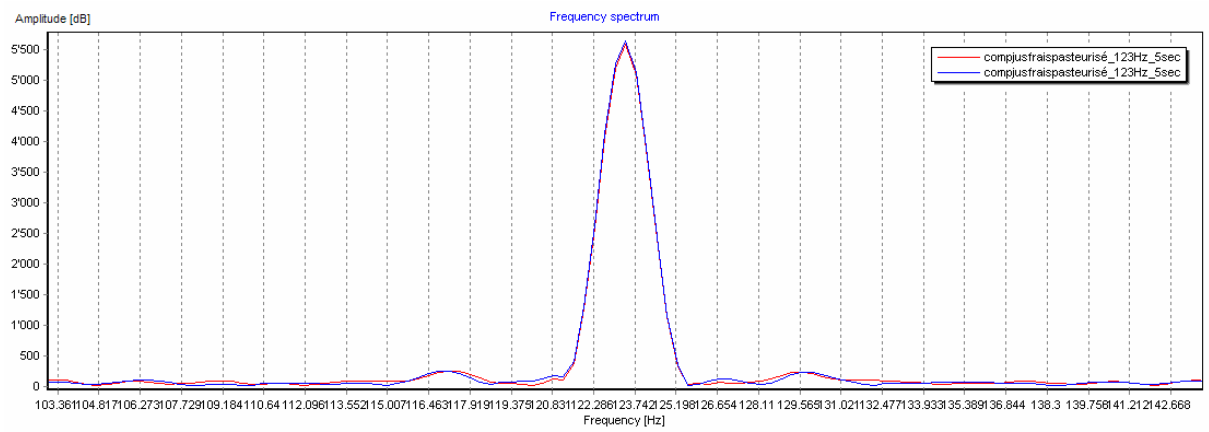
Les graphiques 11,12 et 13 montrent les différents pics obtenus aux trois premières fréquences du spectre. Il est possible d'observer de petites variations d'amplitudes entre le jus frais et le jus pasteurisé aux différentes fréquences.

Tableau 15 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues aux différentes fréquences d'analyse. (Fréquence **d'émission : 146Hz**)

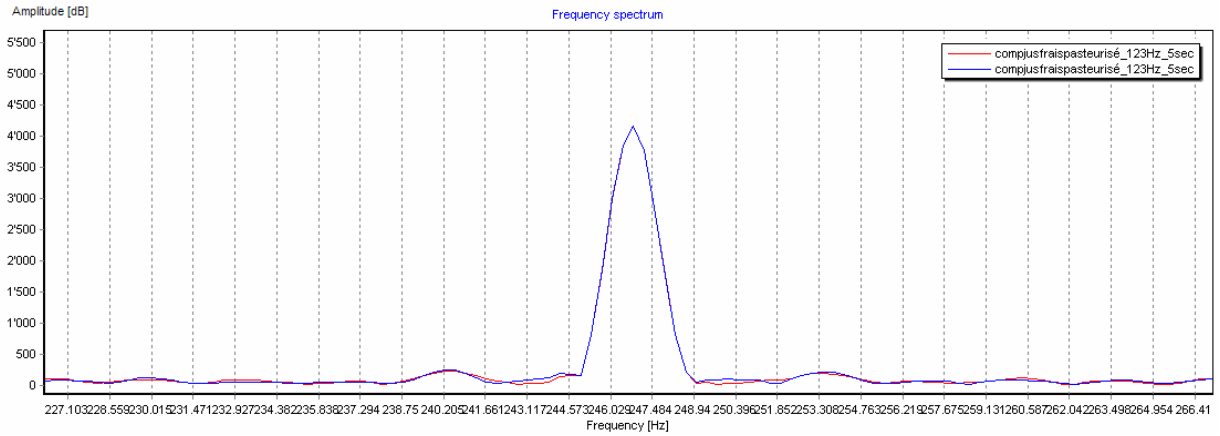
échantillons	**Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Jus frais pressé	6961.71	4188.62	1804.56
Jus pasteurisé 70°C 4 minutes	7153.19	4158.06	1348.73

Les valeurs d'amplitudes maximales montrent plus concrètement les comparaisons entre échantillons visibles sur les graphiques ci-dessus. Des différences sont visibles entre échantillons. Par exemple, à 146Hz, le jus pasteurisé possède une amplitude maximale supérieure à celle du jus frais pressé.

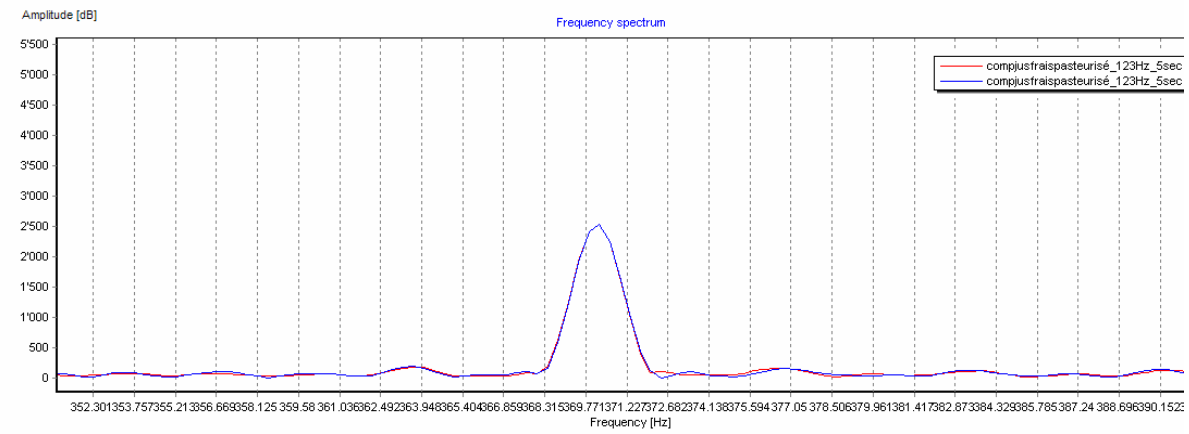
Essai 1 : fréquence d'émission de 123Hz



Graphique 14 : mesure d'un jus de framboises frais pressés et d'un jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes à une fréquence de **123 Hz.** (rouge : jus de framboises frais pressés / bleu : jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes.)



Graphique 15 : mesure d'un jus de framboises frais pressés et d'un jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes à une fréquence de **246 Hz.** (rouge : jus de framboises frais pressés / bleu : jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes.)



Graphique 16 : mesure d'un jus de framboises frais pressés et d'un jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes à une fréquence de **370 Hz.** (rouge : jus de framboises frais pressés / bleu : jus de framboises pasteurisé à 70°C pendant 4 minutes.)

Les graphiques ci-dessus montrent un très léger décalage de fréquences observables entre la fréquence d'émission et les fréquences présentées.il est possible d'observer que les courbes se superposent plus ou moins.

Tableau 16 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues aux différentes fréquences d'analyse.(**fréquence d'émission : 123Hz**)

échantillons	**Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 370Hz [dB]**
Jus frais pressé	5591.83	4162.33	2542.79
Jus pasteurisé 70°C 4 minutes	5655.09	4158.04	2535.74

Le tableau 16 donne les amplitudes maximales des pics visibles aux différentes fréquences sur les graphiques ci-dessus. A 123Hz, par exemple, le jus pasteurisé possède une amplitude supérieure à celle du jus frais pressé.

3.3.6 Analyse des jus de framboises frais pressés et pasteurisés : représentation à l'aide des spectrogrammes de surface

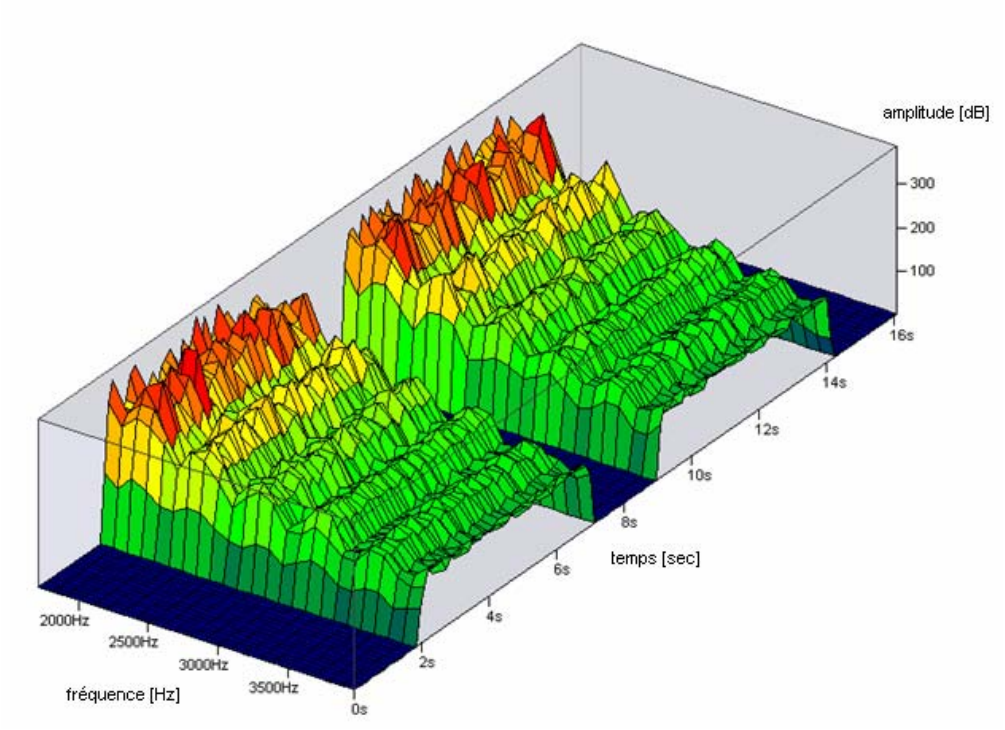


Fig.25 : spectrogrammes de surfaces représentant la comparaison des différents échantillons à une fréquence d'émission de 123Hz. (de gauche à droite : jus frais pressé, jus pasteurisé)

Les spectrogrammes de surface comparant les échantillons ne montrent pas de différences évidentes entre échantillons.

3.3.7 Tableaux récapitulatifs des résultats

Les mesures effectuées sur les 9 jours ont été représentées dans les tableaux ci-dessous en reportant les amplitudes maximales des pics obtenus pour chaque échantillon aux différentes fréquences des spectres (123 et 146Hz).

Tableau 17 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de framboises frais pressé aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :123Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus de framboises frais pressé essai no1	5591.83	4162.33	2542.79
Essai no2	5409.86	4105.38	2571.20
Essai no3	4866.632	3825.032	2619.219
Essai no4	4984.005	3958.549	2688.158
Essai no5	5502.312	4052.878	2549.270
Essai no6	6157.814	4268.133	2280.978
Essai no7	5437.409	4131.130	2617.301
Essai no8	5018.360	3987.257	2682.804
Essai no9	4750.376	3842.037	2684.719
Moyenne[dB]	**5302.066**	**4036.97**	**2581.827**
Ecart-type [dB]	441.859	147.685	126.468
Intervalle de confiance 95% [dB]	±339.642	±113.520	±97.212
Coefficient de variation [%]	**8.33**	**3.66**	**4.90**

Tableau 18 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de framboises pasteurisé aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :123Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus de framboises pasteurisé essai no1	5655.09	4158.04	2535.74
Essai no2	6012.69	4265.37	2244.00
Essai no3	5022.828	3879.013	2553.923
Essai no4	5298.816	4064.844	2676.524
Essai no5	5458.643	4090.227	2592.607
Essai no6	6391.915	4288.430	2020.637
Essai no7	5923.157	4240.348	2474.535
Essai no8	5615.383	4227.415	2556.609
Essai no9	4783.551	3867.486	2697.386
Moyenne [dB]	**5573.564**	**4120.130**	**2483.551**
Ecart-type [dB]	501.157	159.192	217.838
Intervalle de confiance 95% [dB]	±385.223	±122.365	±167.444
Coefficient de variation [%]	**8.99**	**3.86**	**8.77**

Il est possible d'observer dans les tableaux 17 et 18 des variations d'amplitudes maximales aux différentes fréquences lors des différents jours d'analyses. Ces différences ont été caractérisées par un coefficient de variation se situant entre 3 et 8% en fonction de la fréquence du spectre. Les moyennes et écart-types sont également calculés et entrent dans le calcul du coefficient de variation.

Tableau 19 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de framboises frais pressées aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :146Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 146Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Jus de framboises frais pressé essai no1	6961.71	4188.62	1804.56
Essai no2	7186.37	4065.58	1272.60
Essai no3	7066.160	4106.140	1513.805
Essai no4	6227.455	4274.808	2552.033
Essai no5	6175.382	4251.696	2286.287
Essai no6	7151.102	4133.223	1324.555
Essai no7	5823.905	4241.725	2454.866
Essai no8	6216.269	4190.053	2127.024
Essai no9	6337.162	4332.335	2076.398
Moyenne [dB]	**6571.724**	**4198.242**	**1934.681**
Ecart-type [dB]	515.538	85.921	479.204
Intervalle de confiance 95% [dB]	±396.277	±66.044	±368.348
Coefficient de variation [%]	**7.84**	**2.05**	**24.77**

Tableau 20 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du jus de framboises pasteurisé aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :146Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 146Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Jus de framboises pasteurisé essai no1	7153.19	4158.06	1348.73
Essai no2	7452.26	4007.53	1003.15
Essai no3	7352.120	4165.031	1400.383
Essai no4	6571.499	4337.558	2381.903
Essai no5	5821.750	4175.883	2443.176
Essai no6	7484.153	4015.140	1010.345
Essai no7	6510.878	4335.160	2189.098
Essai no8	6619.294	4214.690	1814.977
Essai no9	6678.609	4332.935	1804.032
Moyenne [dB]	**6849.306**	**4193.554**	**1710.644**
Ecart-type [dB]	552.424	127.223	553.842
Intervalle de confiance 95% [dB]	±424.630	±97.792	±425.719
Coefficient de variation [%]	**8.06**	**3.03**	**32.38**

Il est possible d'observer dans les tableaux 19 et 20 des variations d'amplitudes maximales aux différentes fréquences lors des différents jours d'analyses. Ces différences ont été caractérisées par un coefficient de variation se situant entre 2 et 30% en fonction de la fréquence du spectre. Les moyennes et écart-types sont également calculés et entre dans le calcul du coefficient de variation.

3.3.8 Analyses statistiques des résultats des jus de framboises frais-pressés et pasteurisés

La démarche détaillée de l'analyse statistique des résultats a été expliquée dans la partie méthode. Les échantillons ont subis un test sur l'aberration ainsi qu'un test d'ajustement avant d'avoir pu être comparés par paires à l'aide du test de Student sur l'appariement. Ce test compare par exemple les amplitudes à 123Hz obtenues pour le jus de framboises frais pressés et les amplitudes à 123Hz obtenues pour le jus de framboises pasteurisé. Les purées avec et sans stérilisation sont comparées comme cela aux trois fréquences des spectres (spectre avec fréquence d'émission 123Hz et spectre avec fréquence de 146Hz).

Fréquence d'émission 123Hz

L'analyse statistique des résultats aux fréquences de 123Hz, 246Hz et 368Hz montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%,d'après le test de Student apparié, les échantillons n'appartiennent pas à la même population statistique.[annexe 5]

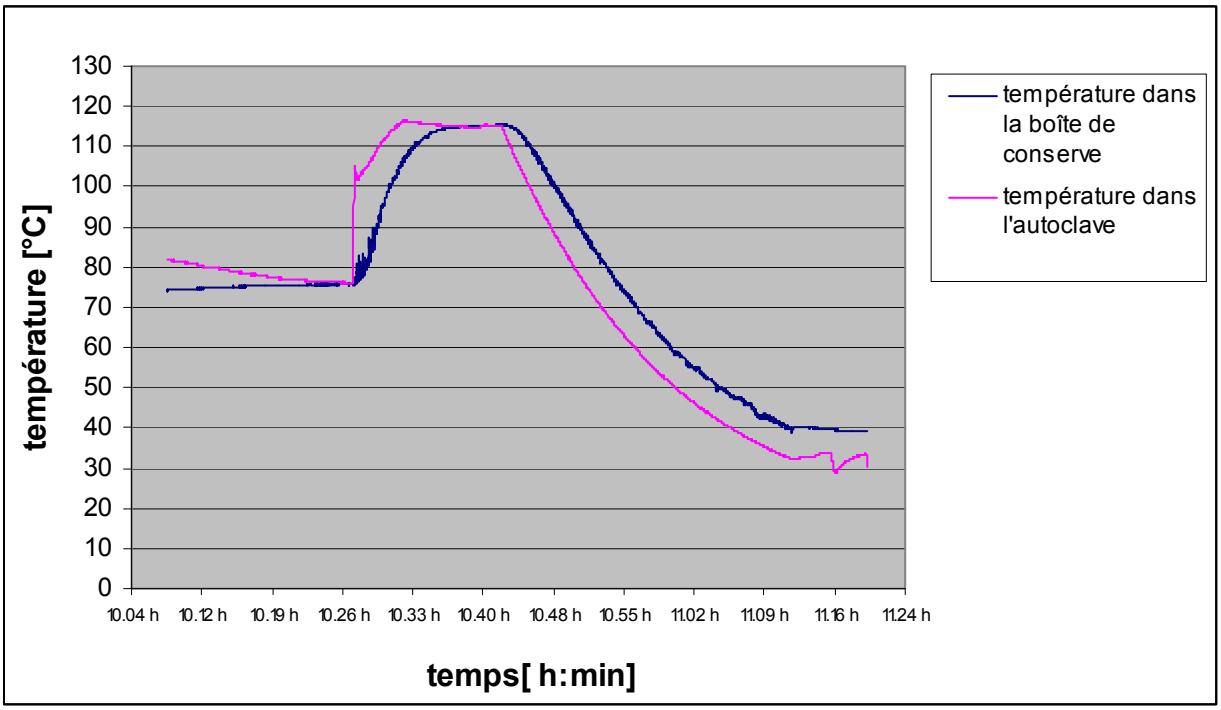
Fréquence d'émission 146Hz

L'analyse statistique des résultats à une fréquence de 146Hz et 438 Hz montrent qu'à une probabilité d'erreur α=5%, les échantillons n'appartiennent pas à la même population statistique.[annexe5]
Par contre, L'analyse statistique des résultats à une fréquence de 292Hz et montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%, les échantillons appartiennent à la même population statistique. [annexe 5]

3.4 Influence de la stérilisation sur la mesure des énergies subtiles d'une purée de tomates

3.4.1 Courbes de stérilisation temps/température

Le processus de stérilisation a été suivi à l'aide d'une sonde à cœur du produit. Une sonde de température est également présente dans l'enceinte de l'autoclave. Le graphique ci-dessous montre l'évolution de la température dans l'enceinte de l'autoclave et dans la boîte de conserve.



Graphique 17 : Barèmes de stérilisations (115°C / 10 min) de la purée de tomates par immersion en mode rotatif 6 tours/minutes.

Il est possible d'observer dans le graphique 17 que la température dans la boîte au départ du processus de stérilisation se situe à environ 70°C. Cela est dû à une phase de préchauffage dans l'autoclave.

3.4.2 Calcul de la valeur F_0 et de la valeur D pour la stérilisation

Tab.21: Valeur F_0 et valeur D calculées pour la stérilisation à 115°C pendant 10 minutes.

Stérilisation	Valeur F_0	Valeur D
Mode immersion, 115°C/ 10 minutes, mode rotatif 6 tours/minute.	**2.67**	**13.38**

Le tableau 21 représente la valeur F_0 calculée à partir des valeurs F obtenues pour chaque température à partir de 100°C jusqu'au plateau à 110°c durant 10 minutes puis jusqu'à la descente à 100°C.[annexe 6]

La valeur F_0 calculée est proche de la valeur de la littérature pour la soupe de tomates se situant à 3 F_0. [24]

3.4.3 Analyse de texture et microscopie des produits avant et après traitement thermique

Une analyse de texture ainsi qu'une microscopie ont été effectuées de sorte à démontrer l'influence du traitement thermique sur le produit.

Analyse de texture

Tab.22 : mesures de texture effectuées avec le texturomètre sur le produit frais et le produit traité thermiquement.

Produits	Aire sous la courbe [g.sec]	moyenne [g.sec]	Déviation standard [g.sec]
Purée fraîche 1	**20.064**	**28.422**	4.336
Purée fraîche 2	**22.110**		
Purée fraîche 3	**37.805**		
Purée fraîche 4	**33.707**		
Purée stérilisée 1	**12.051**	**9.408**	1.110
Purée stérilisée 2	**6.818**		
Purée stérilisée 3	**10.121**		
Purée stérilisée 4	**8.643**		

Le tableau 22 donne les valeurs de textures obtenues pour la purée fraîche et la purée stérilisée. Il est possible d'observer une différence entre la moyenne obtenue pour la purée fraîche et la purée stérilisée.

Microscopie

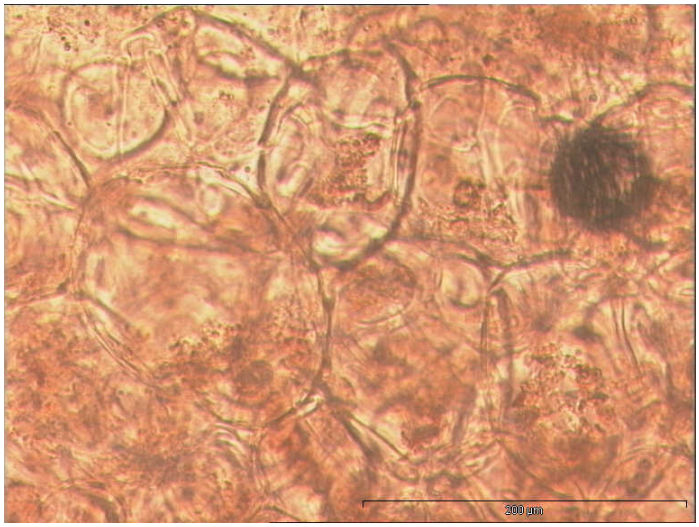


Figure 26 : cellules de tomates issues de la purée de tomate fraîche.

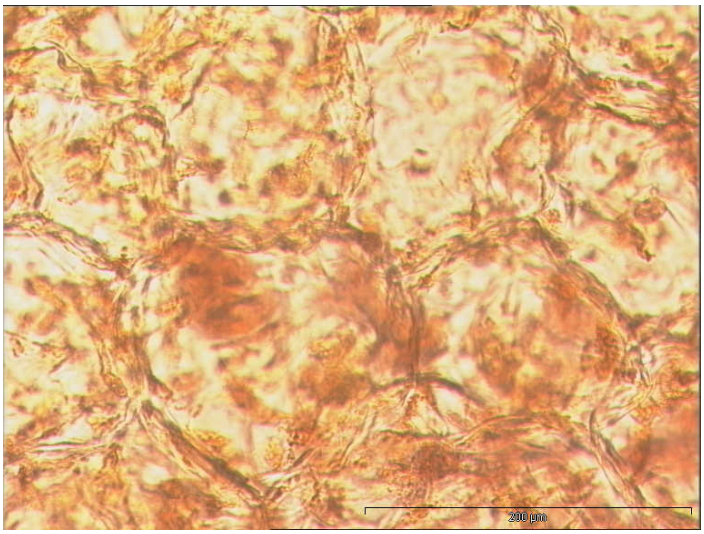


Figure 27: cellules de tomates issues du jus de tomates stérilisé à 110°C pendant 10 minutes.

Les figures 26 et 27 montrent l'état des cellules issues de la purée de tomates avant et après traitement thermique. Il est possible de remarquer sur la figure 26 que la paroi et la membrane des cellules sont bien conservées. Par contre, sur la figure 27, la paroi et la membrane des cellules sont endommagées.

3.4.4 Caractéristiques globales des produits

Tab.23 : pH et valeurs Aw calculés pour les deux sortes de purées de tomates

produits	pH (moyenne sur 3 mesures)	Intervalle de confiance 95%	Aw (moyenne sur 3 mesures)	Intervalle de confiance 95%
Purée fraîche	**4.54**	±0.09	**0.993**	±0.004
Purée stérilisée	**4.54**	±0.21	**0.986**	±0.017

Il est possible d'observer dans le tableau 23 que les valeurs de pH ainsi que les valeurs Aw pour les deux différents produits sont très proches.

3.4.5 Scan de fréquences

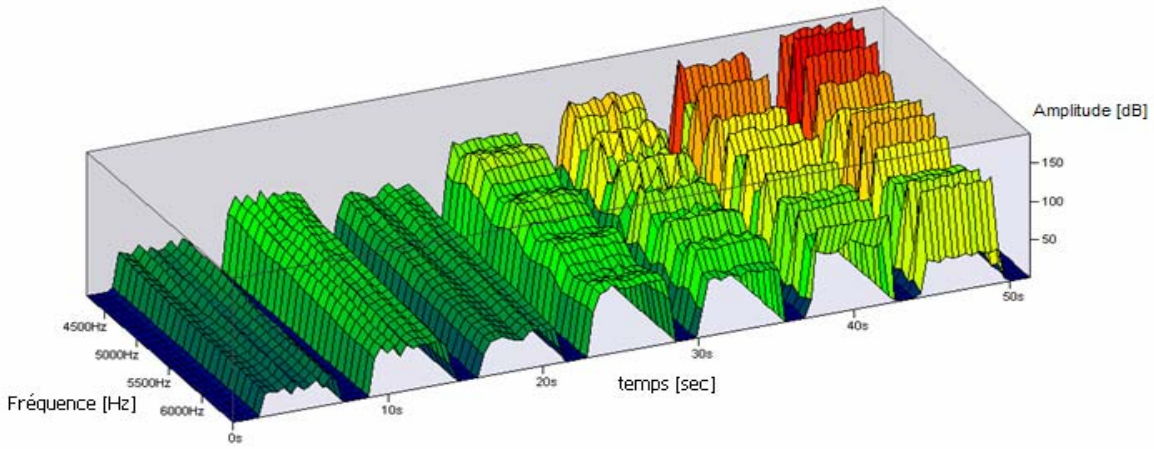


Fig.28 : spectrogramme de surface d'un échantillon de purée de tomates « pressé mains ». (de gauche à droite : 58Hz, 76Hz, 94Hz, 129Hz, 146Hz, 170Hz, 193Hz).

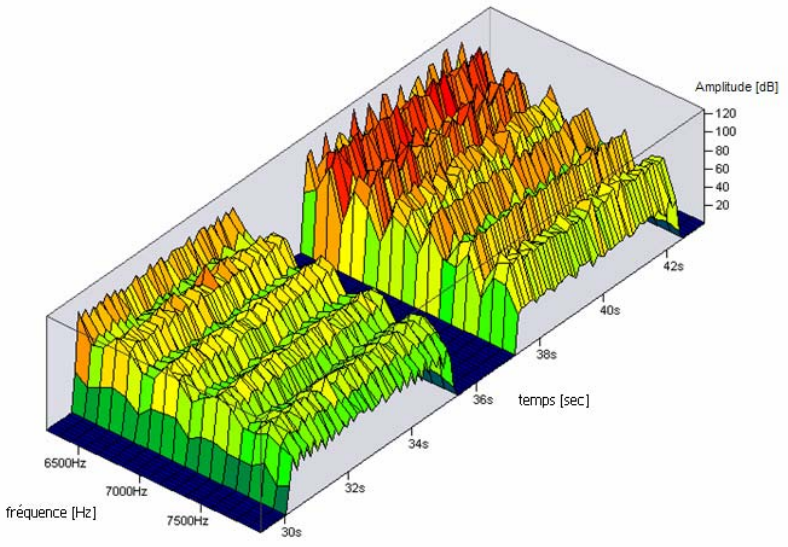


Fig.29 : spectrogramme de surface d'un échantillon de purée de tomates « pressé mains ». (de gauche à droite : 129Hz, 146Hz).

Le scan de fréquences est effectué de sorte à pouvoir déterminer la ou les fréquences optimales d'analyses pour la purée de tomate. Il est observable sur la fig.28 que l'échantillon de purée réagit différemment aux différentes fréquences. La fig.29 montre les 2 fréquences choisies pour l'analyse des purées de tomates.

3.4.6 Répétabilité des mesures effectuées sur une purée de tomate

Répétabilité des mesures à une fréquence d'émission de 129 Hz et 146 Hz

Tab.24 : Amplitudes maximales obtenues aux trois premières fréquences du spectre (fréquence émission 129Hz) pour la mesure d'un même échantillon de purée de tomates stérilisée.

	Amplitudes maximales à 129 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 258Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 387Hz [dB]**
Purée de tomates essai1	5690.247	4201.443	2490.017
Essai2	5823.563	4248.439	2433.299
Essai3	5688.907	4210.722	2529.126
Essai4	5808.013	4234.233	2467.535
Essai5	5743.089	4218.704	2484.661
Essai6	5609.855	4175.771	2534.176
Moyenne [dB]	**5727.279**	**4214.885**	**2489.802**
Ecart-type [dB]	80.834	25.466	38.027
Intervalle de confiance 95% [dB]	±84.843	±26.729	±39.913
Coefficient de variation [%]	**1.41**	**0.60**	**1.53**

Tab.25: amplitudes maximales obtenues aux trois premières fréquences du spectre pour l'analyse d'un même échantillon de purée de tomates stérilisée.

	Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Purée de tomates essai1	7633.020	4237.864	1404.604
Essai2	7627.655	4248.102	1462.760
Essai3	7696.481	4220.021	1362.406
Essai4	7723.494	4236.345	1420.014
Essai5	7719.606	4226.860	1350.486
Essai6	7605.091	4219.252	1300.609
Moyenne [dB]	**7667.558**	**4231.407**	**1383.480**
Ecart-type [dB]	51.694	11.340	57.387
Intervalle de confiance 95% [dB]	±54.258	±11.902	±60.233
Coefficient de variation [%]	**0.674**	**0.268**	**4.148**

Les tableaux 24 et 25 démontrent la répétabilité des mesures. Cette répétabilité est représentée par le coefficient de variation. Il est possible d'observer un coefficient de variation allant de 0,6 à 1,4 % environ pour la fréquence de 129 Hz et un coefficient allant de0,2 à 4% environ pour la fréquence de 146Hz.

3.4.7 Evaluation de l'homogénéité d'une boîte par rapport à la mesure avec l'appareil bioscope

Une boîte de conserve de purée de tomates stérilisée est distribuée en 5 parts de même masse dans 5 bouteilles en verre. Les 5 échantillons sont ensuite mesurés à l'aide de l'appareil bioscope. L'homogénéité d'une boîte de conserve peut ainsi être évaluée.

Tab.26 : amplitudes maximales obtenues aux trois premières fréquences du spectre pour l'analyse d'une purée de tomate stérilisée.

échantillons	**Amplitudes maximales à 126 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 252Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 379Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1	4737.463	3825.154	2650.131
Essai no2	4776.349	3845.303	2671.162
Essai no3	5020.219	3961.340	2656.889
Essai no4	4980.461	3925.501	2661.099
Essai no5	5271.116	4058.347	2622.550
Moyenne [dB]	**4957.120**	**3923.129**	**2652.366**
Ecart-type [dB]	214.500	94.080	18.330
Coefficient de variation [%]	**4.32**	**2.39**	**0.69**

Le tableau 26 démontre les différentes amplitudes aux différentes fréquences obtenues pour les 5 échantillons issus de la même boîte de conserve. Il est possible d'observer que les coefficients de variation se situent entre 0,7 et 4,3%.

3.4.8 Influence de l'homogénéisation d'une purée de tomates stérilisées sur la mesure à l'aide du système bioscope

Une boîte de purée de tomates est homogénéisée avec l'ultra-turrax après ouverture et est distribuée en 5 parts égales dans 5 bouteilles en verre (environ 110g par bouteille). Les 5 bouteilles sont ensuite mesurées avec l'appareil bioscope.

Tab.27: amplitudes maximales obtenues aux trois premières fréquences du spectre pour l'analyse des 5 échantillons issues de la même purée homogénéisée

échantillons	**Amplitudes maximales à 126 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 252Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 379Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1	5704.155	4198.945	2558.913
Essai no2	5461.358	4128.918	2592.631
Essai no3	5495.960	4126.572	2553.840
Essai no4	5546.590	4153.801	2567.039
Essai no5	5865.998	4226.083	2440.017
Moyenne [dB]	**5614.810**	**4166.860**	**2542.490**
Ecart-type [dB]	168.380	44.070	59.190
Coefficient de variation [%]	**2.99**	**1.06**	**2.33**

Le coefficient de variation calculé à chaque fréquence pour les 5 échantillons issus de la même boîte homogénéisée représente la répétabilité des mesures. Les valeurs d'amplitudes maximales seront comparées statistiquement à la même fréquence avec les valeurs d'amplitudes maximales de la purée non-homogénéisée à l'aide du test de Student sur l'appariement.

3.4.9 Résultats statistiques : influence de l'homogénéisation du produit sur la mesure

La démarche détaillée de l'analyse statistique des résultats a été expliquée dans la partie méthode. Les échantillons ont subis un test sur l'aberration ainsi qu'un test d'ajustement avant d'avoir pu être comparés par paires à l'aide du test de Student sur l'appariement. Ce test compare par exemple les amplitudes à 129Hz obtenues pour la purée de tomates stérilisée sans homogénéisation et les amplitudes à 129Hz obtenues pour la purée de tomates stérilisée avec homogénéisation. Les purées avec et sans homogénéisation sont comparées comme cela aux trois fréquences du spectre (spectre avec fréquence d'émission 129Hz).

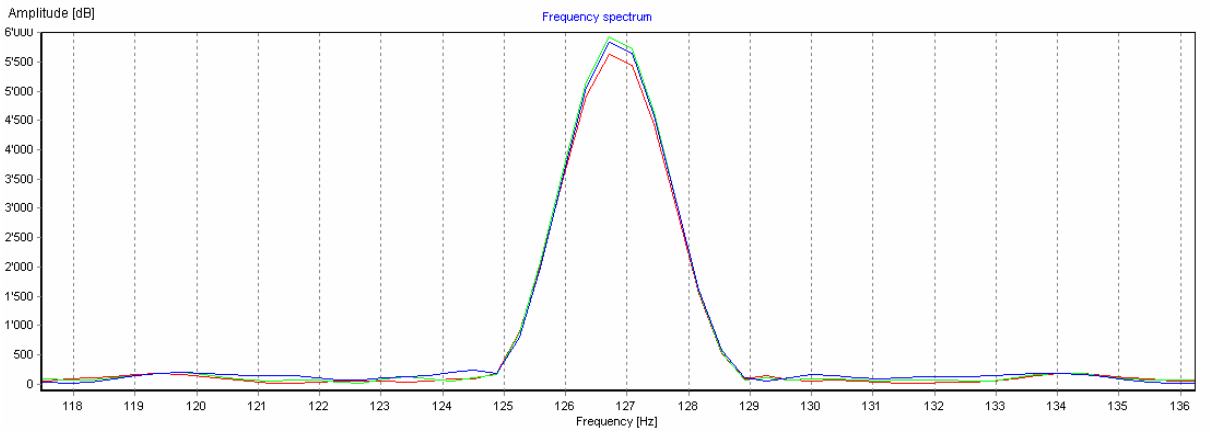
Fréquence d'émission 129Hz

Le test de Student sur l'appariement montre, qu'à une probabilité d'erreur α=5%, à une fréquence de 129,258 et 387 Hz, les échantillons n'ont homogénéisés et homogénéisés n'appartiennent pas à la même distribution statistique.[annexe 7]

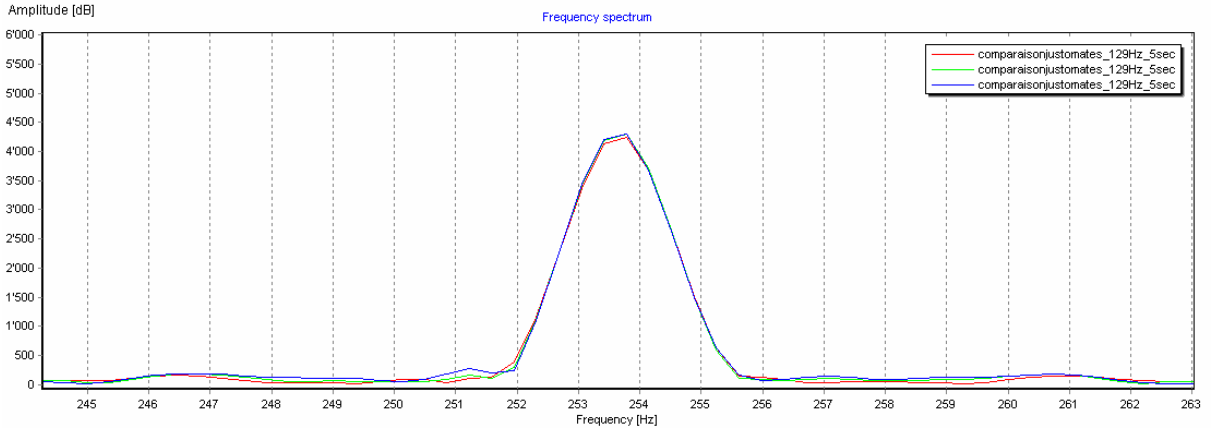
3.4.10 Influence de la stérilisation d'une purée de tomates sur la mesure des énergies subtiles

Les graphiques présentés ci-dessous représentent les mesures comparatives des échantillons de purée de tomates fraîches et des échantillons de purées stérilisées aux trois premières fréquences des spectres (spectres avec fréquence d'émission de 129Hz et spectres avec fréquence d'émission de 146 Hz). Les différentes amplitudes issues des pics visibles aux différentes fréquences sont reportées dans un tableau. Il est à noter que les spectres ont été montrés uniquement pour une mesure effectuée à 146 Hz et 129 Hz). Les tableaux récapitulatifs donnent les valeurs d'amplitudes maximales obtenues aux différentes fréquences pour les 9 mesures. Les mesures ont été effectuées à raison d'une mesure par jour sur 9 jours d'analyses.

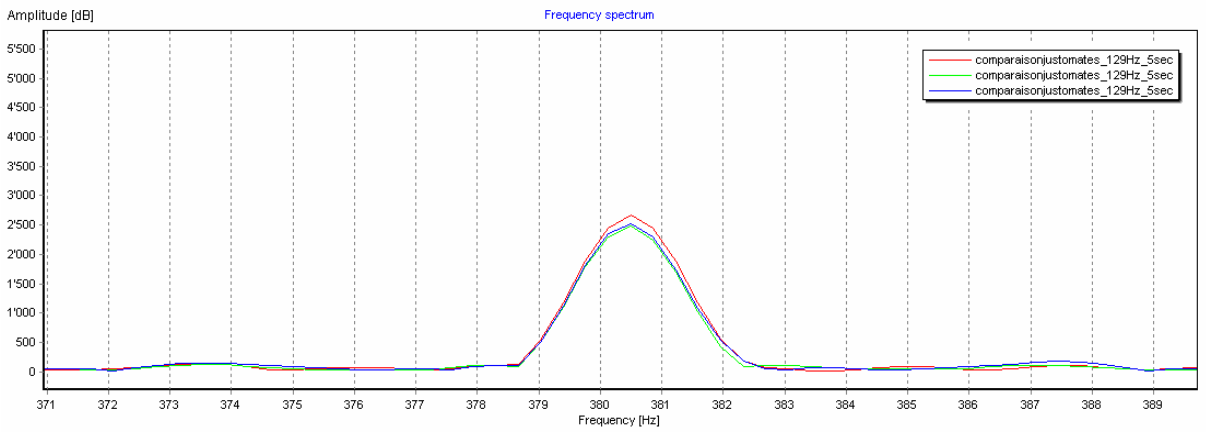
Expérience 2.1: fréquence d'émission 129Hz



Graphique 18 : mesure d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C ainsi qu'un échantillon d'eau à une fréquence de **127 Hz.** (rouge : purée de tomates fraîche/ vert : purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C /bleu : eau du robinet.)



Graphique 19 : mesure d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C ainsi qu'un échantillon d'eau à une fréquence de **254 Hz.** (rouge : purée de tomates fraîche / vert : purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C /bleu : eau du robinet.)



Graphique 20 : mesure d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C ainsi qu'un échantillon d'eau à une fréquence d'environ **380Hz.** (rouge : purée de tomates fraîche / vert : purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C /bleu : eau du robinet.)

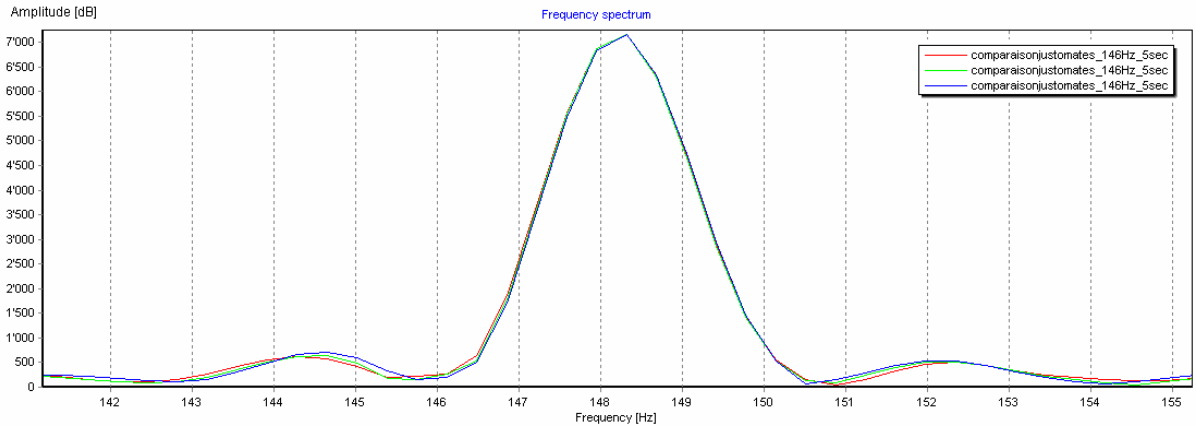
Il est possible d'observer sur les graphiques ci-dessus un léger décalage par rapport à la fréquence d'émission de 129Hz. Ce décalage se poursuit aux autres fréquences. Il est possible d'observer de légères différences entre les amplitudes des différents échantillons aux différentes fréquences.

Tableau 28 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues aux différentes fréquences d'analyse.(fréquence d'émission : 129Hz)

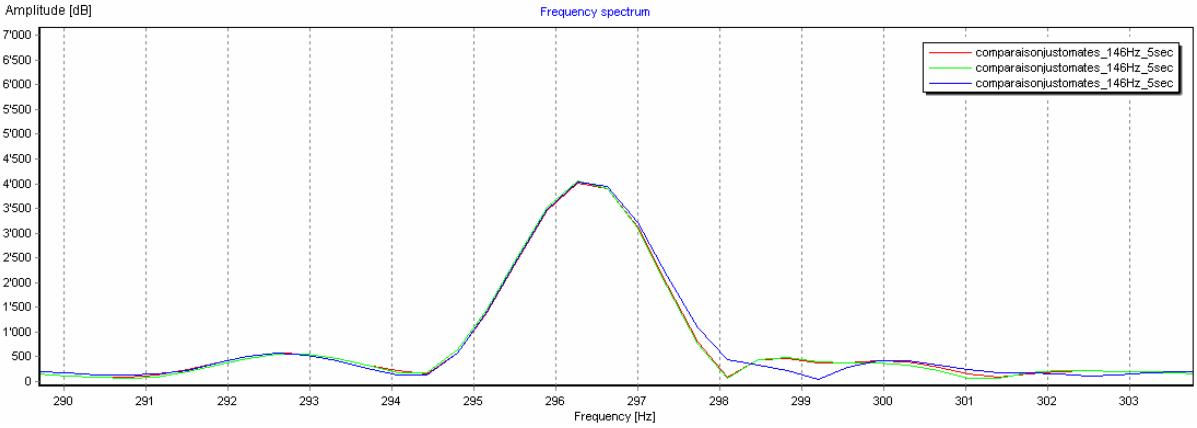
échantillons	**Amplitudes maximales à 127 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 254Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 381Hz [dB]**
Purée de tomate fraîche	5631.590	4244.244	2665.574
Purée de tomate stérilisée	5928.795	4308.702	2488.550
Eau du robinet	5836.316	4301.778	2526.296

Il est possible d'observer aux deux premières fréquences que la purée stérilisée possède une amplitude supérieure à la purée fraîche.

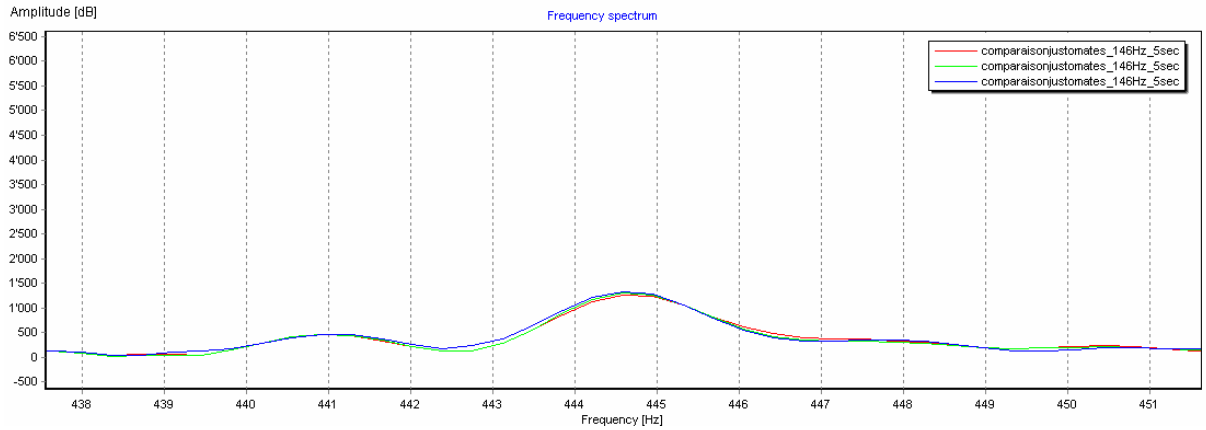
Expérience 2.2 : fréquence d'émission 146Hz



Graphique 21 : mesure d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C ainsi qu'un échantillon d'eau à une fréquence de **148 Hz.** (rouge : purée de tomates frais pressées / vert : purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C /bleu : eau du robinet.)



Graphique 22 : mesure d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C ainsi qu'un échantillon d'eau à une fréquence d'environ **296 Hz.** (rouge : purée de tomates fraîche / vert : purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C /bleu : eau du robinet.)



Graphique 23 : mesure d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C ainsi qu'un échantillon d'eau à une fréquence d'environ **444Hz.** (rouge : purée de tomates fraîche / vert : purée de tomates stérilisée 10 minutes à 121°C /bleu : eau du robinet.)

Il est possible d'observer sur les graphiques un décalage de fréquence entre la fréquence d'émission 146Hz et la fréquence visible sur le graphique (148Hz). Ce décalage est visible également aux autres fréquences.

Tableau 29 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues aux différentes fréquences d'analyse. (fréquence d'émission : 146Hz)

échantillons	**Amplitudes maximales à 148 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 296Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Purée de tomate fraîche	7157.638	4016.324	1266.963
Purée de tomate stérilisée	7151.184	4052.933	1311.709
Eau du robinet	7154.532	4041.299	1335.493

Le tableau 29 montre les différentes amplitudes obtenues aux différentes fréquences pour les différents échantillons. Il est possible de remarquer des variations d'amplitudes aux différentes fréquences pour les différents produits.

3.4.11 Analyse des purées de tomates fraîches et stérilisées : représentation à l'aide des spectrogrammes de surface

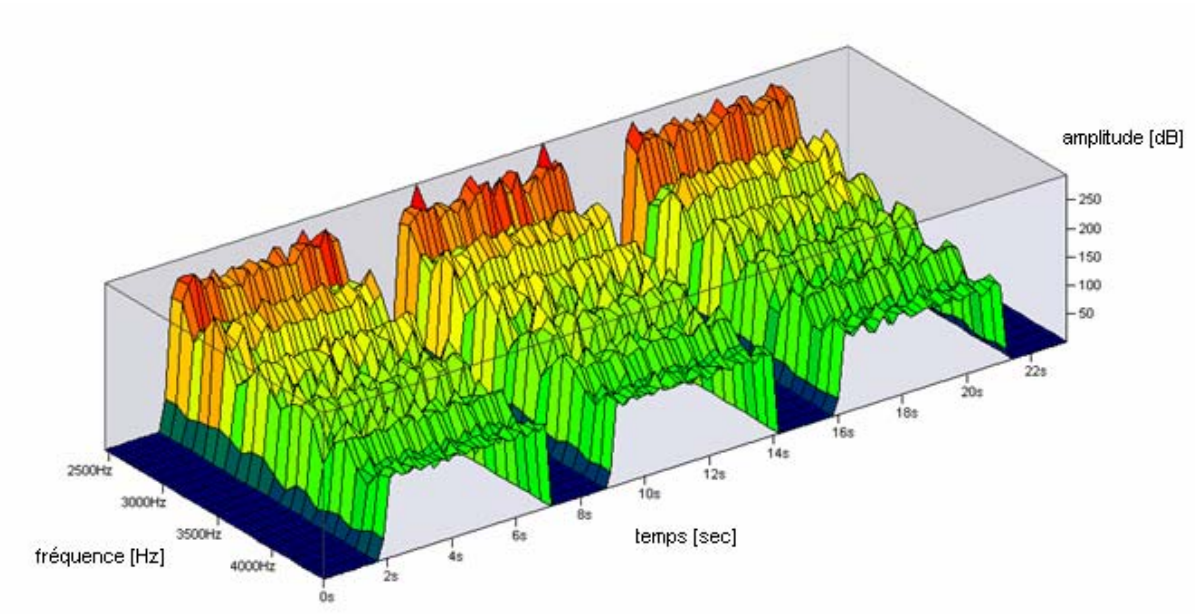


Fig.30 : spectrogrammes de surface représentant la comparaison entre les échantillons à une fréquence d'émission de 129Hz. (de gauche à droite : purée fraîche, purée stérilisée, eau du robinet)

Il est visible sur la fig.30 que les spectrogrammes de surface ne montrent que très peu de différences entre échantillons.

3.4.12 Tableaux récapitulatifs des résultats

Les graphiques représentant les trois premières fréquences des spectres ont été exposés uniquement pour un essai. Pour les autres essais, uniquement les amplitudes maximales ont été relevées.

Les tableaux 30 et 31 donnent les amplitudes maximales des signaux aux trois premières fréquences des spectres(spectres avec fréquence d'émission 129 Hz et 146Hz).Les mesures comparatives sont effectuées sur neuf jours à raison d'une analyse par jour à 129Hz et une analyse par jour à 146Hz. Cela donne, pour chaque échantillon, à chaque fréquence, 9 mesures représentées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 30 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses de la purée de tomates fraîche aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :129Hz).

échantillons	**Amplitudes maximales à 129 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 258Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 387Hz [dB]**
Purée de tomates fraîche essai no1	6277.687	4362.488	2336.556
Essai no2	5631.59	4244.244	2665.574
Essai no3	6092.109	4276.24	2470.031
Essai no4	5524.429	4164.84	2549.812
Essai no5	5860.786	4201.109	2391.694
Essai no6	6278.076	4302.14	2174.297
Essai no7	5810.682	4135.594	2553.373
Essai no8	5858.762	4233.57	2511.334
Essai no9	6299.576	4319.512	2259.805
Moyenne [dB]	**5959.299**	**4248.859**	**2434.719**
Ecart-type [dB]	290.435	74.090	157.177
Intervalle de confiance 95% [dB]	±223.247	±56.950	±120.816
Coefficient de variation [%]	**4.87**	**1.74**	**6.45**

Tableau 31 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses de la purée de tomates stérilisé aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :129Hz).

échantillons	**Amplitudes maximales à 129 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 258Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 387Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1	6352.322	4377.315	2299.84
Essai no2	5928.795	4308.702	2488.55
Essai no3	6209.24	4318.218	2340.622
Essai no4	5824.051	4248.602	2433.74
Essai no5	5786.887	4172.192	2428.088
Essai no6	6567.078	4316.103	2023.602
Essai no7	5980.214	4175.177	2374.364
Essai no8	6246.746	4308.151	2402.346
Essai no9	6736.496	4333.373	1965.194
Moyenne [dB]	**6181.314**	**4284.203**	**2306.260**
Ecart-type [dB]	331.429	70.831	185.619
Intervalle de confiance 95% [dB]	±254.758	±54.445	±142.333
Coefficient de variation [%]	**5.36**	**1.65**	**8.05**

Il est possible de remarquer dans les tableaux 30 et 31 des variations dans les mesures d'amplitudes maximales aux différentes fréquences d'analyses. Ces variations ont été caractérisées par un coefficient de variation. Ce coefficient de variation donne une

information concernant la fidélité intermédiaire de la méthode d'analyse. Le terme fidélité intermédiaire est plus longuement défini dans la partie méthode. Il est possible d'observer en comparant les essais que les purées stérilisées ont tendance à posséder une amplitude maximale des pics supérieure aux purées fraîches aux mêmes fréquences.

Tableau 32 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses de la purée de tomates fraîche aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :146Hz).

échantillons	**Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Purée de tomates fraîche essai no1	7348.382	4097.376	1368.759
Essai no2	7157.638	4016.324	1266.963
Essai no3	6352.093	4278.145	2105.544
Essai no4	7262.323	4264.402	1599.356
Essai no5	6417.485	4138.615	1891.082
Essai no6	6767.138	4204.758	1789.366
Essai no7	6410.585	4274.509	2191.636
Essai no8	6216.806	4128.017	2082.914
Essai no9	6185.015	4241.417	2105.483
Moyenne [dB]	**6679.718**	**4182.618**	**1822.344**
Ecart-type [dB]	465.046	92.224	341.754
Intervalle de confiance 95% [dB]	±357.465	±70.889	±262.695
Coefficient de variation [%]	**6.96**	**2.20**	**18.75**

Tableau 33 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses de la purée de tomates stérilisé aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :146Hz).

échantillons	**Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1	7414.648	4173.213	1371.326
Essai no2	7151.184	4052.933	1311.709
Essai no3	6401.11	4262.75	2104.252
Essai no4	7692.371	4248.964	1462.747
Essai no5	6454.841	4128.015	1866.851
Essai no6	6831.643	4206.986	1717.335
Essai no7	6710.322	4284.238	1950.705
Essai no8	6335.81	4137.058	1971.275
Essai no9	6429.33	4255.432	1983.7
Moyenne [dB]	**6824.584**	**4194.398**	**1748.877**
Ecart-type [dB]	491.447	77.265	296.241
Intervalle de confiance 95% [dB]	±377.759	±59.391	±227.710
Coefficient de variation [%]	**7.20**	**1.84**	**16.94**

Il est possible de remarquer dans les tableaux 32 et 33 des variations dans les mesures d'amplitudes maximales aux différentes fréquences d'analyses. Ces variations ont été caractérisées par un coefficient de variation. Ce coefficient de variation donne une information concernant la fidélité intermédiaire de la méthode d'analyse. Le terme fidélité intermédiaire est plus longuement défini dans la partie méthode. Il est possible d'observer en comparant les essais que les purées stérilisées ont tendance à posséder une amplitude maximale des pics aux différentes fréquences supérieures aux purées fraîches. Ces différences sont moins évidentes que lors de l'analyse à la fréquence d'émission de 123Hz.

3.4.13 Analyses statistiques des résultats des purées de tomates fraîches et stérilisées

La démarche détaillée de l'analyse statistique des résultats a été expliquée dans la partie méthode. Les échantillons ont subis un test sur l'aberration ainsi qu'un test d'ajustement avant d'avoir pu être comparés par paires à l'aide du test de Student sur l'appariement. Ce test compare, par exemple, les amplitudes à 129Hz obtenues pour la purée de tomates fraîche et les amplitudes à 129Hz obtenues pour la purée de tomates stérilisée. Les purées avec et sans stérilisation sont comparées comme cela aux trois fréquences des spectres (spectres avec fréquence d'émission 129Hz et spectre avec fréquence de 146Hz).

Fréquence d'émission 129Hz

L'analyse statistique des résultats aux fréquences de 129Hz, 258Hz et 387Hz montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%,d'après le test de Student apparié, les résultats obtenus pour la purées de tomates fraîche et la purées de tomates stérilisée n'appartiennent pas à la même population statistique.[annexe 8]

Fréquence d'émission 146Hz

L'analyse statistique des résultats à une fréquence de 146Hz ne peut pas être effectuée car les mesures ne suivent pas une distribution normale. Par contre, les résultats à 438 Hz montrent qu'à une probabilité d'erreur α=5%, les échantillons n'appartiennent pas à la même population statistique.[annexe 8]

Par contre, l'analyse statistique des résultats à une fréquence de 292Hz et montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%, les échantillons appartiennent à la même population statistique.[annexe 8]

3.5 Influence d'un traitement enzymatique du jus de carottes sur les énergies subtiles mesurées à l'aide du système bioscope

3.5.1 Microscopie d'un jus de carottes traité enzymatiquement et non-traité enzymatiquement après traitement thermique.

Comme expliqué dans l'introduction, le traitement enzymatique du jus de carottes avec la suspension enzymatiques Pectinex Ultra SP-L permet de scinder les chaînes pectiques et hémicellulosiques jouant un rôle de structure dans la paroi des végétaux. [18] Ce processus a pour rôle de conserver les cellules isolées et leur intégrité cellulaire. Le β-carotène est alors protéger par la membrane cellulaire intacte et n'est pas oxydé.

Une microscopie a donc été réalisée après traitement thermique dans le but d'observer l'effet du traitement enzymatique sur les cellules.

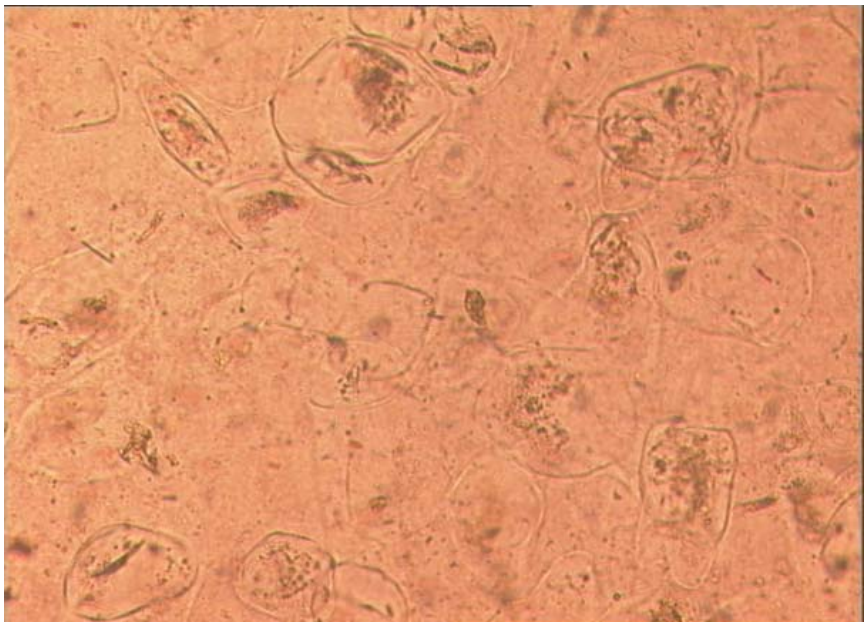


Fig.31 : cellules issues du jus de carottes avec traitement enzymatique(grossissement 200x)

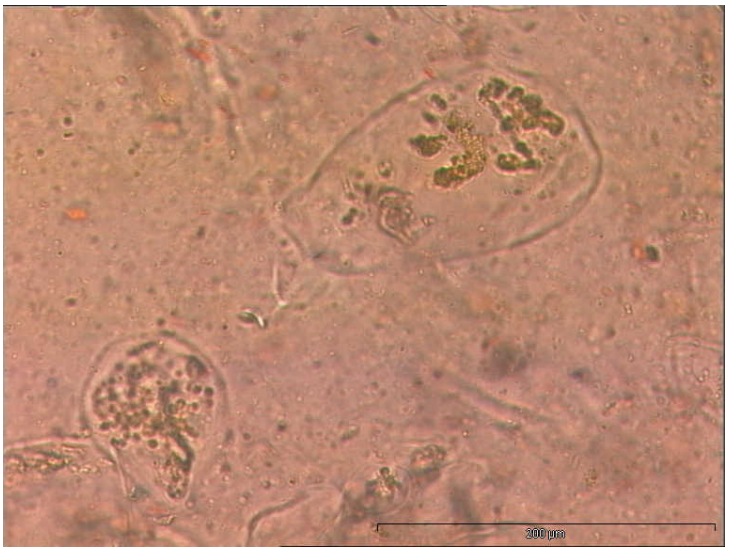


Fig.32 : cellules issues du jus de carottes avec traitement enzymatique.(grossissement 400x)

Il possible d'observer sur les figures 31 et 32 que les cellules sont isolées et leurs membranes cellulaires intactes. Il est également observable que l'intégrité cellulaire est ainsi conservée dans la cellule.

Fig.33 : cellules issues du jus de carottes non-traité enzymatiquement.(grossissement 100x)

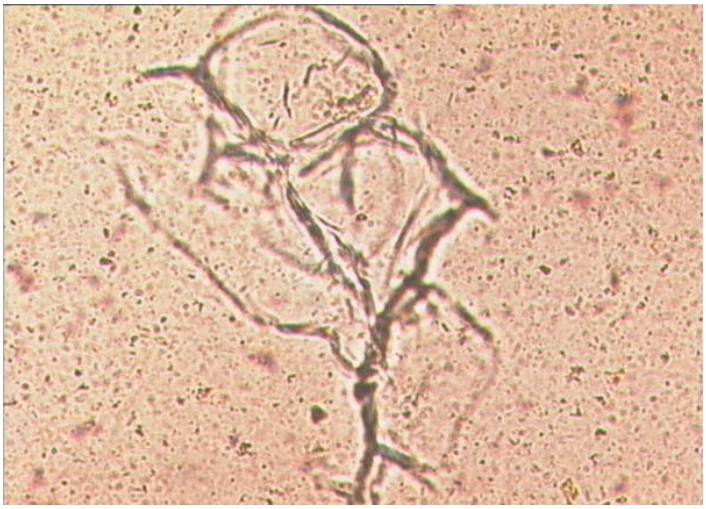


Fig.34 : cellules issues du jus de carottes non-traité enzymatiquement.(grossissement 200x)

Les figures 33 et 34 montrent l'état des cellules n'ayant pas subi le traitement enzymatique. Il est observable que les cellules sont en amas et que les membranes cellulaires sont fortement altérées.

3.5.2 Caractéristiques globales des produits

Tab.34 : pH, valeurs Aw et matières sèches calculés pour les deux sortes de jus de carottes.

produits	pH (moyenne sur 3 mesures)	Intervalle de confiance 95%	Aw (moyenne sur 3 mesures)	Intervalle de confiance 95%	Matière sèche [% base humide] (moyenne sur 4 mesures)	Intervalle de confiance 95%
Jus sans traitement enzymatique	**6.34**	±0.09	**0.992**	±0.004	**5.72**	±0.31
Jus avec traitement enzymatique	**4.77**	±0.17	**0.988**	±0.025	**6.67**	±0.13

Le tableau 34 représente différents paramètres globaux évalués pour les deux produits. Il est possible de remarquer un pH plus élevé pour le jus avec traitement enzymatique. La matière sèche est également plus élevée pour le jus avec traitement enzymatique.

3.5.3 Scan de fréquences

Le scan de fréquence effectué sur le jus de carottes à pour but de déterminer quelle fréquence est la plus adaptée pour la mesure des jus, le jus réagissant différemment aux différentes fréquences.

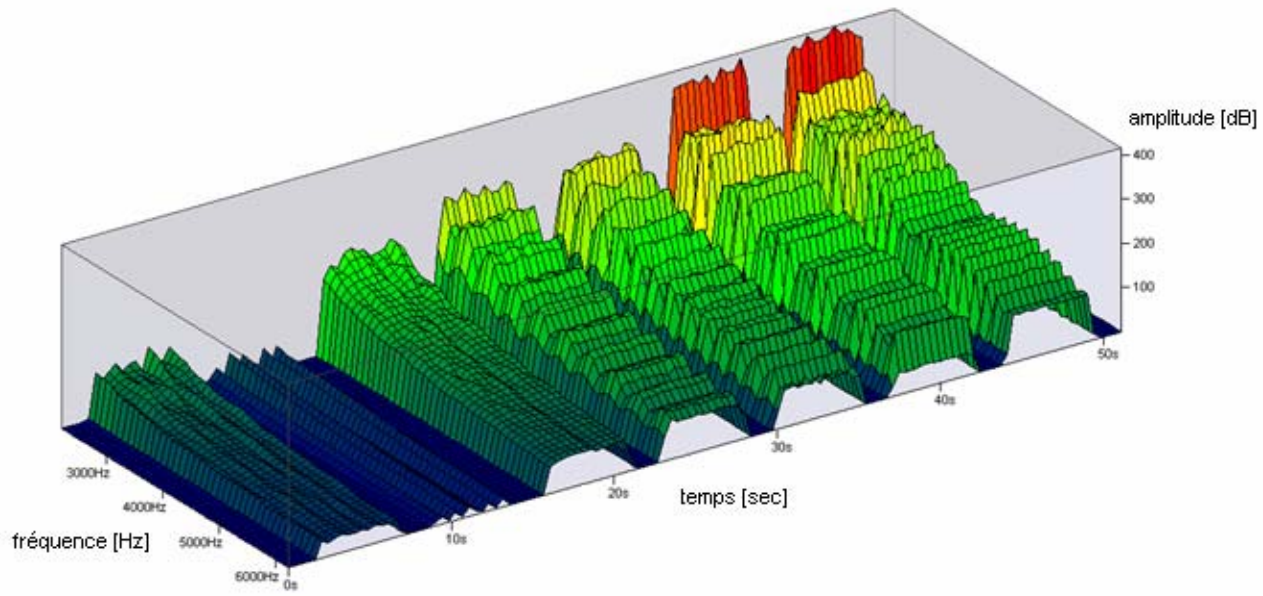


Fig.35 : Mesure sur un jus de carotte à différentes fréquences représentée sous forme de spectrogramme de surface. (de gauche à droite : 58Hz, 76Hz, 94Hz, 123hz, 141Hz, 164Hz, 175Hz)

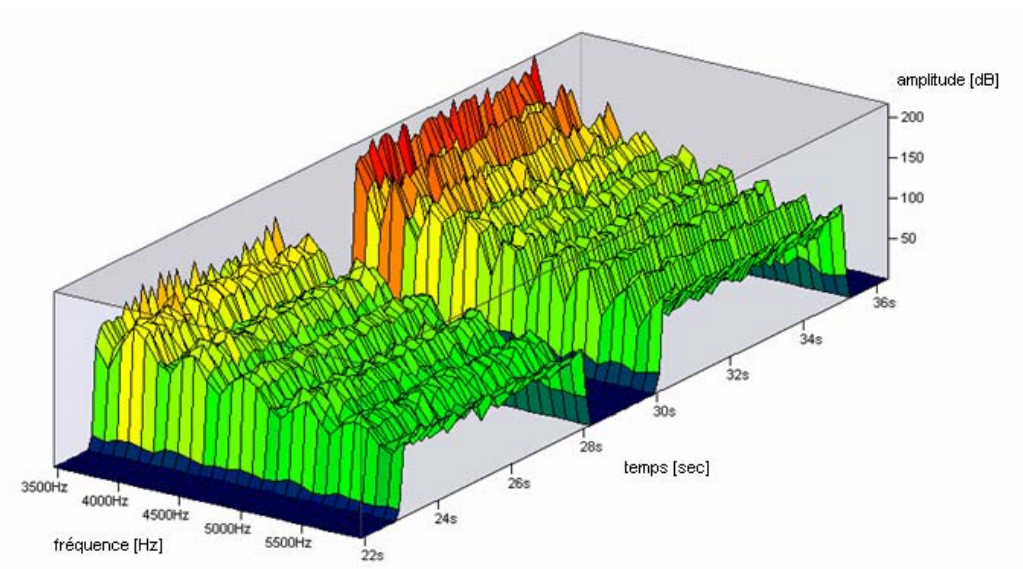


Fig.36 : spectrogrammes de surface représentant les deux fréquences choisies pour l'analyse des jus de carottes. (123Hz et 141Hz).

Les figures 35 et 36 montrent les spectrogrammes de surface de l'échantillon aux différentes fréquences. Il est possible d'observer des caractéristiques dynamiques différentes pour le même échantillon. Par exemple, sur la figure 35, l'échantillon réagit que très peu aux fréquences de 58Hz et 76Hz.

3.5.4 Répétabilité des mesures aux différentes fréquences

La répétabilité des mesures « bioscope » sur la mesure des jus de carottes aux fréquences 123Hz et 141Hz a été effectuée sur 6 mesures du même jus de carottes. Les résultats de ces mesures sont présentés dans les tableaux ci-dessous :

Tab35 : amplitudes maximales aux fréquences 123, 246 et 369 Hz (fréquence d'émission : 123Hz) pour les 6 mesures du même jus de carottes avec l'appareil bioscope.

	Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 246 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus de carotte essai1	4703.657	3753.559	2630.293
Essai2	4717.102	3773.199	2637.698
Essai3	4588.591	3684.634	2601.750
Essai4	4542.532	3684.532	2625.650
Essai5	4582.510	3700.100	2630.639
Essai6	4766.439	3804.519	2641.761
Moyenne [dB]	**4650.138**	**3733.423**	**2627.965**
Ecart-type [dB]	90.349	50.839	14.072
Intervalle de confiance 95% [dB]	±94.830	±53.361	±14.770
Coefficient de variation [%]	**1.94**	**1.36**	**0.53**

Tab36 : amplitudes maximales aux fréquences 141, 282 et 423 Hz (fréquence émission : 141Hz) pour les 6 mesures du même jus de carottes avec l'appareil bioscope.

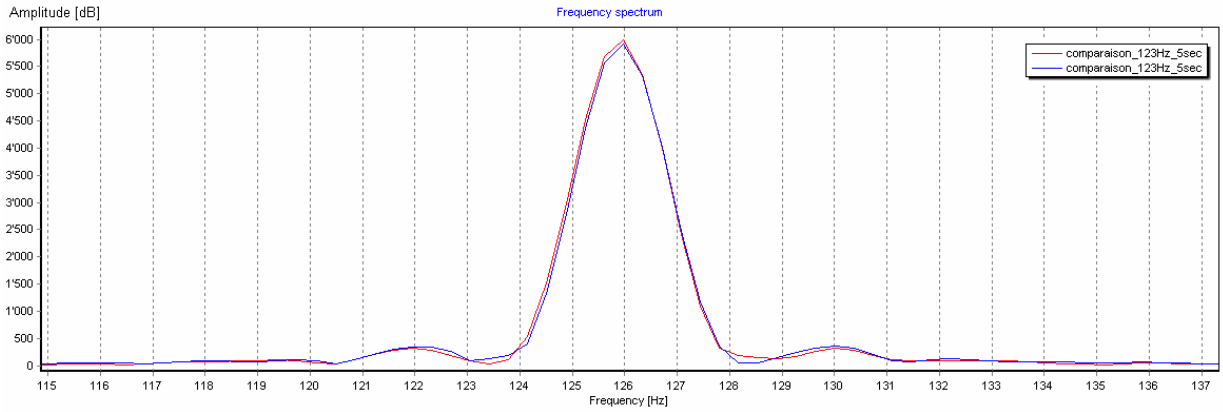
	Amplitudes maximales à 141 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 282 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 423Hz [dB]**
Jus de carotte essai1	5698.533	4263.234	2556.871
Essai2	5254.362	4075.705	2614.181
Essai3	5244.431	4065.165	2629.941
Essai4	4927.996	3912.005	2677.137
Essai5	4976.245	3965.76	2670.480
Essai6	5052.864	4014.308	2651.274
Moyenne [dB]	**5192.405**	**4049.362**	**2633.314**
Ecart-type [dB]	282.425	121.465	44.374
Intervalle de confiance 95% [dB]	±296.246	±127.490	±46.575
Coefficient de variation [%]	**5.44**	**2.99**	**1.68**

Les tableaux 35 et 36 montrent la répétabilité des mesures aux différentes fréquences. Le coefficient de variation illustre la répétabilité à chaque fréquence. Les coefficients de variation calculés aux premières fréquences sont légèrement plus élevés qu'aux fréquences suivantes.

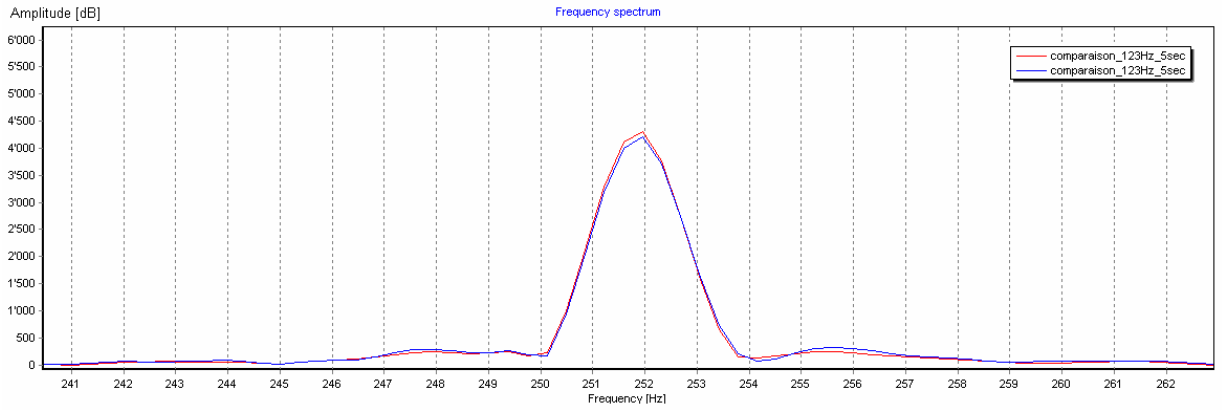
3.5.5 Mesures des jus de carottes avec/ sans traitement enzymatique, ayant subi un traitement thermique, avec le système bioscope

Les graphiques présentés ci-dessous représentent les mesures comparatives des échantillons de jus de carottes sans traitement enzymatique et avec traitement enzymatique aux trois premières fréquences des spectres (spectres avec fréquence d'émission de 146Hz et spectres avec fréquence d'émission de 123 Hz). Les différentes amplitudes issues des pics visibles aux différentes fréquences sont reportées dans un tableau. Il est à noter que les spectres ont été montrés uniquement pour la première mesure effectuée à 123 Hz et 146 Hz. Les tableaux récapitulatifs donnent les valeurs d'amplitudes maximales obtenues aux différentes fréquences pour les 9 mesures. Les mesures ont été effectuées à raison d'une mesure par jour sur 9 jours d'analyses.

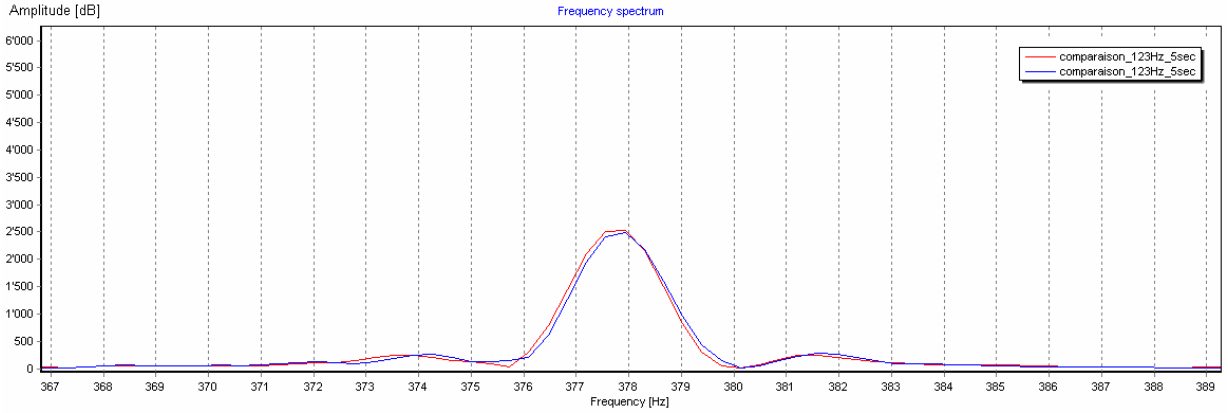
<u>Expérience no1.1 : mesure à une fréquence d'émission de 123Hz</u>



Graph.24 : mesure d'un jus de carotte non-traité enzymatiquement et d'un jus de carottes traité enzymatiquement à une fréquence d'émission de 126Hz. (rouge : jus de carotte non-traité enzymatiquement/ bleu : jus de carottes traité enzymatiquement)



Graph.25 : mesure d'un jus de carotte non-traité enzymatiquement et d'un jus de carottes traité enzymatiquement à une fréquence d'émission de 252Hz. (rouge : jus de carotte non-traité enzymatiquement/ bleu : jus de carottes traité enzymatiquement)



Graph.26 : mesure d'un jus de carotte non-traité enzymatiquement et d'un jus de carottes traité enzymatiquement à une fréquence d'émission de 378Hz. (rouge : jus de carotte non-traité enzymatiquement/ bleu : jus de carottes traité enzymatiquement)

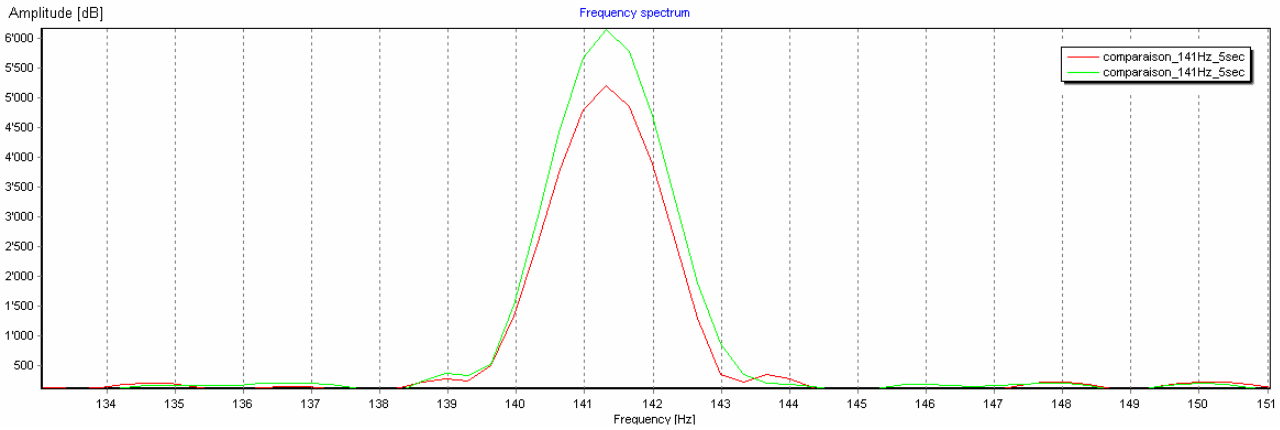
Les graphiques 24, 25 et 26 montrent les signaux des deux échantillons aux trois premières fréquences du spectre qui a pour fréquence d'émission 123Hz. Il est possible d'observer un décalage de fréquence du à l'appareil, la première fréquence étant de 126Hz alors qu'elle devrait être de 123Hz. Ce léger décalage se poursuit aux autres fréquences.

Tableau 37: valeurs d'amplitude maximale [dB] obtenues aux fréquences d'analyse.(fréquence d'émission : 123Hz)

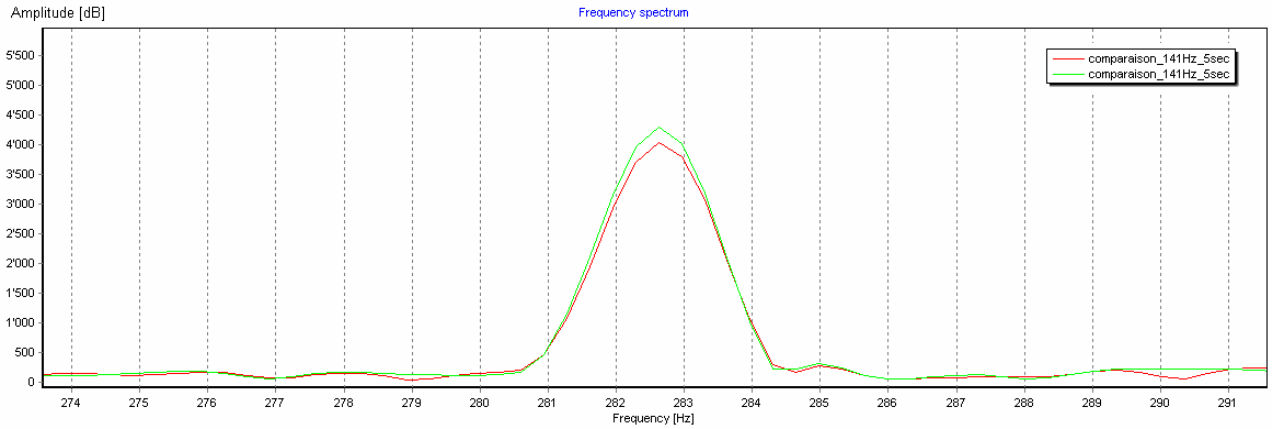
échantillons	**Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus sans traitement enzymatique	5996.269	4299.764	2534.828
Jus avec traitement enzymatique	5921.702	4206.21	2491.527

Le tableau 37 donne les valeurs d'amplitudes maximales des pics visibles aux différentes fréquences sur les spectres présentés ci-dessus. Il est possible d'observer une amplitude légèrement supérieure aux différentes fréquences pour le jus sans traitement enzymatique.

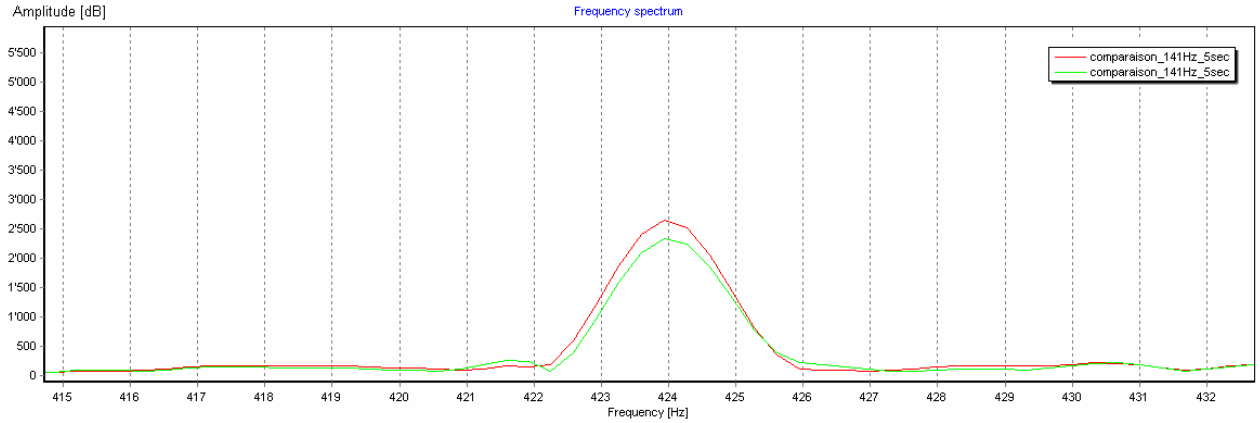
Expérience no1.2 : mesure à une fréquence d'émission de 141Hz



Graph.27 : mesure d'un jus de carottes non-traitées enzymatiquement et d'un jus de carottes traité enzymatiquement à une fréquence d'émission de 141Hz. (rouge : jus de carotte non-traité enzymatiquement/ vert : jus de carottes traité enzymatiquement)



Graph.28 : mesure d'un jus de carottes non-traitées enzymatiquement et d'un jus de carottes traité enzymatiquement à une fréquence d'émission de 282Hz. (rouge : jus de carotte non-traité enzymatiquement/ vert : jus de carottes traité enzymatiquement)



Graph..29 : mesure d'un jus de carottes non-traitées enzymatiquement et d'un jus de carottes traité enzymatiquement à une fréquence d'émission de 424Hz. (rouge : jus de carotte non-traité enzymatiquement/ vert : jus de carottes traité enzymatiquement)

Les graphiques 27, 28 et 29 montrent les signaux des deux échantillons aux trois premières fréquences du spectre qui a pour fréquence d'émission 141Hz. Il est possible de voir aux deux premières fréquences sur les graphiques que le jus traité enzymatiquement possède une amplitude supérieure au jus non-traité enzymatiquement.

Tableau38: valeurs d'amplitude maximale [dB] obtenues aux fréquences d'analyse (fréquence d'émission 141Hz)

échantillons	Amplitudes maximales à 141 Hz [dB]	Amplitudes maximales à 282Hz [dB]	Amplitudes maximales à 424Hz [dB]
Jus sans traitement enzymatique	5201.587	4036.27	2641.125
Jus avec traitement enzymatique	6152.380	4295.987	2327.925

Le tableau 38 donne les valeurs d'amplitudes maximales des pics visibles aux différentes fréquences sur les spectres présentés ci-dessus. Il est possible d'observer une amplitude légèrement supérieure aux deux premières fréquences pour le jus avec traitement enzymatique.

3.5.6 Analyse des jus de carottes avec/sans traitement enzymatique: représentation à l'aide des spectrogrammes de surface

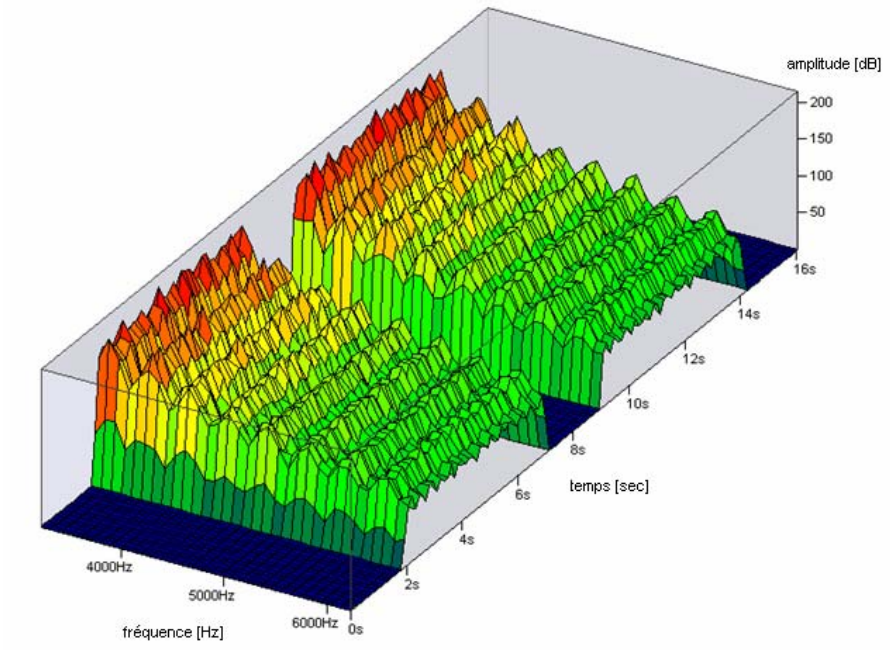


Fig.37 : spectrogrammes de surfaces représentant la comparaison des différents échantillons à une fréquence d'émission de 123Hz. (de gauche à droite : jus traité enzymatiquement, jus sans traitement enzymatique)

Les spectrogrammes de surface comparant les échantillons ne montrent pas de différences évidentes entre échantillons.

3.5.7 Tableaux récapitulatifs des résultats

Les mesures effectuées sur les 9 jours ont été représentées dans les tableaux ci-dessous en reportant les amplitudes maximales obtenues pour chaque échantillon aux différentes fréquences des spectres (fréquence d'émission de 123 Hz et 141Hz).

Tableau 39 : valeurs d'amplitudes maximales [dB] obtenues pour les analyses du **jus de carottes sans traitement enzymatique** aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :**123Hz**).

échantillons	**Amplitudes maximales à 123 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus de carottes sans traitement enzymatique essai no1	5996.269	4299.764	2534.828
Essai no2	5855.455	4270.124	2302.231
Essai no3	5642.945	4260.022	2609.153
Essai no4	6404.026	4220.260	2060.343
Essai no5	6375.116	4397.471	2719.483
Essai no6	6058.555	4200.151	2450.505
Essai no7	5136.765	3902.745	2577.017
Essai no8	7272.594	4311.236	2598.078
Essai no9	4871.853	3825.460	2613.728
Moyenne [dB]	**5957.064**	**4187.470**	**2496.152**
Ecart-type [dB]	713.842	192.833	201.405
Intervalle de confiance 95% [dB]	±548.706	±148.224	±154.813
Coefficient de variation [%]	**11.98**	**4.60**	**8.07**

Tableau 40 : valeurs d'amplitudes maximale [dB] obtenues pour les analyses du jus de carottes **avec traitement enzymatique** aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :**123Hz**).

échantillons	**Amplitudes maximales à 123Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 246Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 369Hz [dB]**
Jus de carottes avec traitement enzymatique essai no1	5921.702	4206.21	2491.527
Essai no2	6174.452	4227.259	2059.476
Essai no3	5142.731	4065.627	2582.382
Essai no4	6103.910	4187.532	2230.095
Essai no5	6649.072	4367.046	2679.689
Essai no6	6475.210	4266.226	2324.061
Essai no7	5219.112	3931.938	2575.348
Essai no8	7088.183	4383.658	2633.347
Essai no9	5177.679	3953.677	2614.480
Moyenne [dB]	**5994.672**	**4176.574**	**2465.600**
Ecart-type [dB]	698.147	163.021	212.992
Intervalle de confiance 95% [dB]	±536.642	±125.309	±163.719
Coefficient de variation [%]	**11.65**	**3.90**	**8.64**

Tableau 41 : valeurs d'amplitudes maximale [dB] obtenues pour les analyses du jus de carottes **sans traitement enzymatique** aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :**141Hz**).

échantillons	**Amplitudes maximales à 141 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 282Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 423Hz [dB]**
Jus de carottes sans traitement enzymatique essai no1	5201.587	4036.27	2641.125
Essai no2	4986.729	3982.457	2670.195
Essai no3	6169.396	4277.322	2464.507
Essai no4	6250.723	4322.124	2552.284
Essai no5	5928.274	4319.087	2492.673
Essai no6	6747.826	4303.105	1885.211
Essai no7	6782.544	4363.613	2038.172
Essai no8	7003.128	4370.523	1864.931
Essai no9	6419.371	4355.265	2616.419
Moyenne [dB]	**6165.508**	**4258.862**	**2358.390**
Ecart-type [dB]	695.350	145.176	331.769
Intervalle de confiance 95% [dB]	±534.492	±111.592	±255.019
Coefficient de variation [%]	**11.28**	**3.41**	**14.07**

Tableau 42 : valeurs d'amplitudes maximale [dB] obtenues pour les analyses du jus de carottes **avec traitement enzymatique** aux trois premières fréquences du spectres.(fréquence d'émission :**141Hz**).

échantillons	**Amplitudes maximales à 141 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 282Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 423Hz [dB]**
Jus de carottes avec traitement enzymatique essai no1	6174.452	4227.259	2059.476
Essai no2	4926.662	3984.204	2639.012
Essai no3	6051.214	4245.178	2459.049
Essai no4	6031.253	4282.806	2648.036
Essai no5	6200.604	4362.208	2381.812
Essai no6	6916.836	4269.832	1834.375
Essai no7	6946.965	4367.589	1872.688
Essai no8	6921.014	4403.14	2118.304
Essai no9	6527.199	4362.634	2428.539
Moyenne [dB]	**6299.577**	**4278.316**	**2271.254**
Ecart-type [dB]	640.521	126.489	309.717
Intervalle de confiance 95% [dB]	±492.347	±97.228	±238.069
Coefficient de variation [%]	**10.17**	**2.96**	**13.64**

Les différents coefficients de variation calculés aux différentes fréquences renseignent sur la fiabilité intermédiaire des résultats. A 129 Hz, pour les deux produits, les coefficients de variations varient entre 3 et 11%. A 146Hz, les coefficients de variation se situent entre 3 et 14% pour les deux sortes de produits.

3.5.8 Analyse statistique des résultats des jus avec/sans traitement enzymatique

La démarche détaillée de l'analyse statistique des résultats a été expliquée dans la partie méthode. Les échantillons ont subis un test sur l'aberration ainsi qu'un test d'ajustement avant d'avoir pu être comparés par paires à l'aide du test de Student sur l'appariement. Ce test compare par exemple les amplitudes à 123Hz obtenues pour le jus de carottes sans traitement enzymatique et les amplitudes à 123Hz obtenues pour le jus de carottes avec traitement enzymatique. Les jus avec et sans traitement enzymatique sont comparés comme cela aux trois fréquences des spectres (spectres avec fréquence d'émission 123Hz et spectre avec fréquence d'émission de 141Hz).

Fréquence d'émission 123Hz

L'analyse statistique des résultats aux fréquences de 123Hz, 246Hz et 368Hz montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%, d'après le test de Student apparié, les échantillons appartiennent à la même population statistique.[annexe 9]

Fréquence d'émission 141Hz

L'analyse statistique des résultats à une fréquence de 141Hz, 282Hz et 423Hz montre qu'à une probabilité d'erreur α=5%, d'après le test de Student apparié, les échantillons appartiennent à la même population statistique.[annexe 9]

3.6 Proposition d'un plan de validation pour la méthode bioscope

3.6.1 Estimation de la fidélité

Comme décrit plus haut, la fidélité à un niveau donné, correspond à l'étroitesse de l'accord entre les résultats obtenus en appliquant le procédé expérimental à plusieurs reprises dans des conditions déterminées. Cette caractéristique s'exprime sous forme de répétabilité, de fidélité intermédiaire et de reproductibilité.[25]

Répétabilité des mesures

La répétabilité des mesures est établie en mesurant 10 fois le même échantillon avec l'appareil de mesure bioscope.
L'échantillon de 110g environ est contenu dans une bouteille en verre et est mesuré sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur. La température de l'échantillon est de 22°C ± 1°C, réglée avec un bain-marie. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Les 10 mesures sont traitées selon la partie « Traitement du signal » du mode opératoire. [annexe 1] Une fois les signaux traités, ils sont analysés et comparés avec le programme « Signal Analyser » et les options spécifiques « time signal and frequency spectrum » . La façon de procéder qui a été appliquée est la suivante ; une seconde de chaque signal est sélectionnée. Puis ces signaux d'une seconde sont comparés les uns aux autres en cherchant dans l'extrait de chaque signal, l'amplitude maximale du signal.

Les amplitudes maximales pour le même échantillon mesuré 10 fois sont relevées aux trois premières fréquences du spectre. Les valeurs obtenus se présente sous la forme ci-dessous (le tableau ci-dessous est donné en exemple pour 6 mesures du même échantillon) :

	Amplitudes maximales à 108 Hz [dB]	**Amplitudes maximales à 217Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 325Hz [dB]**
Eau minérale essai1	4330.536	3192.052	2054.993
Essai2	4488.872	3255.064	2043.231
Essai3	4597.671	3313.200	2025.903
Essai4	4765.374	3382.360	2067.637
Essai5	4896.189	3449.308	2068.590
Essai6	4997.142	3469.004	2053.953
Moyenne	**4679.297**	**3343.498**	**2052.385**
Ecart-type	252.996	109.665	16.059
Limite de confiance 95%	±265.546	±115.105	±16.855
CV %	**5.39**	**3.26**	**0.78**

La moyenne et l'écart-type de chaque série de mesures sont calculées. L'intervalle de confiance à 95% est effectué selon la formule ci-contre :

$$X \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \cdot t_{\alpha, N-1}$$

« X » représente la moyenne, « S » l'écart-type et « N » le nombre de mesures. « t » est tiré d'une table spécifique avec α=5% et Φ= N-1= 9.[annexe 2]

Le coefficient de variation est calculé comme suivant :

$$CV[\%] = \frac{S}{X} \cdot 100$$

Où « S » représente l'écart-type et « X » la moyenne.

Un coefficient de variation allant jusqu'à 10% est toléré, ce qui en général le cas pour ce type de méthode. Quant à l'intervalle de confiance, il donne en quelque sorte l'incertitude des résultats. [20]

Fidélité intermédiaire

La fidélité intermédiaire à un niveau donné correspond à l'étroitesse de l'accord entre les résultats individuels obtenus sur le même échantillon soumis à l'essai dans le même laboratoire et dont au moins l'un des éléments suivants est différent : l'analyste, l'appareil, le jour.[25]

La fidélité intermédiaire est établie en mesurant le même produit par le même analyste mais durant 10 jours dans les mêmes conditions définies. C'est-à-dire, même masse d'échantillon environ 110 g. à 22°C± 1°C, réglée avec un bain-marie. L'échantillon est contenu dans une bouteille en verre, mesuré sur la paillasse et est mesuré par le même opérateur.

Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Les 10 mesures (10 jours d'analyse) sont traitées selon la partie « Traitement du signal » du mode opératoire. [annexe 1] Une fois les signaux traités, ils sont analysés et comparés avec le programme « Signal Analyser » et les options spécifiques « time signal and frequency spectrum ». La façon de procéder qui a été appliquée est la suivante ; une seconde de chaque signal est sélectionnée. Puis ces signaux d'une seconde sont comparés les uns aux autres en cherchant dans l'extrait de chaque signal, l'amplitude maximale du signal. Les résultats obtenus durant les 10 jours sont indiqués comme ci-dessous (le tableau présenté en exemple représente les mesures effectuées sur 9 jours) :

échantillons	**Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1(jour 1)	7414.648	4173.213	1371.326
Essai no2 (jour 2)	7151.184	4052.933	1311.709
Essai no3 (jour 3)	6401.11	4262.75	2104.252
Essai no4 (jour 4)	7692.371	4248.964	1462.747
Essai no5 (jour 5)	6454.841	4128.015	1866.851
Essai no6 (jour 6)	6831.643	4206.986	1717.335
Essai no7 (jour 7)	6710.322	4284.238	1950.705
Essai no8 (jour 8)	6335.81	4137.058	1971.275
Essai no9 (jour 9)	6429.33	4255.432	1983.7
Moyenne [dB]	**6824.584**	**4194.398**	**1748.877**
Ecart-type [dB]	491.447	77.265	296.241
Intervalle de confiance 95% [dB]	±377.759	±59.391	±227.710
Coefficient de variation [%]	**7.201**	**1.842**	**16.938**

La moyenne et l'écart-type de chaque série de mesures sont calculées. L'intervalle de confiance à 95% est effectué selon la formule ci-contre :

$$X \pm \frac{S}{\sqrt{N}} \cdot t_{\alpha,\,N-1}$$

« X » représente la moyenne, « S » l'écart-type et « N » le nombre de mesures. « t » est tiré d'une table spécifique avec α=5% et Φ= N-1= 9.[annexe 2]

Le coefficient de variation est calculé comme suivant :

$$CV[\%] = \frac{S}{X} \cdot 100$$

Où « S » représente l'écart-type et « X » la moyenne.

Un coefficient de variation allant jusqu'à 10% est toléré, ce qui en général le cas en analytique. Quant à l'intervalle de confiance, il donne en quelque sorte l'incertitude de la méthode. [20]

3.6.2 Validation de la méthode : exemple pour la comparaison entre une purée de tomates fraîche et une purée de tomates stérilisée

La comparaison d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée se base sur plusieurs points. Premièrement, chaque jour durant 10 jours, une purée de tomates fraîche et une purée de tomates stérilisée sont mesurées dans des conditions définies. C'est-à-dire, chaque jour, une purée de tomate fraîche est fraichement effectuée et une boîte de conserve de purée de tomates stérilisée est ouverte. Les purées sont contenues dans des petites bouteilles en verre pour une masse d'environ 110g. Les mesures sont effectuées sur la paillasse, les jus sont à une température de 22°C ± 1°C et la mesure est effectuée par le même opérateur.

Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Les 10 mesures (10 jours d'analyse) sont traitées selon la partie « Traitement du signal » du mode opératoire. [annexe 1] Une fois les signaux traités, ils sont analysés et comparés avec le programme « Signal Analyser » et les options spécifiques « time signal and frequency spectrum » .

La façon de procéder qui a été appliquée est la suivante ; une seconde de chaque signal est sélectionnée. Puis ces signaux d'une seconde sont comparés les uns aux autres en cherchant dans l'extrait de chaque signal, l'amplitude maximale du signal. Les résultats obtenus durant les 10 jours sont indiqués comme ci-dessous (le tableau présenté en exemple représente les mesures effectuées sur 9 jours) :

échantillons	**Amplitudes maximales à 129 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 258Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 387Hz [dB]**
Purée de tomates fraîche essai no1	6277.687	4362.488	2336.556
Essai no2	5631.59	4244.244	2665.574
Essai no3	6092.109	4276.24	2470.031
Essai no4	5524.429	4164.84	2549.812
Essai no5	5860.786	4201.109	2391.694
Essai no6	6278.076	4302.14	2174.297
Essai no7	5810.682	4135.594	2553.373
Essai no8	5858.762	4233.57	2511.334
Essai no9	6299.576	4319.512	2259.805
Moyenne [dB]	**5959.299**	**4248.859**	**2434.719**
Ecart-type [dB]	290.435	74.090	157.177
Intervalle de confiance 95% [dB]	±223.247	±56.950	±120.816
Coefficient de variation [%]	**4.873**	**1.743**	**6.455**

échantillons	**Amplitudes maximales à 129 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 258Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 387Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1	6352.322	4377.315	2299.84
Essai no2	5928.795	4308.702	2488.55
Essai no3	6209.24	4318.218	2340.622
Essai no4	5824.051	4248.602	2433.74
Essai no5	5786.887	4172.192	2428.088
Essai no6	6567.078	4316.103	2023.602
Essai no7	5980.214	4175.177	2374.364
Essai no8	6246.746	4308.151	2402.346
Essai no9	6736.496	4333.373	1965.194
Moyenne [dB]	**6181.314**	**4284.203**	**2306.260**
Ecart-type [dB]	331.429	70.831	185.619
Intervalle de confiance 95% [dB]	±254.758	±54.445	±142.333
Coefficient de variation [%]	**5.361**	**1.653**	**8.048**

Pour pouvoir observer si la purée fraîchement effectuée et la purée stérilisée sont différentes au point de vue de leurs amplitudes aux trois fréquences du spectre, plusieurs tests statistiques sont effectués.

Tout d'abord il faut vérifier qu'il n'y plus de valeurs aberrantes dans les séries de mesures pour les trois premières fréquences du spectre. Le test qui met en évidence les valeurs aberrantes est le test de l'aberration selon David, Hartley et Pearson. Pour cela, une valeur P est calculée selon la formule ci-dessous où Xmax représente la valeur maximale c'est à dire la valeur la plus élevée de la série de mesures et Xmin la valeur la plus petites :

$$P = \frac{X\max - X\min}{S}$$

La valeur P calculée est comparée à une valeur P_α tirée d'une table [annexe 2] pour une probabilité d'erreur α=5% et un nombre de mesure N=10. Si la valeur P est plus petite que la valeur P_α , il n'y a pas de valeurs aberrantes. Le test s'effectue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de valeurs aberrantes.[21]

Une fois qu'il n'y a plus de valeurs aberrantes, il faut s'assurer que les mesures à chaque fréquence suivent de manière asymptotique une distribution normale. Pour cela, le test d'ajustement selon Kolmogoroff et Smirnoff est appliqué.Le test est effectué comme suivant : Tout d'abord l'échantillon est présenté par ordre croissant des valeurs. Puis, différentes classes i et leur valeur représentative xi sont établies. La fréquence cumulée « Si = 1/N » ainsi que la valeur centrée et réduite « Zi = (Xi - X)/s » sont déterminées. Enfin, la détermination de la probabilité « Φ < Zi » issue de Zi à partir de la fonction de distribution normale centrée et réduite de chaque classe et la détermination des écarts en valeur absolue entre Si et Φ < Zi sont établies. Finalement, le plus grand écart nommé U est désigné. La valeur « Uα = U (α ;N) » est recherché et déterminé à partir de tables.[annexe 2]
Si la valeur U est plus petite que la valeur Uα, l'échantillon est distribué selon une loi normale. [21]

Ces différents calculs statistiques sont démontrés ci-dessous pour la comparaison entre une purée de tomates fraîche et une purée de tomates stérilisée à une fréquence de 129Hz.

Test d'ajustement : purée fraîche (fréquence 129Hz)

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
5524.429	1	0.11	- 1.497	0.933	0.043
5631.590	1	0.22	- 1.128	0.870	0.091
5810.682	1	0.33	- 0.511	0.695	0.025
5858.762	1	0.44	- 0.346	0.637	0.077
5860.786	1	0.55	- 0.339	0.633	**0.183**
6092.109	1	0.66	0.457	0.323	0.017
6277.687	1	0.77	1.096	0.135	0.094
6278.076	1	0.88	1.097	0.135	0.016
6299.576	1	0.99	1.171	0.119	0.109

moyenne 5959.299
Ecart type 290.435

U = 0.183
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test d'ajustement : purée stérilisée (fréquence 129 Hz)

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
5786.887	1	0.11	- 1.190	0.883	0.007
5824.051	1	0.22	- 1.078	0.860	0.080
5928.795	1	0.33	- 0.762	0.777	0.107
5980.214	1	0.44	- 0.606	0.730	**0.170**
6209.240	1	0.55	0.084	0.468	0.018
6246.746	1	0.66	0.197	0.420	0.080
6352.322	1	0.77	0.516	0.301	0.071
6567.078	1	0.88	1.164	0.121	0.001
6736.496	1	0.99	1.675	0.045	0.035

moyenne 6181.314
Ecart type 331.429

U = 0.170
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale

Une fois plus aucune valeur aberrante dans les échantillons et que ces mêmes échantillons sont distribués selon une loi normale, il est possible d'effectuer le test de Student apparié qui se base sur la comparaison de données par paires.

Il s'établit sur les différences entre chaque couple de valeurs. L'ensemble de ces différences Δ compose un nouvel ensemble de taille NΔ = N/2 qui si les deux échantillons de valeurs suivent de manière asymptotique une distribution normale, est de même distribué.[22]
La valeur t se calcule comme suivant :

$$t = \frac{\vec{d}}{S_d} \cdot \sqrt{n}$$

$\vec{d}$ représente la moyenne des différences entre couples de valeurs, S_d l'écart-type de ces différences et n le nombre de paires de valeurs.

Cette valeur « t » calculée est comparée à une valeur $t_{\alpha,dl}$ avec dl = N_Δ-1. Si la valeur « $|t|$ » calculée est plus petite que la valeur $t_{\alpha,dl}$, les échantillons ne sont pas de même distribution, c'est-à-dire sont différents.

purée de tomates fraîche	purée de tomates stérilisée	différence
Amplitude maximale à 129Hz	**Amplitude maximale à 129Hz**	
6277.687	6352.322	- 74.635
5631.590	5928.795	- 297.205
6092.109	6209.240	- 117.131
5524.429	5824.051	- 299.622
5860.786	5786.887	73.899
6278.076	6567.078	- 289.002
5810.682	5980.214	- 169.532
5858.762	6246.746	- 387.984
6299.576	6736.496	- 436.920

Moyenne	-222.014
Ecart-type	163.146
t	**4.082**
tα	**2.306**

A une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons n'appartiennent pas à la même population. C'est-à-dire sont différents.

Reproductibilité

La reproductibilité à un niveau donné correspond à l'étroitesse de l'accord entre les résultats individuels obtenus sur le même échantillon soumis à l'essai dans des laboratoires différents et dans les conditions suivantes : analyste différent, appareil différent, jour différent ou même jour. [25]

Concrètement, par exemple, la même purée de tomate stérilisée est mesurée dans le laboratoire de microbiologie de la HES-SO et, le même jour, est mesurée également dans le laboratoire cantonal de Sion et d'autres laboratoires. Les analyses sont effectuées sur 10 jours à raison d'une analyse par jour. Les conditions opératoires sont les suivantes : 110 g environ d'échantillon, contenu dans une bouteille en verre, l'échantillon se trouve à une température de 22°C± 1°C et est mesuré sur la paillasse.

Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Les 10 mesures (10 jours d'analyse) sont traitées selon la partie « Traitement du signal » du mode opératoire. [annexe 1] Une fois les signaux traités, ils sont analysés et comparés avec le programme « Signal Analyser » et les options spécifiques « time signal and frequency spectrum » . Ces signaux d'une seconde sont comparés les uns aux autres en cherchant dans l'extrait de chaque signal, l'amplitude maximale du signal.

Les différents laboratoires obtiennent donc un tableau semblable à celui-ci-dessous.

échantillons	**Amplitudes maximales à 146 Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 292Hz [dB]**	**Amplitudes maximales à 438Hz [dB]**
Purée de tomates stérilisée essai no1 (jour 1)	7414.648	4173.213	1371.326
Essai no2 (jour 2)	7151.184	4052.933	1311.709
Essai no3 (jour 3)	6401.11	4262.75	2104.252
Essai no4 (jour 4)	7692.371	4248.964	1462.747
Essai no5 (jour 5)	6454.841	4128.015	1866.851
Essai no6 (jour 6)	6831.643	4206.986	1717.335
Essai no7 (jour 7)	6710.322	4284.238	1950.705
Essai no8 (jour 8)	6335.81	4137.058	1971.275
Essai no9 (jour 9)	6429.33	4255.432	1983.7
Moyenne [dB]	**6824.584**	**4194.398**	**1748.877**
Ecart-type [dB]	491.447	77.265	296.241
Intervalle de confiance 95% [dB]	±377.759	±59.391	±227.710
Coefficient de variation [%]	**7.20**	**1.84**	**16.94**

Les moyennes et les écart-types sont calculés. Le coefficient de variation ainsi que l'intervalle de confiance à 95% sont calculée selon les mêmes formules identiques à celle développées plus haut.

Un coefficient de variation situé de 5 jusqu'à 10% est toléré, ce qui en général le cas en analytique. Quant à l'intervalle de confiance, il donne en quelque sorte l'incertitude de la méthode. [20]

La reproductibilité peut être évaluée comme suivant : les moyennes à chaque fréquence obtenues par chaque laboratoire sont envoyées à un organe indépendant traitant les données. A partir de ces moyennes, une moyenne et un écart-type sont effectuée ce qui donne une moyenne globale. L'intervalle de confiance est calculé. Les résultats obtenus par les différents laboratoires doivent se trouver dans cet intervalle. Le coefficient de variation est effectué. Un coefficient de variation allant jusqu'à 10% est toléré et indique une bonne reproductibilité de la méthode.

L'autre but de cette analyse inter-laboratoire est d'obtenir, dans plusieurs laboratoires différents avec un appareillage différent et un opérateur différent, le même résultat final. C'est à dire de mesurer sur 10 jours d'analyses à raison d'une analyse par jour, une purée de tomates fraîche et une purée de tomates stérilisée sont mesurées. Les différents laboratoires doivent obtenir le même résultat final, c'est-à-dire l'absence ou la présence de différence entre les échantillons. Si ce n'est pas le cas, il y a un problème au niveau de la méthode développée. Il est également possible de vérifier la fidélité intermédiaire avec le calcul du coefficient de variation.

4. Discussion

4.1 Evaluation de la répétabilité des mesures sur les divers échantillons de jus

La répétabilité des mesures sur les différents produits (eaux, jus de carottes, jus de framboises, purée de tomates) peut être considérée comme satisfaisante. En effet les coefficients de variation aux différentes fréquences varient entre 0,3 et 5%. En général, d'après ce type de méthode qui est assez sensible aux conditions extérieures, il est possible de tolérer une variation allant jusqu'à 10% , voir légèrement plus élevée.

4.2 Evaluation de la fiabilité intermédiaire des mesures sur les divers échantillons de jus

Eau : fréquence d'émission 111Hz et jus de carottes : fréquence d'émission 58Hz

L'évaluation de la fiabilité intermédiaire qui se base sur la mesure d'un même échantillon, avec le même opérateur, avec le même appareil mais sur un jour d'analyse différent donne, pour les différents échantillons d'eaux, des coefficients de variation d'environ 9% à 20% selon les fréquences du spectre. Dans ce type d'analyse, étant sensible à l'environnement, il est possible de tolérer un coefficient de variation allant jusqu'à 10% voir légèrement plus élevé.
Les variations sont explicables par le fait que, comme expliqué dans l'introduction, l'eau apparaît être un milieu extrêmement sensible à divers facteurs physiques rayonnés dans notre environnement par le milieu atmosphérique et spatial qui nous entoure et dont il ne peut être complètement isolé. [6] Ces variations causent de l'erreur aléatoire.
Les variations peuvent également être dues à une fréquence d'émission non-optimale pour l'analyse des produits.

Jus de framboises : fréquence d'émission 123 Hz et 146Hz

L'évaluation de la fiabilité intermédiaire qui se base sur la mesure d'un même échantillon, avec le même opérateur, avec le même appareil mais sur un jour d'analyse différent donne, pour les différents échantillons de jus de framboises, des coefficients de variation d'environ 4% à 8% selon les fréquences du spectre à la fréquence d'émission 123Hz. En général, pour ce type de méthode, il est possible de tolérer une variation allant jusqu'à 10% voir légèrement plus élevée.
Par contre, à la fréquence de 146Hz, les coefficients de variation varient de 8 à 30%, ce qui est trop élevé. Cela peut-être dû au fait que la fréquence d'émission de 146Hz n'est pas bien adaptée à l'analyse du jus de framboises. Donc, pour l'analyse du jus de framboises, il est préférable d'effectuer les mesures à une fréquence d'émission de 123Hz.

Purée de tomates : fréquence d'émission 129Hz et 146Hz

L'évaluation de la fiabilité intermédiaire qui se base sur la mesure d'un même échantillon, avec le même opérateur, avec le même appareil mais sur un jour d'analyse différent donne, pour les différents échantillons de purée de tomates, des coefficients de variation d'environ 5% à 8% selon les fréquences du spectre à la fréquence d'émission 129Hz. En général, d'après ce type de méthode qui est assez sensible aux conditions extérieures, il est possible de tolérer une variation allant jusqu'à 10% voir légèrement plus élevée.

Par contre, à la fréquence de 146Hz, les coefficients de variation varient de 2 à 18%, ce qui est légèrement trop élevé. Cela peut-être dû au fait que la fréquence d'émission de 146Hz est moins bien adaptée à l'analyse de la purée de tomates. Pour l'analyse des purées de tomates, il est donc préférable d'effectuer les mesures à une fréquence d'émission de 129Hz. D'ailleurs, l'analyse statistique des résultats à 146Hz démontre ce phénomène, les mesures à 146Hz ne suivant pas une loi normale.

Jus de carottes : fréquence d'émission 123Hz et 141Hz

L'évaluation de la fiabilité intermédiaire qui se base sur la mesure d'un même échantillon, avec le même opérateur, avec le même appareil mais sur un jour d'analyse différent donne, pour les différents échantillons de jus de carottes, des coefficients de variation d'environ 3% à 14% selon les fréquences des spectres aux fréquences d'émission 123Hz et 141Hz. En général, d'après ce type de méthode qui est assez sensible aux conditions extérieures, une variation de 10% est tolérable.
D'après ces résultats, il est possible de déduire que ces deux fréquences sont bien applicables à l'analyse des jus de carottes.

Mesures comparatives des énergies subtiles pour les différents produits étudiés durant le travail

Il est à noter que tous les résultats et discussions présentés ci-dessous se basent sur les essais expérimentaux effectués dans des conditions définies durant ce travail, c'est-à-dire une température des échantillons de 22°C±1°C, environ 110g d'échantillon contenu dans des bouteilles en verre, mesuré sur la paillasse de laboratoire et par le même opérateur selon la méthode développée durant ce travail. Le « setup » de l'appareil, la calibration ainsi que l'enregistrement du signal sont effectués selon le mode opératoire [annexe 1]. Le traitement du signal est effectué avec le programme « Audacity ».

4.3 Mesure des eaux

L'analyse statistique des résultats montre qu'à une probabilité d'erreur α = 5%, aux trois premières fréquences du spectre, les échantillons d'eau milipore et les échantillons d'eaux du robinet appartiennent à la même population statistique, ce qui signifie qu'ils sont considérés comme étant identiques. L'appareil bioscope ne mesure donc, d'après cette expérience, aucune différence au niveau des énergies subtiles entre les deux échantillons d'eaux (eau milipore et eau du robinet) sur 9 jours d'analyses. Cette absence de différences peut être éventuellement due à l'erreur aléatoire importante sur les mesures causant une variation trop importantes dans les échantillons. Cette erreur aléatoire importante est visible par un coefficient de variation représentant une fiabilité intermédiaire élevée pour la mesure des eaux. Il serait intéressant de répéter l'analyse des eaux à une fréquence différente pour voir si l'erreur aléatoire diminuerait et si des différences seraient visibles.

4.4 Mesures comparatives des énergies subtiles d'un jus de carottes frais et d'un jus de carottes congelé

L'analyse statistique des résultats montre qu'à une probabilité d'erreur α = 5%, un jus de carottes frais pressés et un jus de carottes congelé appartiennent à la même population statistique, c'est-à-dire sont considérés comme étant identiques au point de vue des énergies subtiles.
Ce résultat peut éventuellement être expliqué par l'hypothèse que, comme visible sur les figures 20 et 21 , les cellules issues du jus de carottes aient été pour la plupart déjà détruites par le pressage des carottes dans le robot mixer Kenwood. Il est visible sur les figures 20 et 21 que l'état des cellules ne varie pas entre un jus de carottes frais pressés et un jus congelé. Ceci expliquerait l'absence de différences rencontrées lors de l'analyse des jus avec l'appareil bioscope, les cellules ayant subi un dommage similaire dans les deux jus. Cette absence de différence peut aussi être éventuellement due à la plus ou moins importante variation entre les mesures journalières dues à l'erreur aléatoire. Cela est visible par un coefficient de variation élevé pour cette expérience.
Une perspective à cette expérience serait de répéter les analyses à une fréquence différente et de préparé les jus selon le même processus qui est utilisé pour les jus avec/sans traitement enzymatique pour éviter une trop grosse destruction cellulaire dû au pressage avec le robot mixer kenwood.

4.5 Mesures comparatives des énergies subtiles d'un jus de framboises frais pressé et d'un jus de framboises pasteurisé

L'analyse statistique des résultats montre qu'à une probabilité d'erreur α = 5%, un jus de framboises frais pressé et un jus de framboises pasteurisé n'appartiennent pas à la même population statistique, c'est-à-dire sont différents au point de vue de la qualité vitale.
En effet, il avait déjà été démontré par l'analyse par cristallisation au chlorure de cuivre, sur un échantillon de lait, que la pasteurisation influençait la qualité vitale du lait.[3] La méthode développée durant ce travaille montre qu'une différence significative est observable entre les échantillons, c'est-à-dire que pour le même échantillon, le traitement a influencé les énergies

subtiles du produit. En effet, bien que la pasteurisation n'occasionne pas des dégâts aussi importants aux structures que la stérilisation [12], les membranes subissent tout de même des altérations par dénaturation des protéines de structure.[26] Ceci peut éventuellement avoir une influence sur les propriétés électriques des cellules, ce qui est visible grâce à la présence de différences par la mesure avec l'appareil bioscope.

4.6 Mesures comparatives des énergies subtiles d'une purée de tomates fraîche et d'une purée de tomates stérilisée

L'analyse statistique des résultats à une fréquence d'émission de 129Hz montre qu'à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, la purée de tomates fraîche et la purée de tomates stérilisée n'appartiennent pas à la même population statistique, c'est-à-dire sont différentes aux point de vue de la qualité vitale. Le fait qu'un traitement thermique influence la qualité vitale d'un produit a déjà été démontré pour différents produits (lait pasteurisé [3], pâtes produites par extrusion [27]) par la méthode par cristallisation à partir de chlorure de cuivre. Ce fait est observable par la méthode développée durant ce travail dans le cas d'une stérilisation d'une purée de tomates. En effet, la stérilisation occasionne des dégâts importants sur les cellules dues à des températures de processus élevées (115°C). Lors du processus thermique, l'agitation thermique est telle que les protéines composant les membranes cellulaires sont dénaturées, ce qui cause une dégradation des cellules composant le produit.[26]. Les parois cellulaires sont également affectées par une dégradation des hémicelluloses et des pectines qui servent de ciment entre les cellules. [26] Cela cause un changement de texture du produit. Il est observable sur les figures 26 et 27 que les parois cellulaires sont clairement visibles et intactes dans la purée fraîche ce qui n'est pas le cas pour la purée de tomates stérilisée où il est observable que les parois cellulaires sont altérées. Ceci est également visible par un changement de texture du produit entre la purée fraîche et la purée stérilisée par l'analyse avec le texturomètre. [tableau 22]
L'hypothèse qui peut être émise est que, puisqu'une grande partie des cellules sont détruites durant le processus, les caractéristiques électriques de l'aliment sont influencées.

Il a également été observé que l'homogénéité d'une boîte de conserve est satisfaisante, c'est-à-dire, si une boîte est distribuée en 5 parts de même masse et que les 5 échantillons sont mesurés, le coefficient de variation varie de 0,7 à 4%, ce qui est acceptable. Cela permet de conclure qu'il y a très peu de variations entre les mesures, cela étant dû au fait que l'échantillon puisse provenir d'un endroit différent de la boîte.

4.7 Mesures comparatives des énergies subtiles d'un jus de carottes avec et sans traitement enzymatique ayant subi un traitement thermique

L'analyse statistique des résultats montre qu'à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les jus avec et sans traitement enzymatique ayant subi le même traitement thermique (95°C/2 minutes) appartiennent à la même population statistique, c'est-à-dire sont considérés comme étant identiques.

L'analyse microscopique des jus effectuée sur un jus avec traitement enzymatique[figures 31 et 32] montre que les cellules sont plus ou moins isolées et gardent leur structure cellulaire, c'est-à-dire gardent leur paroi intacte. En effet, le fait d'isoler les cellules les rend moins sensibles au traitement thermique et permet aux cellules de conserver leur intégrité cellulaire comme le β-carotène. [19] Cela a pu être observé visuellement par une couleur orange prononcée pour le jus ayant subi le traitement enzymatique avant le traitement thermique. Par contre, le jus n'ayant subi que le traitement thermique présente une couleur orange virant sur le brun, cela étant du à l'oxydation du β-carotène libéré par les cellules détruites par le traitement thermique. La destruction des cellules est due, comme dans les cas précédents, à une dénaturation des protéines membranaires. Les analyses de matières sèches effectuées sur les deux produits montrent que la matière sèche du jus n'ayant pas subi le traitement enzymatique est plus élevée que la matière sèche du jus ayant subi le traitement enzymatique.

En effet, les cellules n'ayant pas subi le traitement enzymatique sont plus sensibles au traitement thermique et sont en plus grande proportion détruites. Cela se traduit par une perte en eau plus importante par destruction des membranes cellulaire visible dans le tableau X par une teneur en matière sèche plus basse. Il est également possible de constater que le pH du jus de carottes ayant subi le traitement enzymatique se situe plus bas que pour l'autre jus, cela étant dû à l'ajustement du pH pour le traitement enzymatique.
Il est à signaler que, lors du traitement enzymatique avant traitement thermique, une grande partie des cellules gardent leur structure mais qu'une autre partie est tout de même touchée par le traitement thermique. La microscopie du jus sans traitement enzymatique ayant subi le traitement thermique montre que les cellules ont tendance à rester en amas et sont plus ou moins dégradées par le traitement thermique. [figures 33 et 34]
Malgré une conservation des cellules par le traitement enzymatique, l'appareil ne mesure pas de différences au niveau des énergies subtiles entre les échantillons avec et sans traitement enzymatique ayant subi le même traitement thermique. L'hypothèse qui peut être posée est la suivante : le traitement enzymatique permet de conserver les cellules et leur intégrité mais que la totalité des cellules ne sont pas protégées durant le traitement thermique. Une partie des cellules a tout de même subi une dégradation ce qui expliquerait éventuellement cette absence de différences de qualité vitale entre les échantillons. Il serait intéressant de répéter ce traitement sur d'autres jus pour pouvoir observer si cette constatation se répète.

4.8 Evaluation de la méthode analytique et de la proposition de procédure de validation

Il est important de spécifier que la méthode développée durant ce travail de diplôme ainsi que les résultats obtenus pour les types de produits analysés se basent sur les expérimentations effectuées dans des conditions bien définies. Cela inclut une masse d'échantillons de 110 g, à 22°C±1°C , contenus dans des bouteilles en verre et mesurés sur la paillasse de laboratoire par le même opérateur selon le manuel d'utilisation de l'appareil. Il est important de garder les paramètres constants. Lors du projet de semestre, il avait été démontré que la nature du support de mesure et du récipient ainsi que la température du produit influençaient les mesures. En effet, il est important d'éviter l'utilisation d'un support et d'un récipient métalliques car le métal absorbe les ondes [28].La température doit également être constante pour éviter des variations dans les mesures. L'importance de garder les paramètres constants a été démontrée dans ce travail en prenant pour exemple la purée de tomates. En effet, si la boîte de conserve est homogénéisée avant l'analyse, les mesures sont significativement différentes par rapport aux mesures prises à partir de la même boîte non-homogénéisée. [annexe 7] C'est pourquoi, il est important de suivre toujours la même démarche dans la préparation de l'échantillon pour la mesure et dans la façon de mesurer.

La méthode choisie pour comparer les échantillons se base sur la comparaison des pics des spectres obtenus pour les différents échantillons aux trois premières fréquences des spectres. Ce choix a été effectué car cette représentation a été jugée comme étant celle donnant le plus d'informations concrètes sur les échantillons. L'analyse par les différents spectrogrammes restant très subjective et ne montrant que peu de différences entre échantillons. [exemple figure 30]. Un léger décalage entre la fréquence d'émission et la fréquence visible sur les spectres est visible. Cette observation a été transmise au fabricant/concepteur et une mesure corrective est en cours.

Les résultats sont traités en comparant les échantillonnages effectués sur plusieurs jours, en mesurant chaque jour un échantillon non-traité et un échantillon traité technologiquement, et en les comparant avec le test de Student sur l'appariement. Ce test est particulièrement appliqué quand la comparaison entre deux échantillonnages est perturbée par une variation importante à l'intérieure de chaque échantillon due à des variations journalières des conditions ambiantes. Dans une pareille situation, il est préférable d'arranger les comparaisons par paires. [22]
La comparaison des données en s'appuyant sur les moyennes des mesures effectuées est erronée car la variation à l'intérieur de l'échantillon due à l'environnement n'est pas prise en compte. Ceci est, en prenant pour exemple la purée de tomate, démontré par le test « t » qui compare deux valeurs moyennes.[annexe 8] En effet le test « t » effectué comparant la valeur moyenne pour les mesures de la purée de tomates fraîche et la même purée de tomates stérilisée montrent qu'à une probabilité d'erreur α=5%, les échantillons appartiennent à la même population statistique, c'est-à-dire sont identiques. En appliquant le test de Student sur l'appariement qui compare les amplitudes par paires obtenues durant les 9 jours d'analyses pour la purée fraîche et stérilisée, il est observable que les échantillons n'appartiennent pas à la même population, donc sont différents.[annexe 8] Ceci prouve l'influence de l'environnement sur la mesure, le test de Student apparié étant beaucoup plus sensible que le test « t ».

Un des buts de ce travail était de savoir si la méthode développée pourrait être appliquée pour déterminer si un aliment a suivi un traitement technologique ou non dans le cadre d'un laboratoire de contrôle des denrées alimentaires. Il est important de signaler que la méthode développée s'applique essentiellement aux applications testées durant ce travail. En effet, l'utilisation de la méthode pour déterminer, en prenant pour exemple les expériences effectuées sur la purée de tomates, si un échantillon de purée de tomates a été traité thermiquement ou non semble difficile et comporte des restrictions. Tout d'abord, la méthode ne peut pas se baser sur une mesure absolue comparée à une valeur moyenne comprenant un intervalle de confiance déterminé pour le produit. Ceci est dû au fait qu'une comparaison se basant sur une moyenne de mesures ne prend pas en compte les influences importantes de l'environnement sur le produit. Cela a été démontré statistiquement durant ce travail comme expliqué plus haut. La seule façon de comparer les résultats obtenus est la comparaison par paires via le test de Student sur l'appariement. D'après ce test, si les mesures appartiennent à la même distribution statistique, les deux échantillons sont identiques. Par contre si les deux échantillons n'appartiennent pas à la même distribution statistique, ils sont différents et donc la purée de tomates inconnue a subi un traitement thermique.

L'application d'une méthode telle que celle développée durant ce travail de diplôme, c'est-à-dire de disposer des échantillons non-traités technologiquement (par exemple la purée de tomates fraîche) et des échantillons transformés (par exemple la purée de tomates stérilisée) et cela sur plusieurs jours (environ 10 jours d'analyses) semble improbable dans le domaine d'un contrôle de denrées alimentaires effectué par un laboratoire cantonal par exemple. Finalement, le temps d'analyse et par conséquent le coût final seraient élevés. De plus, la méthode présente des « points faibles » au point de vue de la procédure de validation de l'appareil. En effet, uniquement la fiabilité des résultats peut être évaluée. La fiabilité comprend la répétabilité, la fiabilité intermédiaire ainsi que la reproductibilité. Ces paramètres sont évalués à partir du coefficient de variation et de l'intervalle de confiance. Par contre, la justesse qui correspond à l'étroitesse de l'accord entre la valeur certifiée par un organisme reconnu et le résultat moyen ne peut pas être évaluée cela étant dû au fait qu'il n'y a pas de d'échantillon référence pour cette méthode. La sensibilité, qui informe sur l'état d'un système analytique et permet de voir le changement des conditions du système dans le temps, ne peut également pas être calculée.[25] Cela est explicable par le fait que la sensibilité est représenté par la pente de la courbe d'étalonnage qui ne peut pas être effectuée dû à l'absence d'échantillons standards.[25]
Enfin, la limite de détection, représentant la plus basse concentration pour un composé analysé qui produit un signal détectable ne peut pas être évaluée [25]. A cause de l'absence d'étalons et de concentrations indiqués dans la littérature pour une méthode équivalente.

Déceler une « perte de vitalité » n'est pas envisageable d'après les résultats obtenus car la méthode ne donne qu'une réponse qualitative sur la qualité vitale. C'est-à-dire, elle renseigne sur une différence possible de qualité vitale pour le même échantillon ayant subi ou non un traitement technologique. Par contre, l'appareil semble plus avoir une application dans le domaine des énergies subtiles pour pouvoir déterminer si un traitement technologique influence de manière significative la qualité vitale d'un produit. Il serait intéressant de répéter les traitements thermiques comme la pasteurisation et la stérilisation par exemple sur d'autres produits pour pouvoir observer si les résultats obtenus durant ce travail se répètent.

5. Conclusion et perspectives

Le but de ce travail était d'effectuer des mesures comparatives des jus de fruits et/ou légumes frais et ayant subi un traitement technologique dans le but d'identifier une éventuelle « perte » d'énergie vitale. L'autre but de ce travail était de savoir si l'appareil a une éventuelle application en agroalimentaire dans un domaine analytique, par exemple pour déterminer si un produit a subi ou non un traitement technologique. Il est important de signaler que l'appareil n'avait encore jamais véritablement été testé dans une application alimentaire.

Plusieurs traitements technologiques ont été effectués comme la congélation d'un jus de carottes, la pasteurisation d'un jus de framboises, la stérilisation d'une purée de tomates et le traitement enzymatique avant traitement thermique d'un jus de carottes. Les mesures ont été effectuées sur plusieurs jours, dans les mêmes conditions opératoires. Les résultats ont été traités statistiquement dans le but d'observer des différences significatives entre échantillons. Les mesures effectuées durant ce travail montrent que la stérilisation d'une purée de tomates et la pasteurisation d'un jus de framboises influencent de manière significative les énergies vitales de ces produits. Par contre, l'appareil ne mesure aucune différence significative d'énergie vitale dans le cas de la congélation et le traitement enzymatique d'un jus de carottes. Il a été possible d'observer que l'environnement influence certains produits plus que d'autres ce qui engendre une erreur aléatoire plus ou moins grande lors de certaines expériences.

L'application de l'appareil dans un but analytique, par exemple pour déterminer si une purée de tomates a été stérilisée ou non, semble improbable. Cela est dû au fait qu'il faudrait pouvoir disposer de la matière première et de la matière suspectée d'avoir été stérilisée sur plusieurs jours, l'analyse statistique se basant sur la comparaison des mesures par paires (purée fraîche/purée stérilisée). Cette méthode entraînerait un temps d'analyse important et donc des coûts élevés. Il est à noter que cette méthode donne une information sur d'éventuelles différences d'énergie vitale mais ne permet pas de quantifier ces énergies, c'est-à-dire de s'exprimer sur des « pertes » d'énergie vitale.

La proposition de validation de la méthode montre les limites de l'appareil. La fiabilité de l'appareil (répétabilité, fiabilité intermédiaire et reproductibilité) peut être validée. Par contre, des paramètres comme la justesse, la sensibilité et la limite de détection ne peuvent pas être évalués à cause de l'absence d'étalons pour cette méthode. Une autre limite de l'appareil est qu'il donne une réponse qualitative sur les énergies subtiles et non quantitatives comme il était espéré.

Une perspective à ce travail serait, par exemple, d'effectuer une pasteurisation et une stérilisation sur de nombreux produits alimentaires dans les mêmes conditions opératoires qui ont été appliquées durant ce travail et de regarder si ces processus montrent des différences significatives sur les énergies vitales. Ainsi il serait éventuellement possible de s'exprimer sur une éventuelle influence de la stérilisation et de la pasteurisation sur les énergies vitales des produits alimentaires en général. Il serait également intéressant d'effectuer le traitement enzymatique sur d'autres jus, de sorte à observer si les constatations faites durant ce travail se répètent ou diffèrent. Pour finir, il faudrait mesurer les eaux minérales et les jus frais/congelés à d'autres fréquences et effectuer les jus de carottes selon le processus de fabrication du jus de carottes utilisé lors de la fabrication des jus avec/sans traitement enzymatique.

6. Bibliographie

[1] Bachmann M., Die „innere“ Qualität von Lebensmitteln, Hochschule Wädenswil, 2000, 1

[2] Bellavite P. et Signorini A., Biological effects of electromagnetic fields, Fundamental Research in ultra-High Dilution and Homoeopathy, Kluwer Acad. Publ. , 127-142

[3] Balzer Graf U., Qualität-ein Er-Lebnis (documentation) , Forschunginstitut für Vitalqualität, pas de date sur le document.

[4] Bioscope Operation Manual, Sonoscope,(2006), 3-4

[5] Grimnes S.et O.Martinsen, Bioimpedance and Bioelectricity Basics Second Edition, 2008 Elsevier Ltd, 1-246

[6] Olivaux Y., La nature de l’eau, marco pietteur éditeur, (2007), 121-345

[7] Keller F.et al., Les légumes, LmZ 2ème édition, (2000), 220-228

[8] Delahaye T., Les fruits rouges, Actes Sud,(2002), 45-46

[9] Nicolay L.,support de cours « Conservation par le froid », Hevs Sion, (2005-2006),43-53

[10] Nicolay L., cours de génie alimentaire, « conservation par la chaleur et techniques d’assainissement particulière, chapitre 4 Pasteurisation », HEVs Sion, (2006-2007), 3-13

[11] Albagnac G. et al., Technologies de transformation des fruits, Tec & Doc Lavoisier,(2002), 334

[12] Nicolay L., support de cours de génie alimentaire, « conservation par la chaleur et techniques d’assainissement particulière, chapitre 5 Stérilisation », HeVs Sion, (2006-2007) 4-12

[13] Bimbenet J. et al., Génie des procédés alimentaire, Dunod, 2ème édition,(2007), 347

[14] Larousse J., La conserve appertisée, Tec & Doc Lavoisirer, (1991), 585-588

[15] Crellier S., support de cours « Applications enzymatiques dans l’industrie agroalimentaire », HES-SO Valais,(2007), 1-6

[16] Ruttloff H., Industrielle Enzyme, Behr’s Verlag, (1994), 651-655

[17] Schmitt R., support de cours « Conservation par procédés thermiques », Ecole d’ingénieurs du Valais,(1999), 1-18

[18] Wermeille A., Travail de diplôme « Sinlge plant cells foods Enzymatic treatment of carrots : Process optimisation », Hevs Sion, (2004), 7-44

[19] Lyons R., Understanding Digital Signal Processing, Addison-Wesley Publishing company, (1997), 23-330

[20] Cicciarelli R. et Frey.U , support de cours « Analyse instrumentale », Hevs Sio, (2004), 6-8

[21] Grogg A.-F , support de cours « Statistique appliquée », Hevs Sion, (2001),38-42

[22] Morant G., cours de formation continue « Statistique à la carte : Analyse statistique de résultats expérimentaux », Hevs Sion, (2000), 16

[23] Baumgartner A. et al., Guide pour la validation de méthodes d'essais microbiologiques et l'évaluation de leur incertitude de mesure dans les domaines de la microbiologie alimentaire et de l'environnement, Confédération suisse service d'accréditation suisse SAS, (2006),4-10

[24] Holdsworth D. et Simpson R., Thermal Processing of Packaged Foods Second Edition, Springer, (2008), 226

[25] Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, Protocole de validation d'une méthode d'analyse en chimie, Québec, (2007), 9-16

[26] Mc Gee H., On Food and Cooking the science and Lore of the Kitchen, Charles Scribner's sons, (1984), 174

[27] Zimmerli F., Teigwaren: Auswirkungen des angewandeten Technologien auf die Vitalqualität, Die « innere » Qualität von Lebensmitteln,(200), 4

[28] Ashcroft N. et Mermin D., Physique des solides, EDP Sciences, (2002), 344-346

7. Annexes

[1] Mode opératoire du bioscope

[2] Tables utilisées pour les calculs statistiques

[3] Calculs statistiques concernant l'eau

[4] Calculs statistiques concernant les jus de carottes frais/congelés

[5] Calculs statistiques concernant les jus de framboises frais/pasteurisé

[6] Tables valeurs F pour les différentes températures

[7] Calculs statistiques concernant l'homogénéisation d'une purée de tomates

[8] Calculs statistiques concernant la stérilisation d'une purée de tomates

[9] Calculs statistiques concernant le traitement enzymatique d'un jus de carottes avant traitement thermique

[10] Fiches de spécification de l'enzyme Pectinex Ultra SP-L, Novozyme

[11] Matières sèches effectuée sur les jus de carottes avec/sans traitement enzymatique

1. mode opératoire du Bioscope

Bioscope utilisation guide / Guide d'utilisation du Bioscope / Bioscope Verwendungsführer

1. Analysis choice / Choix d'analyse / Analysenwahl

1.1. obtain a response to an emitted signal / obtenir une réponse à un signal envoyé
1.2. obtain a comparison to a standard or to a group of samples / obtenir une comparaison à un standard ou à un groupe d'échantillons.

2. Setup / Mise en route / Inbetriebsetzung

2.1. Connecter le câble "BNC Probe" à l'arrière du Bioscope
2.2. Placer une aiguille d'acuponcture dans la pince
2.3. Connecter le câble d'alimentation du Bioscope au port USB de l'ordinateur
2.4. Seulement et uniquement après avoir effectué les opérations 2.1. à 2.3., démarrer l'ordinateur
2.5.1. Placer la molette de réglage Frequency sur sa position centrale – repérable en tournant complètement le potentiomètre dans un sens puis dans l'autre (env. 5 tours complets)
2.5.2. Placer la molette de réglage Polarity sur sa position centrale
2.5.3. Placer la molette de réglage Fine Tune sur sa position centrale – voir procédure point 2.5.1. ci-dessus
2.5.4. A l'aide de la lampe verte, ajuster la position de la molette de réglage Course entre la position où la lumière s'allume et la position où la lumière s'éteint – le domaine de mesure de l'appareil se situe entre les deux, où la lampe verte clignote.
2.6. Ouvrir les trois logiciels - *Signal Recorder*, *Signal Analyser* et *Audacity* – se trouvant sur le Bureau
2.7. Dans le logiciel *Signal Recorder*, dans le Menu `Recording`, sous-menu `Settings`, onglet `Audio`, ajuster `Sampling Frequency` à 96000 Hz.
2.8. Toujours dans le Menu `Recording`, sous-menu `New File`, créer un nouveau fichier d'enregistrement dans un dossier sous `C:\Documents and Settings\Administrator\Bureau\Bioscope\Analysis`

3. Calibration / Calibration / Kalibration

3.1. Cliquer sur l'icône enregistrement ●
3.2. Dans Menu `Analysis`, sélectionner le mode d'affichage `Time signal and frequency spectrum`
3.3. Décliquer le bouton `Log` pour désactiver le scaling logarithmique
3.4. Cliquer sur l'icône `Edit Chart`. Dans la fenêtre `Editing chart`, double cliquer sur le trait jaune situé à gauche de `Channel 1` et choisir une couleur plus visible (ex. bleu foncé), puis fermer la fenêtre.
3.5. A l'aide de la souris ou du touchpad, créer une zone de sélection en maintenant le clique gauche pour zoomer sur la partie gauche du signal.
3.6. Cliquer sur l'icône `Enables value marking cursor`. Dans la partie `Frequency spectrum`, marquer le premier pic (pic d'émission) en cliquant dessus pour obtenir les indications de fréquence et d'amplitude. Double-cliquer pour enlever le marquage.
3.7. Déterminer une fréquence d'analyse comprise entre 50 et 300 Hz en tournant la molette de réglage Frequency. Si le signal disparaît, le récupérer en tournant la molette de réglage Course (cf. point 2.5.4.).
N.B. : ne jamais mesurer à 50 Hz, car cette fréquence correspond à celle utilisée par tous les appareils électroniques.
3.8. Une fois la fréquence réglée, ajuster l'amplitude entre 6'000 et 10'000 Hz puis contrôler que les pics qui suivent le pic d'émission (harmoniques) n'aient pas un décalage trop grand en amplitude par rapport au pic d'émission (signal régulier, cf. *Figure 1*). Dans le cas où le décalage est trop important, diminuer l'amplitude à l'aide de la molette de réglage Fine Tune.

- 1 -

Figure 1

3.9. Then, there are two ways to take a reading:
3.9.1. Where the excitation signal is seen in the recorder module, and a "*change*" can be seen in the waveform when a sample is tested (cf. point 1.1.)
3.9.2. Where the instrument is tuned to "*silence*" - no excitation signal is seen when recording, but signal is present when the electrode is in contact with a sample (cf. point 1.2.)
3.9.3. Following what you want to do, either do not change anything either tune to silence the signal with the Fine Tune Knob, clockwise turn.
3.9.4. Cliquer sur l'icône stopper l'enregistrement ■

4. Raw Signal recording / Enregistrement du signal brut / Rohsignalaufnahme

4.1. Dans le Menu `Recording`, sous-menu `New File`, créer un nouveau fichier d'enregistrement ou reprendre un fichier qui a déjà été créé.
4.2. Cliquer sur l'icône enregistrement ●
4.3. Placer l'aiguille d'acuponcture dans l'échantillon à analyser pendant env. **15 sec.** Attention, tout contact avec l'homme et le métal interfère avec la mesure. Par conséquent, ne pas tenir ni déposer la main près de l'échantillon et contrôler que votre échantillon ne se trouve pas à proximité d'une barre en métal pendant la mesure
4.4. Pour une série d'échantillon, répéter l'opération 4.3. en laissant un intervalle de temps entre chaque mesure.
4.5. Une fois l'échantillon ou la série d'échantillon mesuré, cliquer sur l'icône stopper l'enregistrement ■

5. Energy recording / Enregistrement de l'énergie / Energieaufnahme

5.1. Dans le Menu `Recording`, sous-menu `New File`, créer un nouveau fichier d'enregistrement ou reprendre un fichier qui a déjà été créé.
5.2. Dans la barre des tâches en haut, cliquer sur le mode `Energy` (cf. *Figure 1*)

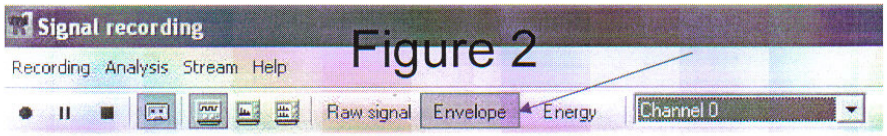


Figure 2

5.3. Cliquer sur l'icône enregistrement ●
5.4. Placer l'aiguille d'acuponcture dans l'échantillon à analyser pendant env. **2 min.** jusqu'à ce que le signal se stabilise. Attention, tout contact avec l'homme et le métal interfère avec la mesure. Par conséquent, ne pas tenir ni déposer la main près de l'échantillon et contrôler que votre échantillon ne se trouve pas à proximité d'une barre en métal pendant la mesure
5.5. Une fois les 2 min écoulées, cliquer successivement sur l'icône stopper l'enregistrement ■ et l'icône `Copy to clipboard`

Bioscope utilisation guide / Guide d'utilisation du Bioscope / Bioscope Verwendungsführer

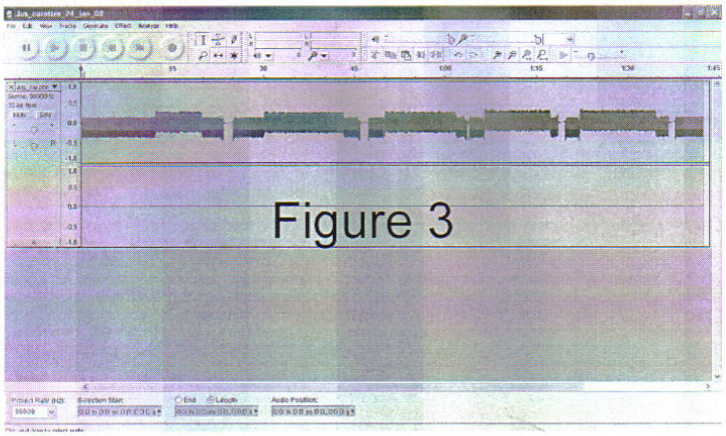
5.4. Placer l'aiguille d'acuponcture dans l'échantillon à analyser pendant env. **2 min.** jusqu'à ce que le signal se stabilise. Attention, tout contact avec l'homme et le métal interfère avec la mesure. Par conséquent, ne pas tenir ni déposer la main près de l'échantillon et contrôler que votre échantillon ne se trouve pas à proximité d'une barre en métal pendant la mesure

5.5. Une fois les 2 min écoulées, cliquer successivement sur l'icône stopper l'enregistrement ■ et l'icône `Copy to clipboard`

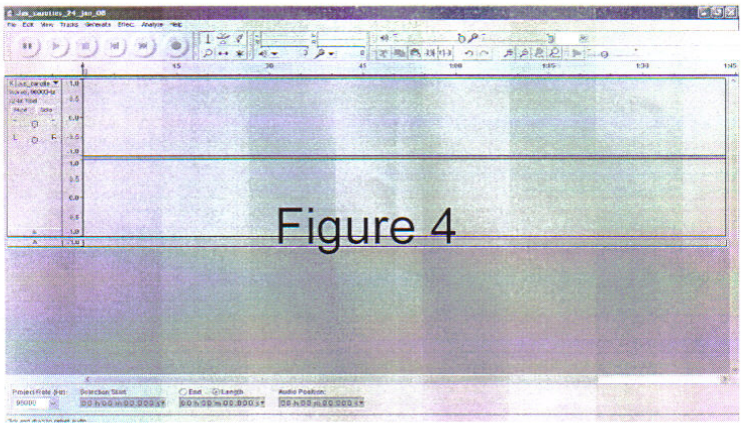
N.B. : il est possible d'enregistrer le signal brut en même temps que l'énergie. Toutefois, dans ce cas, chaque échantillon doit être enregistré séparément. Il n'est pas possible de mesurer une série d'échantillon à la suite sur le même fichier.

6. Signal processing / Traitement du signal / Signalbehandlung

6.1. Dans le logiciel Audacity, aller dans Menu `File`, sous-menu `Open` et ouvrir le fichier correspondant à l'analyse en cours (Ex. : Jus_carottes_24_jan_08). La bande son double du signal enregistré apparaît (cf. *Figure 3*).



6.2. Dans le Menu `File`, sous-menu `New`, ouvrir un nouveau fichier. Dans la fenêtre en bas à gauche, ajuster `Project Rate` à 96000 Hz. Aller ensuite dans le Menu `Tracks`, sous-menu `Add New` et choisir `Stereo Track`. (cf. *Figure 4*)



Bioscope utilisation guide / Guide d'utilisation du Bioscope / Bioscope Verwendungsführer

6.3. Dans Menu `Generate`, sous-menu `Silence`, spécifier un temps de 2 secondes (cf. *Figure 5*) pour générer le silence puis cliquer sur OK. Placer ensuite le curseur sur la fin du silence généré.

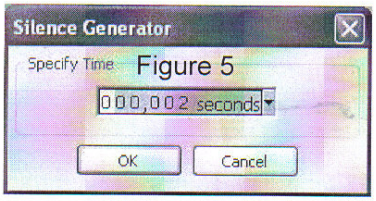


Figure 5

6.4. Reprendre le fichier avec la bande du signal enregistrée, sélectionner une section de 5 secondes dans la partie du signal qui a répondu avec l'échantillon. La taille de la section sélectionnée est indiquée dans une case en bas de la fenêtre au milieu (1). Couper cette section en allant sous Menu `Edit`, sous-menu `Cut` (raccourci clavier Ctrl + X). Coller ensuite cette section (2) dans l'autre fichier en allant sous Menu `Edit`, sous-menu `Paste` (Ctrl + V) après le silence généré (3) (cf. *Figure 6*). S'aider des flèches ← → pour se déplacer dans la bande son double.

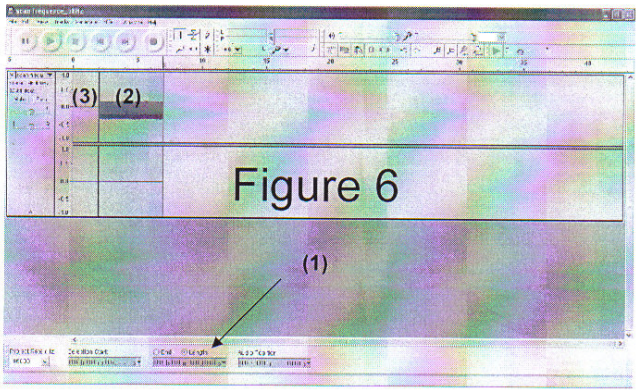


Figure 6

6.5. Dans le cas où plusieurs échantillons sont analysés, répéter l'opération du point 5.4. en alternant SILENCE et SECTION ECHANTILLON (cf. *Figure 7*). Une fois toutes les sections d'échantillon collées, aller dans Menu `File`, sous-menu `Export`. Dans la Fenêtre `Export File`, ajouter `_5sec` au nom du fichier (Ex. : Eau_5_fev_08_5sec) et le sauvegarder en type `.WAV`

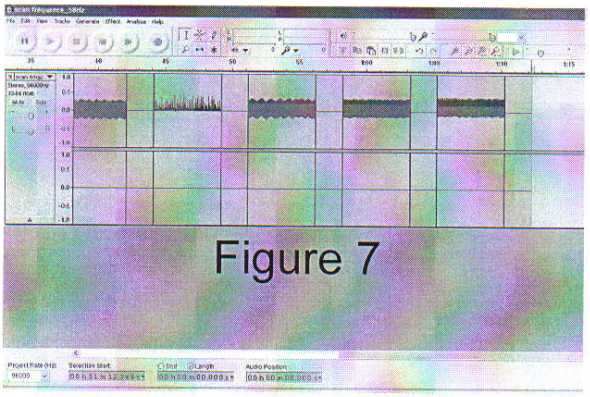


Figure 7

7. Signal Analysis / Analyse du signal / Signalanalyse

7.1. Dans le logiciel *Signal Analyser*, aller dans Menu `File`, sous-menu `Open` et ouvrir le fichier qui vient d'être traité avec le logiciel *Audacity* à l'aide du bouton se trouvant à droite de la barre d'adresse `File`.
7.2. Une fois le fichier ouvert, sept possibilités d'analyse du signal s'offre à vous dans Menu `Analysis` : `Time Signal and frequency`, `Spectrogramm analysis`, `etc.`

8. Export values / Extraire des valeurs / Daten exportieren

8.1. Ouvrir un fichier OpenOffice à l'aide du raccourci `OpenOffice.org Writer` situé sur le Bureau
8.2. Dans le logiciel *Signal Analyser*, une fois que les 3 secondes du signal ont été sélectionnées, cliquer sur l'icône `Enables value marking cursor` puis sélectionner `Harmonics` au lieu de `Peaks` dans la liste déroulante située à droite.
8.3. `Dans la partie Frequency spectrum`, cliquer sur le pic d'émission pour sélectionner les harmoniques. Ensuite décliquer l'icône `Enables value marking cursor`
8.4. Cliquer sur l'icône `Export values`. Dans la fenêtre `Spectral analysis`, onglet `Report`, cocher la checkbox `Marked peaks` puis cliquer sur `Copy to Clipboard`
8.5. Aller dans le fichier OpenOffice, Menu `Edit`, sous-menu `Paste` ou utiliser le raccourci clavier Ctrl + V
8.6. Sauvegarder le fichier OpenOffice en type `.txt`

9. Graphical / Représentation graphique des valeurs / graphische Darstellung

9.1. Ouvrir le fichier de base Excel `BlankBioField.xls`
9.2. Aller sur la Feuille `SampleData1`, sélectionner la cellule F4
9.3. Dans Menu `Données`, sous-menu `Données externes` ► `Importer des données`, aller chercher le fichier OpenOffice de type `.txt` sur lequel les valeurs relatives aux harmoniques ont été enregistrées. Dans la fenêtre `Assistant importation de texte`, choisir l'option `Largeur fixe` puis cliquer deux fois sur `Suivant` puis sur `Terminer` et `OK`
9.4. Recopier ensuite les valeurs dans les colonnes B et C
9.5. Une fois les valeurs entrées, la représentation graphique est visible sur la Feuille `Groupe 1`

10. Upload files in the Bioscope.ch database / Transfert de fichiers sur la base de données Bioscope.ch

10.1. Sauvegarder les fichiers audio (ex. Jus_carottes_24_jan_08 et Jus_carottes_24_jan_08_5sec) sur une clé USB
10.2. Ouvrir le logiciel FileZilla (ordinateur i00855) puis cliquer sur l'icône `Open The Site Manager`
10.3. Dans la fenêtre `Site Manager`, cliquer sur `bioscope` dans le fichier `My Sites` puis `Connect`
10.4. Transférer ensuite les fichiers vers le dossier `data`, puis créer un dossier ou classer dans un dossier déjà existant
10.5. Les fichiers peuvent dorénavant être consultés par l'administrateur du FTP site

11. Help / Aide / Hilfe

11.1. *L'ordinateur détecte un nouveau périphérique mais ne le reconnaît pas*

→ Après avoir débrancher tous les câbles du Bioscope reliés à l'ordinateur, aller sur le Bureau, ouvrir le dossier `Bioscope`, puis le dossier `BioscopeDriver` et double cliquer sur le fichier `Uninstall`. Effectuer la désinstallation du périphérique. Réinstaller-le en double cliquant sur `Setup` en ayant rebranché tous les câbles du Bioscope au préalable.

11.2. *Le périphérique est reconnu par l'ordinateur mais ne transmet aucun signal*

→ Cliquer `Démarrer`, puis `Panneau de configuration` et `Sons, voix et périphériques audio`, onglet `Audio`, définir dans `Lecture audio et enregistrement audio` Edirol UA-1EX comme unité par défaut. Si celui-ci n'est pas disponible, effectuer la mesure corrective du point 7.1.

11.3. *La fréquence désirée lors de la calibration ne peut être atteinte*

→ Soit le domaine de mesure nécessite d'être réajuster à l'aide de la mollette de réglage Course (cf. point 2.5.4), soit le Bioscope nécessite d'être réinitialiser. Dans ce cas, éteignez et rallumez successivement l'ordinateur.

Annexe 2 : tables statistiques

Annexe 7. - Valeurs limites du test sur l'aberration selon David, Hartley et Pearson

Tiré de : *(H. Peterson : "Grundlagen der deskriptiven und mathematischen Statistik", Ecomed, Rieden (1991) 232)*

$p_{\alpha,N}$	Niveau de signification α			
N	0,10	0,05	0,01	0,005
3	1,997	1,999	2,000	2,000
4	2,409	2,429	2,445	2,447
5	2,712	2,753	2,803	2,813
6	2,949	3,012	3,095	3,115
7	3,143	3,222	3,338	3,369
8	3,308	3,399	3,543	3,585
9	3,449	3,552	3,720	3,772
10	3,57	3,685	3,875	3,935
11	3,68	3,800	4,012	4,079
12	3,78	3,91	4,134	4,208
13	3,87	4,00	4,244	4,325
14	3,95	4,09	4,34	4,431
15	4,02	4,17	4,44	4,530
16	4,09	4,24	4,52	4,62
17	4,15	4,31	4,60	4,70
18	4,21	4,37	4,67	4,78
19	4,27	4,43	4,74	4,85
20	4,32	4,49	4,80	4,91
25	4,53	4,71	5,06	5,19
30	4,70	4,89	5,26	5,40
35	4,84	5,04	5,42	5,57
40	4,96	5,16	5,56	5,71
45	5,06	5,26	5,67	5,83
50	5,14	5,35	5,77	5,93
60	5,29	5,51	5,94	6,10
70	5,41	5,63	6,07	6,24
80	5,51	5,68	6,18	6,35
90	5,60	5,82	6,27	6,45
100	5,68	5,90	6,36	6,53
150	5,96	6,18	6,64	6,82
200	6,15	6,39	6,84	7,01
500	6,72	6,94	7,42	7,60
1000	7,11	7,33	7,80	7,99

Niveau de signification

$\alpha = 5\,\%$

ϕ_2 ↓	ϕ_1 ↵ 1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,4	199,5	215,7	224,6	230,2	234,0	238,9	243,9	249,0	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	12,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,10	1,92	1,70	1,39
120	3,92	3,07	2,68	2,45	2,29	2,17	2,02	1,83	1,61	1,25
∞	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,10	1,94	1,75	1,52	1,00

Annexe 8. - Valeurs limites du test d'ajustement selon Kolmogoroff et Smirnoff

Tiré de : *(H. Peterson : "Grundlagen der deskriptiven und mathematischen Statistik", Ecomed, Rieden (1991) 226)*

u_N	Niveau de confiance (1 - α)		
N	95 %	97,5 %	99,5 %
4	0,352	0,381	0,417
5	0,315	0,337	0,405
6	0,294	0,319	0,364
7	0,276	0,300	0,348
8	0,261	0,285	0,331
9	0,249	0,271	0,311
10	0,239	0,258	0,294
11	0,230	0,249	0,284
12	0,223	0,242	0,275
13	0,214	0,234	0,268
14	0,207	0,227	0,261
15	0,201	0,220	0,257
16	0,195	0,213	0,250
17	0,189	0,206	0,245
18	0,184	0,200	0,239
19	0,179	0,195	0,235
20	0,174	0,190	0,231
25	0,165	0,180	0,203
30	0,144	0,161	0,187
N > 30	$\frac{0,805}{\sqrt{N}}$	$\frac{0,886}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,031}{\sqrt{N}}$

FONCTION DE DISTRIBUTION CENTREE ET REDUITE :

z		0,0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,.	50000	49601	49202	48803	48405	48006	47608	47210	46812	46414
0,1		46017	45620	45224	44828	44433	44038	43644	43251	42858	42465
0,2		42074	41683	41294	40905	40517	40129	39743	39358	38974	38591
0,3		38209	37828	37448	37070	36693	36317	35942	35569	35197	34827
0,4		34458	34090	33724	33360	32997	32636	32276	31918	31561	31207
0,5		30854	30503	30153	29806	29460	29116	28774	28434	28096	27760
0,6		27425	27093	26763	26435	26109	25785	25463	25143	24825	24510
0,7		24196	23885	23576	23270	22965	22663	22363	22065	21770	21476
0,8		21186	20897	20611	20327	20045	19766	19489	19215	18943	18673
0,9		18406	18141	17879	17619	17361	17106	16853	16602	16354	16109
1,0		15866	15625	15386	15151	14917	14686	14457	14231	14007	13786
1,1		13567	13350	13136	12924	12714	12507	12302	12100	11900	11702
1,2		11507	11314	11123	10935	10749	10565	10383	10204	10027	98525
1,3	0,0.	96800	95098	93418	91759	90123	88508	86915	85343	83793	82264
1,4		80757	79270	77804	76359	74934	73529	72145	70781	69437	68112
1,5		66807	65522	64255	63008	61780	60571	59380	58208	57053	55917
1,6		54799	53699	52616	51551	50503	49471	48457	47460	46479	45514
1,7		44565	43633	42716	41815	40930	40059	39204	38364	37538	36727
1,8		35930	35148	34380	33625	32884	32157	31443	30742	30054	29379
1,9		28717	28067	27429	26803	26190	25588	24998	24419	23852	23295
2,0		22750	22216	21692	21178	20675	20182	19699	19226	18763	18309
2,1		17864	17429	17003	16586	16177	15778	15386	15003	14629	14262
2,2		13903	13553	13209	12874	12545	12224	11911	11604	11304	11011
2,3		10724	10444	10170	99031	96419	93867	91375	88940	86563	84242
2,4	0,00.	81975	79763	77603	75494	73436	71428	69469	67557	65691	63872
2,5		62097	60366	58677	57031	55426	53861	52336	50849	49400	47988
2,6		46612	45271	43965	42692	41453	40246	39070	37926	36811	35726
2,7		34670	33642	32641	31667	30720	29798	28901	28028	27179	26354
2,8		25551	24771	24012	23274	22557	21860	21182	20524	19884	19262
2,9		18658	18071	17502	16948	16411	15889	15382	14890	14412	13949
3,0		13499	13062	12639	12228	11829	11442	11067	10703	10350	10008
3,1	0,000.	96760	93544	90426	87403	84474	81635	78885	76219	73638	71136
3,2		68714	66367	64095	61895	59765	57703	55706	53774	51904	50094
3,3		48342	46648	45009	43423	41889	40406	38971	37584	36243	34946
3,4		33693	32481	31311	30179	29086	28029	27009	26023	25071	24151
3,5		23263	22405	21577	20778	20006	19262	18543	17849	17180	16534
3,6		15911	15310	14730	14171	13632	13112	12611	12128	11662	11213
3,7		10780	10363	99611	95740	92010	88417	84957	81624	78414	75324
3,8	0,0000.	72348	69483	66726	64072	61517	59059	56694	54418	52228	50122
3,9		48096	46148	44274	42473	40741	39076	37475	35936	34458	33037
4,0		31671	30359	29099	27888	26726	25609	24536	23507	22518	21569
4,1		20658	19783	18944	18138	17365	16624	15912	15230	14575	13948
4,2		13346	12769	12215	11685	11176	10689	10221	97736	93447	89337
4,3	0,00000.	85399	81627	78015	74555	71241	68069	65031	62123	59340	56675
4,4		54125	51685	49350	47117	44979	42935	40980	39110	37322	35612
4,5		33977	32414	30920	29492	28127	26823	25577	24386	23249	22162
4,6		21125	20133	19187	18283	17420	16597	15810	15060	14344	13660
4,7		13008	12386	11792	11226	10686	10171	96796	92113	87648	83391
4,8	0,000000.	79333	75465	71779	68267	64920	61731	58693	55799	53043	50418
4,9		47918	45538	43272	41115	39061	37107	35247	33476	31792	30190

Annexe 4. - Distribution de Student en fonction de ϕ degrés de liberté

Tiré de : *(Fisher & Yates : "Statistical Tables for Biological Agricultural and Medical Research : 6th ed.", Longman, London (1963) 46)*

Niveau de signification α

ϕ	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,158	0,325	0,727	1,000	1,376	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,62
2	0,142	0,289	0,617	0,816	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
3	0,137	0,277	0,584	0,765	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,134	0,271	0,569	0,741	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,132	0,267	0,559	0,727	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,131	0,265	0,553	0,718	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,130	0,263	0,549	0,711	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,129	0,262	0,546	0,706	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,129	0,261	0,543	0,703	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,129	0,260	0,542	0,700	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,129	0,260	0,540	0,697	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,128	0,259	0,539	0,695	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,128	0,259	0,538	0,694	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,128	0,258	0,537	0,692	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,128	0,258	0,536	0,691	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,128	0,258	0,535	0,690	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,128	0,257	0,534	0,689	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,127	0,257	0,534	0,688	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,127	0,257	0,533	0,688	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,127	0,257	0,533	0,687	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,127	0,257	0,532	0,686	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,127	0,256	0,532	0,686	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,127	0,256	0,532	0,685	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,767
24	0,127	0,256	0,531	0,685	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,127	0,256	0,531	0,684	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,127	0,256	0,531	0,684	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,127	0,256	0,531	0,684	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,690
28	0,127	0,256	0,530	0,683	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,127	0,256	0,530	0,683	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,659
30	0,127	0,256	0,530	0,683	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
$z_\alpha =$	0,126	0,253	0,524	0,674	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,291

Annexe 3 : analyse statistique des mesures pour les échantillons d'eau

---

Eaux minérales : fréquence 111 Hz

Eau milipore : test d'aberration

$P = 3,011$ → $3,011 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes

Eau du robinet : test d'aberration

$P = 3,089$ → $3,089 < 3,185$

$P_\alpha = 3,185$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,204$

$F_\alpha = 3,44$

$1,204 < 3,44$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : eau milipore

S_i	Z_i	$\Phi < Z_i$	$S_i - 1 + \Phi > Z_i$
0,11	-1,115	1 - 0,131	0,021
0,22	-0,951	1 - 0,171	0,049
0,33	-0,705	1 - 0,238	0,092
0,44	-0,673	1 - 0,251	0,189
0,55	0,0709	0,4721	0,0221
0,66	0,140	0,4443	0,104
0,77	0,232	0,4090	0,179
0,88	1,105	0,1335	0,013
0,99	1,896	0,02871	0,018

$U = 0,189$

$\rightarrow 0,189 < 0,249$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow$ l'échantillon appartient à une distribution normale à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$

Test d'ajustement : eau du robinet

S_i	Z_i	$\Phi < Z_i$	$S_i - 1 + \Phi > Z_i$
0,11	-1,394	1 - 0,08226	0,0270
0,22	-0,956	1 - 0,1685	0,0515
0,33	-0,928	1 - 0,1762	0,1538
0,44	-0,269	1 - 0,3936	0,0464
0,55	-0,0480	1 - 0,4800	0,070
0,66	0,3528	0,36317	0,023
0,77	0,7257	0,2327	0,0027
0,88	0,8244	0,2061	0,0861
0,99	1,6944	0,0445	0,0345

$U = 0,153$

$\rightarrow 0,153 < 0,249$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow$ l'échantillon suit une distribution normale à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$

Test t

$\bar{x} = 4661,861$ $\bar{y} = 4528,920$

$S_{\bar{x}} = 999,435$ $S_{\bar{x}} = 1096,780$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{4661,861 - 4528,920}{\sqrt{(9-1).999,435^2 + (9-1).1096,780^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9}(9+9-2)} = 0,268$$

$t_\alpha = 2,12$ $\rightarrow$ $0,268 < 2,12$

=> A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution.

Test de Student apparié

eau milipore	eau du robinet	Δd
5741,850	5485,80	256,050
6609,010	6355,380	253,630
4784,120	5387,230	-603,11
4682,625	4392,763	289,862
3485,144	3268,039	217,105
3305,520	3733,413	-427,893
4606,686	5014,538	-407,852
3790,332	3705,792	84,54
3755,000	4613,794	-858,794

$\bar{d} = -132,940$

$S_d = 441,565$

$$t = \frac{|-132,940|}{441,565} \cdot \sqrt{9}$$

$= 0,903$

$t_\alpha = 2,306$

$\rightarrow 2,306 > 0,903$ $\rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution.

Eaux minérales : fréquence 222 Hz

Eau milipore : test d'aberration

$P = 2,716$ → $2,716 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Eau du robinet : test d'aberration

$P = 3,060$ → $3,060 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,033$

$F_\alpha = 3,44$

→ $1,033 < 3,44$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : eau milipore

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	−1,2305	1−0,1093	0,0007
0,22	−1,1116	1−0,1335	0,0865
0,33	−0,7498	1−0,2266	0,1034
0,44	−0,6203	1−0,3299	0,1101
0,55	0,0276	0,48803	0,038
0,66	0,3409	0,36693	0,027
0,77	0,5735	0,2843	0,054
0,88	1,2848	0,09680	0,024
0,99	1,4854	0,068112	0,058

$U = 0,110$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow \quad 0,110 < 0,249$

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : eau du robinet

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	−1,747	1−0,0409	0,0691
0,22	−0,919	1−0,178	0,0420
0,33	−0,740	1−0,229	0,101
0,44	−0,121	1−0,452	0,012
0,55	0,096	0,460	0,010
0,66	0,271	0,393	0,053
0,77	0,808	0,208	0,022
0,88	1,037	0,149	0,029
0,99	1,314	0,0950	0,085

$U = 0,101$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow \quad 0,101 < 0,249$

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{x} = 3473,291$ $\bar{y} = 3385,613$

$S = 496,863$ $S = 505,098$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{3473,291 - 3385,613}{\sqrt{(9-1).496,863^2 + (9-1).505,098^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9} \cdot (9+9-2)}$$

$= 0,371$

$t_\alpha = 2,12$

$\rightarrow 0,371 < 2,12$

$\Rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Test de Student apparié

eau milipore	eau du robinet	Δd
4034,56	3988,63	45,93
4135,90	4126,20	9,7
3399,57	3608,35	-208,78
3557,813	3413,124	144,689
2764,065	2605,195	158,87
2824,15	3105,568	-281,418
3675,291	3875,018	-199,727
3072,29	3016,378	55,912
3006,881	3521,161	-514,280

$\bar{d} = -87,678$

$S_d = 226,240$

$$t = \frac{|-87,678|}{226,240} \cdot \sqrt{9} = 1,162$$

$t_\alpha = 2,306$

$\Rightarrow 1,162 < 2,306$

$\rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Eaux minérales : fréquence : 339 Hz

Test d'aberration : eau milipore

$P = 3,413$

$P_\alpha = 3,552$

$\rightarrow 3,413 < 3,552$

→ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'aberration : eau du robinet

$P = 3,16$

$P_\alpha = 3,552$

$\rightarrow 3,16 < 3,552$

→ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 2,395$

$F_\alpha = 3,44$

$2,395 < 3,44 \Rightarrow H_0$ accepté

Test d'ajustement : eau milipore

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,832	1-0,0336	0,0764
0,22	-0,982	1-0,1635	0,0565
0,33	-0,394	1-0,3482	0,0182
0,44	-0,0003	1-0,500	0,0600
0,55	0,0744	0,4721	0,0221
0,66	0,248	0,40129	0,06129
0,77	0,424	0,33724	0,107
0,88	0,880	0,18943	0,069
0,99	1,581	0,05705	0,047

$U = 0,107$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,107 < 0,249$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'ajustement : eau du robinet

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,764	1-0,0392	0,0708
0,22	-1,109	1-0,1335	0,0865
0,33	-0,636	1-0,2610	0,0690
0,44	-0,129	1-0,4482	0,0082
0,55	0,459	0,3227	0,1273
0,66	0,516	0,3015	0,0385
0,77	0,572	0,2843	0,0543
0,88	0,696	0,2419	0,1219
0,99	1,394	0,0807	0,0707

$U = 0,127$

$\rightarrow 0,127 < 0,249$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{X} = 2229,242$ $\bar{Y} = 2170,672$

$S = 214,666$ $S = 232,613$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{2229,242 - 2170,672}{\sqrt{(9-1).214,666^2 + (9-1).232,613^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9}.(9+9-2)}$$

$= 0,555$

$\rightarrow 0,555 < 2,12 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution

$t_\alpha = 2,12$

Test de Student apparié

eau milipore	eau du robinet	Δd
2269,37	2378,86	-109,49
1744,51	1991,14	-246,63
2078,84	2092,58	-13,74
2375,444	2352,133	23,311
1942,292	1850,514	91,778
2187,999	2327,838	-139,839
2538,585	2528,519	10,066
2228,415	2201,444	26,971
2170,598	2340,152	-169,554

$\bar{d} = -58,569$

$S_d = 111,931$

$t = 1,567$

$t_\alpha = 2,306$

$\rightarrow 1,567 < 2,306$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution.

Annexe 4 : jus de carottes frais/congelé 18h/congelé 42h

Jus de carottes : fréquence 58 Hz

Jus de carottes frais pressées : test d'aberration

$P = 3,146$

$P_\alpha = 3,222$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus de carottes congelées 18h : test d'aberration

$P = 2,996$

$P_\alpha = 3,222$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,141$

$F_\alpha = 4,28$

$1,141 < 4,28$ → H_0 acceptée.

Test d'ajustement : jus frais pressé

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,1428	−1,789	1 − 0,0367	0,106
0,2856	−0,697	1 − 0,2419	0,0437
0,4284	0,0761	0,468	0,103
0,5712	0,1910	0,424	0,0048
0,714	0,2653	0,393	0,107
0,8568	0,5981	0,274	0,130
0,9996	1,3564	0,0869	0,0859

$U = 0{,}130$

$\rightarrow 0{,}130 < 0{,}276$

$U_\alpha = 0{,}276$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : jus congelé 18h

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,1428	−1,486	1 − 0,0681	0,0747
0,2856	−0,598	1 − 0,2742	0,0114
0,4284	−0,535	1 − 0,2946	0,1338
0,5712	−0,179	1 − 0,4285	0,1427
0,714	0,640	0,26109	0,0249
0,8568	0,650	0,2578	0,1146
0,996	1,510	0,0655	0,0615

$U = 0{,}143$

$\rightarrow 0{,}143 < 0{,}276$

$U_\alpha = 0{,}276$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{X} = 1412,887$ $\bar{Y} = 1354,274$

$S = 291,399$ $S = 272,715$

$N = 7$ $N = 7$

$$t = \frac{1412,887 - 1354,274}{\sqrt{(7-1).291,399^2 + (7-1).272,715^2}} \cdot \sqrt{\frac{7.7}{7+7} \cdot (7+7-2)}$$

$= 0,388$

$t_\alpha = 2,179$.

$\rightarrow 0,388 < 2,179 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus congelé	Δd
1468,56	1531,580	−63,02
1808,15	948,860	859,29
1490,21	1208,230	281,98
1587,197	1766,081	−178,884
1209,645	1305,273	−95,628
891,363	1191,032	−299,669
1435,088	1528,864	−93,776

$\bar{d} = 58,613$

$S_d = 395,296$

$t = 0,392$

$t_\alpha = 2,447$

$0,392 < 2,447$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

- Jus de carottes : fréquence 116 Hz

- Jus de carottes frais pressées : test d'aberration

$P = 3,131$

$P_\alpha = 3,222$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

- Jus de carottes congelées 18h : test d'aberration

$P = 2,995$

$P_\alpha = 3,222$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,161$

$F_\alpha = 4,28$

$1,161 < 4,28$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : jus frais pressé

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,1428	-1,781	1-0,0375	0,1050
0,2856	-0,705	1-0,238	0,0476
0,4284	0,134	0,448	0,1236
0,5712	0,168	0,432	0,0032
0,714	0,180	0,428	0,1420
0,8568	0,653	0,257	0,1138
0,9996	1,350	0,0885	0,0881

$U = 0,142$
$U_\alpha = 0,276$

$\rightarrow 0,142 < 0,276 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : jus congelé 18h

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,1428	-1,489	1-0,0681	0,0747
0,2856	-0,568	1-0,284	0,0016
0,4284	-0,545	1-0,291	0,1374
0,5712	-0,204	1-0,420	0,1512
0,714	0,624	0,267	0,019
0,8568	0,678	0,248	0,105
0,9996	1,505	0,0655	0,0645

$U = 0,151$
$U_\alpha = 0,276$

$\rightarrow 0,151 < 0,276 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{x} = 1345,646$ $\bar{y} = 1296,028$

$S = 266,419$ $S = 247,245$

$N = 7$ $N = 7$

$$t = \frac{1345,646 - 1296,028}{\sqrt{(7-1).266,419^2 + (7-1).247,245^2}} \cdot \sqrt{\frac{7.7}{7+7}.(7+7-2)}$$

$= 0,361$ $\rightarrow 0,361 < 2,179 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

$t_\alpha = 2,179$

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus congelé 18h	Δd
1390,47	1450,47	-60
1705,33	927,64	777,69
1393,66	1161,12	232,54
1519,79	1668,323	-148,533
1157,616	1245,424	-87,808
871,075	1155,521	-284,446
1381,582	1463,702	-82,12

$\bar{d} = 49,617$

$S_d = 356,526$

$t = 0,368$

$t_\alpha = 2,447$

$0,368 < 2,447$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Jus de carottes : fréquence 174 Hz

Jus de carottes frais pressées : test d'aberration

$P = 3,100$

$P_\alpha = 3,222$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus de carottes congelé 18h

$P = 2,995$

$P_\alpha = 3,222$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,130$

$F_\alpha = 4,280$

$1,130 < 4,280$ → H_0 accepté.

Test d'ajustement : Jus frais pressé

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_{i-1} + \Phi > z_i$
0,1428	-1,795	1-0,0359	0,1069
0,2856	-0,721	1-0,235	0,0506
0,4284	0,0480	0,4800	0,0916
0,5712	0,2491	0,4012	0,0276
0,714	0,2709	0,3935	0,1075
0,8568	0,6437	0,2610	0,1178
0,9996	1,3052	0,0950	0,0946

$U = 0,118$ → $0,118 < 0,276$

$U_\alpha = 0,276$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'ajustement : Jus congelé 18h

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_{i-1} + \Phi > z_i$
0,1428	-1,512	1-0,0655	0,0773
0,2856	-0,546	1-0,2911	0,0055
0,4284	-0,542	1-0,2946	0,1338
0,5712	-0,202	1-0,420	0,1512
0,7140	0,603	0,274	0,0120
0,8568	0,718	0,235	0,0918
0,9996	1,482	0,0694	0,0684

$U = 0,151$ → $0,151 < 0,276$

$U_\alpha = 0,276$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test t

$\bar{x} = 1234,632$ $\bar{y} = 1206,003$

$S = 221,833$ $S = 208,643$

$N = 7$ $N = 7$

$$t = \frac{1234,632 - 1206,003}{\sqrt{(7-1).221,833^2 + (7-1).208,643^2}} \cdot \sqrt{\frac{7.7}{7+7}(7+7-2)}$$

$= 0,248$

$t_\alpha = 2,179$

$\rightarrow 0,248 < 2,179$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$ les deux échantillons suivent une distribution normale.

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus congelé 18 h	Δd
1289,900	1331,840	-41,940
1524,170	890,440	633,730
1245,290	1092,77	152,520
1377,429	1515,364	-137,935
1074,546	1163,855	-89,309
836,351	1091,900	-255,549
1294,740	1355,852	-61,112

$\bar{d} = 28,629$

$S_d = 293,524$

$t = 0,258$

$t_\alpha = 2,447$

$\rightarrow 0,258 < 2,447$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Jus de carottes : fréquence 58 Hz

Jus de carottes frais pressés : test d'aberration

$P = 2,72$

$P_\alpha = 3,012$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus de carottes congelé 42 h : test d'aberration

$P = 2,67$

$P_\alpha = 3,012$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,269$

$F_\alpha = 5,05$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : Jus frais pressé

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,1666	-1,781	1-0,0375	0,129
0,3333	-0,536	1 - 0,2946	0,0387
0,5000	0,344	0,3669	0,133
0,6666	0,475	0,3156	0,0178
0,8333	0,959	0,2032	0,0365
1	0,938	0,1736	0,1736

$U = 0,173$

$U_\alpha = 0,294$

$U < U_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : Jus congelé 42h

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,1666	-1,077	1-0,1400	0,0266
0,3333	-0,725	1-0,2327	0,1006
0,5000	-0,291	1-0,3859	0,1141
0,6666	-0,277	1-0,3897	0,2769
0,8333	0,773	0,2206	0,0539
1	1,597	0,0547	0,0547

$U = 0,277$

$U_\alpha = 0,294$

$U < U_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{x} = 1435,144$ $\bar{y} = 1347,010$

$S = 337,183$ $S = 255,816$

$N = 6$ $N = 6$

$$t = \frac{1435,144 - 1347,010}{\sqrt{(6-1).337,183^2 + (6-1).255,816^2}} \cdot \sqrt{\frac{6.6}{6+6} \cdot (6+6-2)}$$

$= 0,510$

$t_\alpha = 2,228$

$t < t_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons suivent la même distribution

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus congelé 42h	Δd
1468,560	1071,87	396,69
1490,210	1973,860	-483,65
1587,117	1696,018	-108,821
1209,645	1341,659	-132,014
891,363	1190,518	-299,155
1435,088	1336,941	98,147

$\bar{d} = -88,133$

$S = 307,594$

$t = 0,701$

$t_\alpha = 2,571$

$t < t_\alpha$

A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Jus de carottes : fréquence 116 Hz

Jus de carottes frais pressés : test d'aberration

$P = 2,766$

$P_\alpha = 3,012$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus de carottes congelé 42 h : test d'aberration

$P = 2,623$

$P_\alpha = 3,012$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,628$

$F_\alpha = 5,05$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : Jus frais pressé

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,1666	−1,768	1 − 0,0383	0,1283
0,3333	−0,546	1 − 0,2911	0,0422
0,5000	0,408	0,3409	0,1591
0,6666	0,446	0,3263	0,0071
0,8333	0,460	0,3227	0,1560
1	0,998	0,158	0,158

$U = 0,159$ $\quad U < U_\alpha$

$U_\alpha = 0,294$ $\quad \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : Jus congelé 42h

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,1666	−1,046	1 − 0,1468	0,0198
0,3333	−0,718	1 − 0,2357	0,0976
0,5000	−0,340	1 − 0,3669	0,1331
0,6666	−0,303	1 − 0,3820	0,284
0,8333	0,832	0,2032	0,0365
1	1,577	0,0570	0,0570

$U = 0,284$ $\quad U < U_\alpha$

$U_\alpha = 0,294$

$\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{X} = 1372{,}624$ $\bar{Y} = 1285{,}698$

$S = 299{,}238$ $S = 234{,}496$

$N = 6$ $N = 6$

$$t = \frac{1372{,}624 - 1285{,}698}{\sqrt{(6-1) \cdot 299{,}238^2 + (6-1) \cdot 234{,}496^2}} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot 6}{6+6}(6+6-2)}$$

$= 0{,}560$ $t < t_\alpha$

$t_\alpha = 2{,}228$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons suivent la même distribution.

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus congelé 42h	Δd
1390,470	1059,510	330,960
1393,660	1844,610	-450,950
1519,790	1621,637	-101,847
1157,616	1270,673	-113,057
871,075	1157,575	-286,500
1381,582	1281,744	99,838

$\bar{d} = -86{,}926$

$S = 276{,}679$

$t = 0{,}769$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution.

$t_\alpha = 2{,}571$

- Jus de carottes : fréquence 174 Hz
- Jus de carottes frais pressées : test d'aberration

$P = 2,72$

$P_\alpha = 3,012$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes

- Jus de carottes congelé 42 h : test d'aberration

$P = 2,56$

$P_\alpha = 3,012$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,449$

$F_\alpha = 5,05$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : Jus frais pressé

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,1666	−1,761	1 − 0,03920	0,1274
0,3333	−0,562	1 − 0,2877	0,0456
0,5	0,296	0,382	0,118
0,6666	0,520	0,301	0,0324
0,8333	0,545	0,291	0,124
1	0,961	0,168	0,168

$U = 0{,}168$ $\quad U < U_\alpha$

$U_\alpha = 0{,}294$ $\quad$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : Jus congelé 42 h

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,1666	−1,761	1 − 0,0392	0,1270
0,3333	−0,562	1 − 0,2877	0,0456
0,5000	0,296	0,382	0,118
0,6666	0,520	0,301	0,0324
0,8333	0,545	0,291	0,1243
1	0,961	0,168	0,168

$U = 0{,}168$ $\quad U < U_\alpha$

$U_\alpha = 0{,}294$

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{x} = 1253,864$ $\bar{y} = 1186,376$

$S = 239,255$ $S = 198,723$

$N = 6$ $N = 6$

$$t = \frac{1253,864 - 1186,376}{\sqrt{(6-1).239,255^2 + (6-1).198,723^2}} \cdot \sqrt{\frac{6.6}{6+6} \cdot (6+6-2)}$$

$= 0,531$ $t < t_\alpha$

$t_\alpha = 2,228$ -> A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus congelé 42h	Δd
1289,900	1007,990	281,910
1245,290	1621,650	-376,360
1377,429	1473,824	-96,395
1074,546	1180,643	-106,097
836,351	1101,291	-264,94
1294,740	1137,786	156,954

$\bar{d} = -67,488$ $t < t_\alpha$

$S = 248,663$ -> A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$

$t = 0,664$

$t_\alpha = 2,571$ les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Annexe 5 : calculs statistiques sur le jus de framboises frais/pasteurisé

Jus de framboises : fréquence : 123 Hz

Jus frais pressé : test aberration

$X_{max} = 6157,814$ $X_{min} = 4750,376$ $S = 441,859$

$$P = \frac{6157,814 - 4750,376}{441,859} = 3,185$$

$P_\alpha = 3,552$

$3,185 < 3,552$ => pas de valeurs aberrantes

Test ajustement : $\bar{x} = 5302,066$ $S = 441,859$

x_i	N_i	S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
4750,376	1	0,11	-1,24	1 − 0,10749	0,00251
4866,632	1	0,22	-0,98	1 − 0,16354	0,05646
4984,005	1	0,33	-0,72	1 − 0,23576	0,09424
5018,360	1	0,44	-0,64	1 − 0,26109	0,17891
5409,860	1	0,55	0,24	0,40517	-0,04483
5437,409	1	0,66	0,31	0,37828	0,038
5502,312	1	0,77	0,45	0,32636	0,09
5591,830	1	0,88	0,65	0,25785	0,137
6157,814	1	0,99	1,94	0,026190	
	9				

U_α : $N = 9$, $\alpha = 0,05$ } 0,249

=> $0,178 < 0,249$ → l'échantillon est distribué selon une loi normale (Jus frais pressé)

Test ajustement : $\bar{x} = 5573,564$ $S = 501,1567$

x_i	N_i	S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
4783,551	1	0,11	-1,576	1 - 0,057053	0,0529
5022,828	1	0,22	-1,099	1 - 0,13567	0,0843
5298,816	1	0,33	-0,548	1 - 0,29116	0,03884
5458,643	1	0,44	-0,230	1 - 0,40905	0,03095
5615,383	1	0,55	0,083	0,46812	0,01812
5655,090	1	0,66	0,162	0,43644	0,096
5923,157	1	0,77	0,697	0,24196	0,0119
6012,690	1	0,88	0,876	0,18943	0,06943
6391,915	1	0,99	1,63	0,0051551	
	9				

U_α : $\left.\begin{array}{l} N = 9 \\ \alpha = 0,05 \end{array}\right\} 0,249$

$\Rightarrow 0,096 < 0,249$ → l'échantillon est distribué selon une loi normale. (Jus pasteurisé)

Jus pasteurisé : test aberration

$x_{max} = 6391,915$ $x_{min} = 4783,551$ $S = 501,1567$

$$P = \frac{6391,915 - 4783,551}{501,1567} = 3,209 \qquad P_\alpha = 3,552$$

$3,209 < 3,552$ => pas de valeurs aberrantes

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$$F = \frac{S^2(A \text{ ou } B)}{S^2(B \text{ ou } A)}$$ de telle façon que $F \geq 1$

$$= \frac{501,1567^2}{441,8597^2} = 1,286$$

$F_\alpha = F(0,05 ; 8 ; 8) = 3,44$

$1,286 < 3,44 \rightarrow H_0$ accepté

Test "t"

$\bar{x} = 5573,564$ $\bar{y} = 5302,066$

$S_{\bar{x}} = 501,157$ $S_{\bar{y}} = 441,8597$

$N_x = 9$ $N_y = 9$

$$t = \frac{5573,564 - 5302,066}{\sqrt{(9-1) \cdot 501,157^2 + (9-1) \cdot 441,8597^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9} \cdot (9+9-2)}$$

$= 1,22$

$t_\alpha (\alpha = 0,05 ; \phi = 9+9-2 = 16) = 2,12$

$\Rightarrow 1,22 < 2,12$

$\Rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les 2 échantillons appartiennent à la même distribution

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus pasteurisé	Δd
5591,830	5655,090	-63,260
5409,860	6012,690	-602,83
4866,632	5022,828	-156,196
4984,005	5298,816	-314,811
5502,312	5458,643	43,669
6157,814	6391,915	-234,101
5437,409	5923,157	-485,748
5018,360	5615,383	-597,023
4750,376	4783,551	-33,18

$\bar{d} = -271,497$

$\Sigma d = -2443,475$

$\Sigma d^2 = 1141107,415$

$S_d = 244,364$

$$|t| = \frac{|-271,497|}{244,364} \cdot \sqrt{9} = 3,33$$

$t_{\alpha=5\%, \phi=8} = 2,306$

$2,306 < 3,33 \rightarrow H_0$ rejeté $\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les 2 échantillons ne suivent pas la même distribution. Ils sont différents.

Fréquence : 246 Hz

Test aberration : jus frais pressé

$P = 3,000$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha \Rightarrow 3,000 < 3,552 \Rightarrow$ pas de valeurs aberrantes

Test aberration : jus pasteurisé

$P = 2,644$

$P_\alpha = 3,552$

$2,644 < 3,552 \Rightarrow$ pas de valeurs aberrantes

Test F

$F = 1,161$

$F_\alpha = 3,44$

$1,161 < 3,44 \Rightarrow$ pas de valeurs aberrantes

Test ajustement : jus frais pressé : $\bar{x} = 4036,97$ $S_{\bar{x}} = 147,68$

X_i	N_i	S_i	Z_i	$\Phi < Z_i$	$S_{i-1} + \Phi_{\geq Z_i}$
3825,032	1	0,11	-1,435	1 - 0,0749	0,0351
3842,037	1	0,22	-1,319	1 - 0,0934	0,1266
3958,549	1	0,33	-0,531	1 - 0,2980	0,032
3987,257	1	0,44	-0,336	1 - 0,3669	0,0731
4052,878	1	0,55	0,107	0,4562	0,0062
4105,380	1	0,66	0,463	0,3227	0,0173
4131,130	1	0,77	0,637	0,26109	0,0310
4162,330	1	0,88	0,848	0,1976	0,0776
4268,133	1	0,99	1,565	0,0582	0,0482
	9				

$U = 0,1266$

U_α $\left.\begin{matrix}\alpha = 0,05 \\ N = 9\end{matrix}\right\}$ 0,249

$0,1266 < 0,249 \Rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement : loi paramétrisé

S_i	Z_i	$\Phi < Z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,1476	1-0,125	-0,015
0,22	-1,0695	1-0,142	0,078
0,33	0,1887	0,424	0,246
0,44	0,3606	0,359	0,201
0,55	0,8198	0,206	0,244
0,66	1,2895	0,10027	0,2391
0,77	1,3771	0,08379	0,146
0,88	1,54658	0,06057	0,059
0,99	1,7027	0,04456	0,034

$V = 0,246$

$V_\alpha = 0,249$

$0,246 < 0,249$ → l'échantillon suit une loi normale.

Test "t"

$\bar{x} = 4120{,}130$ $\bar{y} = 4036{,}97$

$S_{\bar{x}} = 159{,}191$ $S_{\bar{y}} = 147{,}68$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{4120{,}130 - 4036{,}970}{\sqrt{(9-1).159{,}191^2 + (9-1).147{,}68^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9}(9+9-2)}$$

$= 1{,}148$ $t_\alpha = 2{,}12$

$1{,}148 < 2{,}12$ -> à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les 2 échantillons appartiennent à la même population.

Test Student apparié

Jus frais pressé	Jus pasteurisé	Δd
4162,33	4158,04	4,29
4105,38	4265,37	-159,99
3825,032	3879,013	-53,981
3958,549	4064,844	-106,295
4052,878	4090,227	-37,349
4268,133	4288,430	-20,297
4131,13	4240,348	-109,218
3987,257	4227,415	-240,158
3842,037	3827,486	14,551

$\bar{d} = -78{,}716$

$S_d = 83{,}429$

$$t = \frac{|-78{,}716|}{83{,}429} \cdot \sqrt{9}$$

$= 2{,}83$

$t_\alpha = 5\% \Rightarrow 2{,}306$

$2{,}306 < 2{,}830$ -> les deux échantillons n'appartiennent pas à la même distribution à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$.

Jus de framboise : fréquence 369 Hz

Test d'aberration jus fraîs pressé

$P = 3,219$
$P_\alpha = 3,552$ → $3,219 < 3,552$ ⇒ pas de valeurs aberrantes

Test d'aberration jus pasteurisé

$P = 3,106$
$P_\alpha = 3,552$ → $3,106 < 3,552$ ⇒ pas de valeurs aberrantes

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 2,967$
$F_\alpha = 3,44$

→ $2,967 < 3,44$ ⇒ H_0 accepté

Test d'ajustement : jus frais pressé

S_i	z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-2,378	1 - 0,00307	0,106
0,22	-0,308	1 - 0,378	0,158
0,33	-0,257	1 - 0,397	0,067
0,44	-0,084	1 - 0,468	0,028
0,55	0,280	0,389	0,061
0,66	0,295	0,382	0,042
0,77	0,798	0,211	0,019
0,88	0,813	0,208	0,088
0,99	0,840	0,200	0,19

$U = 0,19$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,19 < 0,249$

$\Rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test d'ajustement : Jus pasteurisé

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-2,125	1 - 0,0165	0,0935
0,22	-1,099	1 - 0,1356	0,0844
0,33	-0,041	1 - 0,4800	0,150
0,44	0,239	0,40517	0,155
0,55	0,323	0,3744	0,076
0,66	0,335	0,3669	0,026
0,77	0,500	0,3085	0,078
0,88	0,885	0,1867	0,067
0,99	0,981	0,1635	0,15

$U = 0,155$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,155 < 0,249$

$\Rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test "t"

$\bar{x} = 2581{,}827$ $\bar{y} = 2483{,}551$

$S_{\bar{x}} = 126{,}467$ $S_{\bar{y}} = 217{,}837$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{2581{,}827 - 2483{,}551}{\sqrt{(9-1) \cdot 126{,}467^2 + (9-1) \cdot 217{,}837^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9}(9+9-2)}$$

$$= 1{,}17$$

$t_\alpha = 2{,}12$ $\Rightarrow$ $1{,}17 < 2{,}12$

→ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même population.

Test de Student apparié

Jus frais	Jus pasteurisé	Δd
2542,79	2535,74	7,05
2571,20	2244,00	327,2
2619,219	2553,923	65,296
2688,158	2676,524	11,634
2549,27	2592,607	-43,337
2280,978	2020,637	260,341
2617,301	2474,535	142,766
2682,804	2556,609	126,195
2684,719	2697,386	-12,667

$\bar{d} = 98,275$

$S_d = 127,822$

$$t = \frac{98,275}{127,822} \cdot \sqrt{9} = 2,3065$$

$2,3060 < 2,3065$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$ les échantillons n'appartiennent pas à la même distribution.

Jus de framboises : fréquence 146 Hz

Jus frais pressé : test aberration

$X_{max} = 7186,102$ $X_{min} = 5823,905$ $S = 515,5378$

$$P = \frac{7186,102 - 5823,905}{515,538} = 2,642 \qquad P_\alpha = 3,552$$

$2,642 < 3,552$ => pas de valeurs aberrantes

Jus pasteurisé : test aberration

$X_{max} = 7484,153$ $X_{min} = 5821,750$ $S = 552,42$

$$P = \frac{7484,153 - 5821,750}{552,42} = 3,009 \qquad P_\alpha = 3,552$$

$3,009 < 3,552$ => pas de valeurs aberrantes

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$$F = \frac{552,42^2}{515,54^2} = 1,148$$

$F_\alpha = 3,44$

$1,148 < 3,440$ => H_0 accepté

Test ajustement

Jus frais pressé : $\bar{x} = 6571,724$ $S_{\bar{x}} = 515,5378$

x_i	N_i	S_i	z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
5823,905	1	0,11	-1,450	1 - 0,0735	0,0365
6175,382	1	0,22	-0,768	1 - 0,220	0,00
6216,269	1	0,33	-0,689	1 - 0,245	0,085
6227,455	1	0,44	-0,667	1 - 0,251	0,189
6337,162	1	0,55	-0,454	1 - 0,326	$\boxed{0,224}$
6961,710	1	0,66	0,757	0,223	0,117
7066,160	1	0,77	0,961	0,168	
7151,102	1	0,88	1,126	0,129	
7186,370	1	0,99	1,194	0,117	
	9				

$$U_\alpha : \left.\begin{matrix} \alpha = 0,05 \\ N = 9 \end{matrix}\right\} 0,249$$

$0,224 < 0,249$ → l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test ajustement :

Jus pasteurisé : $\bar{x} = 6849,306$ $S_{\bar{x}} = 552,424$

X_i	N_i	S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
5821,75	1	0,11	-1,86	1 - 0,0314	0,0786
6510,878	1	0,22	-0,612	1 - 0,2709	0,05
6571,499	1	0,33	-0,502	1 - 0,30854	0,021
6619,294	1	0,44	-0,416	1 - 0,337	0,103
6678,609	1	0,55	-0,309	1 - 0,378	0,172
7153,190	1	0,66	0,550	0,291	0,049
7352,120	1	0,77	0,910	0,181	0,049
7452,260	1	0,88	1,091	0,137	0,017
7484,153	1	0,99	1,149	0,125	
	9				

U_α : $\left.\begin{array}{l} N = 9 \\ \alpha = 0,05 \end{array}\right\} 0,249$

$0,172 < 0,249$ -> l'échantillon est distribué selon une loi normale.

test "t"

$\bar{x} = 6849,306$ $\bar{y} = 6571,724$

$S_{\bar{x}} = 552,424$ $S_{\bar{y}} = 515,538$

$N_x = 9$ $N_y = 9$

$$t = \frac{6849,306 - 6571,724}{\sqrt{(9-1) \cdot 552,424^2 + (9-1) \cdot 515,538^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9}(9+9-2)} = 1,10$$

$$t_\alpha (\alpha = 0,05 , \phi = 16) = 2,12$$

$1,10 < 2,12$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même population.

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus pasteurisé	Δd
6961,710	7153,190	-191,48
7186,370	7452,260	-265,89
7066,160	7352,120	-285,96
6227,455	6571,499	-344,04
6175,382	5821,750	-353,632
7151,102	7484,153	-333,051
5823,905	6510,878	-686,973
6216,269	6619,294	-403,025
6337,162	6678,609	-341,447

$\bar{d} = -356,166$

$\Sigma d = -3205,498$

$\Sigma d^2 = -1294424,393$

$S_d = 138,172$

$$|t| = \frac{\bar{d}}{S_d} \cdot \sqrt{N} = \frac{|-356,166|}{138,172} \cdot \sqrt{9} = 7,73$$

$t_{\alpha=5\%,\, \theta=8} = 2,306$

$2,306 < 7,730 \rightarrow H_0$ rejeté $\rightarrow$ les deux échantillons n'appartiennent pas à la même distribution à $\alpha = 5\%$

Jus de framboises : fréquence : 292 Hz

Jus frais pressé : test aberration

$X_{max} = 4332,335$ $X_{min} = 4065,580$ $S = 85,921$

$$P = \frac{4332,335 - 4065,580}{85,921} = 3,105 \qquad P_\alpha = 3,552$$

$3,105 < 3,552$ => pas de valeurs aberrantes

Jus pasteurisé : test aberration

$X_{max} = 4337,558$ $X_{min} = 4007,530$ $S = 127,223$

$$P = \frac{4337,558 - 4007,530}{127,223} = 2,594 \qquad P_\alpha = 3,552$$

$2,594 < 3,552$ => pas de valeurs aberrantes

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$$F = \frac{127,223^2}{85,921^2} = 2,19$$

$F_\alpha = 3,44$

$2,19 < 3,44$ => H_0 accepté

Test d'ajustement

Jus frais pressé : $\bar{x} = 4198,242$ $S_{\bar{x}} = 85,921$

X_i	N_i	S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
4065,580	1	0,11	-1,544	1-0,06178	0,04822
4106,140	1	0,22	-1,072	1-0,14231	0,07769
4133,223	1	0,33	-0,756	1-0,22363	0,10637
4188,620	1	0,44	-0,112	1-0,45620	-0,0162
4190,053	1	0,55	-0,095	1-0,46017	0,089
4241,725	1	0,66	0,506	0,30503	0,03497
4251,696	1	0,77	0,622	0,26763	0,03763
4274,808	1	0,88	0,891	0,18673	0,06673
4332,335	1	0,99	1,56	0,059380	0,04938
	9				

$U = 0,106$

$U_\alpha : \left.\begin{matrix} N = 9 \\ \alpha = 0,05 \end{matrix}\right\} 0,249$

$\Rightarrow 0,106 < 0,249$ $\rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test d'ajustement : jus pasteurisé $\bar{x} = 4193,554$ $S_{\bar{x}} = 127,223$

X_i	N_i	S_i	Z_i	$\Phi_{<Z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>Z_i}$
4007,530	1	0,11	-1,462	1-0,072145	0,037855
4015,140	1	0,22	-1,402	1-0,080757	0,13924
4158,060	1	0,33	-0,278	1-0,38974	-0,05974
4165,031	1	0,44	-0,224	1-0,41294	0,02706
4175,883	1	0,55	-0,138	1-0,44433	0,10567
4214,690	1	0,66	0,166	0,43251	0,09251
4332,935	1	0,77	1,095	0,13567	0,09433
4335,160	1	0,88	1,113	0,13350	0,0135
4337,558	1	0,99	1,132	0,12924	0,119

$U = 0,139$

$U \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,05 \\ N = 9 \end{array} \right\} 0,249$

$0,139 < 0,243 \rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale.

$\bar{X} = 4198,242$ $\bar{Y} = 4193,554$

$S_{\bar{x}} = 85,921$ $S_{\bar{y}} = 127,223$

$N_x = 9$ $N_x = 9$

$$t = \frac{4198,242 - 4193,554}{\sqrt{(9-1) \cdot 85,921^2 + (9-1) \cdot 127,223^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9}(9+9-2)} = 0,0916$$

$t_\alpha (\alpha = 0,05, \Phi = 16) = 2,12$

$0,0916 < 2,12$ -> à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même population

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus pasteurisé	Δd
4188,62	4158,060	30,560
4065,58	4007,530	58,050
4106,14	4165,031	-58,891
4274,808	4337,558	-62,750
4251,696	4175,883	75,813
4133,223	4015,140	118,083
4241,725	4335,160	-93,435
4190,053	4214,690	-24,637
4332,335	4332,935	-0,6

$\bar{d} = 4{,}688$

$S_d = 71{,}186$

$\Sigma d = 42{,}193$

$\Sigma d^2 = 40738{,}075$

$$t = \frac{4{,}688}{71{,}186} \cdot \sqrt{9} = 0{,}197$$

$t_{\alpha=5\%,\ \Phi=8} \Rightarrow 2{,}306$

$2{,}306 > 0{,}197$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution.

Jus de framboises : fréquence 438 Hz

Jus frais pressé : test aberration

$P = 2,669$

$P_\alpha = 3,552$ -> $2,669 < 3,552$

=> pas de valeurs aberrantes

Jus pasteurisé : test aberration

$P = 2,600$

$P_\alpha = 3,552$ -> $2,600 < 3,552$

=> pas de valeurs aberrantes

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,335$

$F_\alpha = 3,44$ -> $1,335 < 3,44$ => H_0 accepté

Test d'ajustement : jus frais pressé

Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
-1,381	1 - 0,0837	0,0263
-1,273	1 - 0,1020	0,1180
-0,878	1 - 0,1894	0,1406
-0,271	1 - 0,3936	0,0464
0,295	0,3820	0,068
0,401	0,3446	0,0046
0,733	0,2327	0,0027
1,085	0,1378	0,0178
1,288	0,1002	0,0902

$U_\alpha = 0{,}249$
$U = 0{,}140$
$\rightarrow 0{,}140 < 0{,}249 \rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale à une prob. d'erreur $\alpha = 5\%$

Test d'ajustement : jus pasteurisé

Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
-1,2774	1 - 0,1002	0,0098
-1,2644	1 - 0,1038	0,1162
-0,6534	1 - 0,2578	0,0722
-0,5601	1 - 0,2877	0,1523
0,1686	0,4325	0,0175
0,1883	0,4246	0,0846
0,8638	0,1948	0,0352
1,2120	0,1131	0,0069
1,3226	0,0934	0,0834

$U = 0{,}152$
$U_\alpha = 0{,}249$
$\rightarrow 0{,}152 < 0{,}249 \rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale à une prob. d'erreur $\alpha = 5\%$

Test "t"

$\bar{x} = 1934,6810$ $\bar{y} = 1710,6440$

$S_{\bar{x}} = 479,2045$ $S_{\bar{y}} = 553,8419$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{1934,681 - 1710,644}{\sqrt{(9-1).479,2045^2 + (9-1).553,8419^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9}(9+9-2)}$$

$t = 0,918$

$t_\alpha = 2,12$ $\rightarrow$ $0,918 < 2,12$

$\rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Test de Student apparié

Jus frais pressé	Jus pasteurisé	Δd
1804,560	1348,730	455,83
1272,600	1003,150	269,45
1513,805	1400,383	113,422
2552,033	2381,903	170,13
2286,287	2443,176	-156,889
1324,555	1010,345	314,21
2454,866	2189,098	265,768
2127,024	1814,977	312,047
2076,398	1804,032	272,366

$\bar{d} = 224,037$

$S_{\bar{d}} = 171,752$

$$t = \frac{224,037}{171,752} \cdot \sqrt{9} = 3,91$$

$t_\alpha = 2,306$

$2,306 < 3,91$ → A une probabilité d'erreur de 5% (α) les échantillons n'appartiennent pas à la même distribution
→ ils sont différents.

Annexe 6 : Table Fo

Lorsqu'on ne dispose que de la température à cœur du produit, la valeur F peut être calculée à l'aide de tables.

Tabelle 4. Letalitätswerte für den Temperaturbereich von 90 bis 135°C, gültig für Sporen mit einem z-Wert = 10 K

Temperatur °C	$L=\frac{1}{F_i}$	Temperatur °C	$L=\frac{1}{F_i}$
90	0,000774	113	0,154487
91	0,000974	114	0,194476
92	0,001227	115	0,244857
93	0,001544	116	0,308261
94	0,001944	117	0,388048
95	0,002448	118	0,488519
96	0,003082	119	0,615006
97	0,003880	120	0,774593
98	0,004885	121	0,974658
99	0,006150	122	1,226993
100	0,007745	123	1,544640
101	0,009746	124	1,944390
102	0,012272	125	2,447980
103	0,015448	126	3,081664
104	0,019447	127	3,880481
105	0,024485	128	4,885197
106	0,030826	129	6,150061
107	0,038804	130	7,745933
108	0,048851	131	9,746588
109	0,061500	132	12,269938
110	0,077459	133	15,455950
111	0,097465	134	19,455252
112	0,122729	135	24,509803

Les valeurs de létalité données dans ces tables comparent la létalité d'un procédé déterminé (en minutes de traitement à une température T) aux conditions d'un procédé de référence (ici: 121°C et z = 10°C). Pour chaque température T, on indique l'effet de destruction sur une culture de micro-organismes d'une résistance déterminée pendant un traitement de 1 min., exprimé comme fraction de l'effet de destruction qui aurait lieu pendant 1 min à 121,1°C.

Annexe 7 : traitement statistique de l'homogénéisation de la purée de tomate

Purée de tomates : 126 Hz

Purée de tomates non-homogénéisée : test d'aberration

$P = 2,487$

$P_\alpha = 2,753$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée de tomates homogénéisée : test d'aberration

$P = 2,403$

$P_\alpha = 2,753$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'ajustement : purée stérilisée non-homogénéisée

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
4737.463	1	0.2	-1.02404196	0.847	0.047
4776.349	1	0.4	-0.84275524	0.8	0.2
4980.461	1	0.6	0.10881585	0.456	0.056
5020.219	1	0.8	0.29416783	0.386	0.186
5271.116	1	1	1.46385082	0.0721	0.0721

moyenne	4957.12
Ecart type	214.5

U = 0.186
Uα= 0.315

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement : purée stérilisée homogénéisée

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
5461.358	1	0.2	-0.91134339	0.819	0.019
5495.96	1	0.4	-0.70584392	0.762	0.162
5546.59	1	0.6	-0.40515501	0.66	0.26
5704.155	1	0.8	0.53061527	0.298	0.098
5865.998	1	1	1.49179237	0.0681	0.0681

moyenne	5614.81
Ecart type	168.38

U = 0.162
Uα= 0.315

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test de Student apparié

Purée de tomates non-homogénéisée	Purée de tomates homogénéisée	Diff
4737.463	5704.155	-966.692
4776.349	5461.358	-685.009
5020.219	5495.96	-475.741
4980.461	5546.59	-566.129
5271.116	5865.998	-594.882

moyenne	-657.6906
ecart type	188.190239
	-
t	7.81441264
tα	2.306

a une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons n'appartiennent pas à la même population

Purée de tomates : fréquence 252 Hz

Purée de tomates non-homogénéisée : test d'aberration

$P = 2,478$

$P_\alpha = 2,753$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée de tomates homogénéisée : test d'aberration

$P = 2,258$

$P_\alpha = 2,753$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'ajustement purée non-homogénéisée

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
3825.154	1	0.2	-1.04140094	0.851	0.051
3845.303	1	0.4	-0.82723214	0.797	0.197
3925.501	1	0.6	0.02521259	0.488	0.088
3961.34	1	0.8	0.40615434	0.34	0.14
4058.347	1	1	1.43726616	0.0749	0.0749

moyenne 3923.129
Ecart type 94.08

U = 0.197
Uα= 0.315

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test d'ajustement purée homogénéisée

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
4126.572	1	0.2	-0.91418198	0.819	0.019
4128.918	1	0.4	-0.86094849	0.806	0.206
4153.801	1	0.6	-0.29632403	0.618	0.218
4198.945	1	0.8	0.72804629	0.232	0.032
4226.083	1	1	1.34383935	0.0901	0.0901

moyenne 4166.86
Ecart type 44.07

U = 0.218
Uα= 0.315

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test de Student apparié

student apparié

Purée non-homogénéisée	Purée homogénéisée	diff
3825.154	4198.945	-373.791
3845.303	4128.918	-283.615
3961.34	4126.572	-165.232
3925.501	4153.801	-228.3
4058.347	4226.083	-167.736

moyenne	-243.7348
ecart type	87.581085
t	-6.22270223
tα	2.306

a une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons n'appartiennent pas à la même population

Purée de tomates : fréquence 379 Hz

Purée de tomates non-homogénéisée : test d'aberration

$P = 2,652$

$P_\alpha = 2,753$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes

Purée de tomates homogénéisée : test d'aberration

$P = 2,578$

$P_\alpha = 2,753$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'ajustement purée non-homogénéisée

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
2622.55	1	0.2	-1.62662302	0.9485	0.1485
2650.131	1	0.4	-0.12193126	0.869	0.269
2656.889	1	0.6	0.24675396	0.401	0.001
2661.099	1	0.8	0.47643208	0.315	0.115
2671.162	1	1	1.0254228	0.151	0.151

moyenne	2652.366
Ecart type	18.33

U = 0.269
Uα= 0.315

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement purée homogénéisée

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
2440.017	1	0.2	-1.73125528	0.9582	0.1582
2553.84	1	0.4	0.19175536	0.424	-0.176
2558.913	1	0.6	0.27746241	0.389	-0.011
2567.039	1	0.8	0.41474911	0.34	0.14
2592.631	1	1	0.84711945	0.197	0.197

moyenne	2542.49
Ecart type	59.19

U = 0.197
Uα= 0.315

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test de Student apparié

Purée non-homogénéisée	Purée homogénéisée	diff
2650.131	2558.913	91.218
2671.162	2592.631	78.531
2656.889	2553.84	103.049
2661.099	2567.039	94.06
2622.55	2440.017	182.533

moyenne	109.8782
ecart type	41.552447
t	5.91271208
tα	2.306

a une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons n'appartiennent pas à la même population

Annexe 8 : traitement statistique des purées de tomates fraîches/stérilisées

Purée de tomates : fréquence 129 Hz

Purée fraîche : test d'aberration

$P = 2{,}668$

$\rightarrow$ $2{,}668 < 3{,}552$

$P_\alpha = 3{,}552$ => à une probabilité d'erreur de 5% (α), il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée stérilisée : test d'aberration

$P = 2{,}865$

$\rightarrow$ $2{,}865 < 3{,}552$

$P_\alpha = 3{,}552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1{,}302$

$F_\alpha = 3{,}44$

$1{,}302 < 3{,}44$ => H_0 accepté

Test d'ajustement : purée fraîche

S_i	Z_i	$\Phi_{<Z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>Z_i}$
0,11	-1,497	1-0,0668	0,0432
0,22	-1,128	1-0,1292	0,0908
0,33	-0,511	1-0,3050	0,0250
0,44	-0,346	1-0,3631	0,0769
0,55	-0,339	1-0,3669	0,1831
0,66	0,457	0,3227	0,0173
0,77	1,096	0,1356	0,0944
0,88	1,097	0,1356	0,0156
0,99	1,171	0,1190	0,109

$U = 0,183$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,183 < 0,249$

$\rightarrow$ l'échantillon appartient à une distribution normale à une prob. d'erreur $\alpha = 5\%$

Test d'ajustement : Purée stérilisée

S_i	z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-1,190	1 - 0,117	0,007
0,22	-1,078	1 - 0,140	0,080
0,33	-0,762	1 - 0,223	0,107
0,44	-0,606	1 - 0,270	0,170
0,55	0,084	0,468	0,018
0,66	0,197	0,420	0,080
0,77	0,516	0,301	0,071
0,88	1,164	0,121	0,001
0,99	1,675	0,0445	0,0345

$U = 0,170$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,170 < 0,249$

$\rightarrow$ l'échantillon est distribué selon une loi normale à une probabilité d'erreur de 5% (α).

Test t

$\bar{x} = 6181,314$ $\bar{y} = 5959,299$

$S_{\bar{x}} = 331,429$ $S_{\bar{x}} = 290,435$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{6181,314 - 5959,299}{\sqrt{(9-1) \cdot 331,429^2 + (9-1) \cdot 290,435^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9}(9+9-2)}$$

$= 1,51$

$t_\alpha = 2,12$

$\rightarrow 1,51 < 2,12$

$\Rightarrow$ Les deux échantillons appartiennent à la même distribution à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$

Test de Student apparié

Purée fraîche	Purée stérilisé	Δd
6277,687	6352,322	-74,635
5631,590	5928,795	-297,205
6092,109	6209,240	-117,131
5524,429	5824,051	-299,627
5860,786	5786,887	73,899
6278,076	6567,078	-289,002
5810,682	5980,214	-169,532
5858,762	6246,746	-387,984
6299,576	6736,496	-436,92

$\bar{d} = -222,014$

$S_d = 163,146$

$$t = \frac{|-222,014|}{163,146} \cdot \sqrt{9}$$

$= 4,08$

$t_\alpha = 2,306$

$\Rightarrow 2,306 < 4,08$ $\rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons n'appartiennent pas à la même distribution

$\rightarrow$ ils sont différents.

Purée de tomates : fréquence 258 Hz

Purée fraîche : test d'aberration

$P = 3{,}0624$ → $3{,}0624 < 3{,}552$

$P_\alpha = 3{,}552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée stérilisée : test d'aberration

$P = 2{,}896$ → $2{,}896 < 3{,}552$

$P_\alpha = 3{,}552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1{,}094$

$F_\alpha = 3{,}44$

→ $1{,}094 < 3{,}44$ => H_0 accepté

Test d'ajustement : Jus frais pressé

S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,528	1 - 0,0630	0,0470
0,22	-1,134	1 - 0,1292	0,0908
0,33	-0,644	1 - 0,2610	0,0690
0,44	-0,206	1 - 0,4168	0,0232
0,55	-0,062	1 - 0,4760	0,0740
0,66	0,369	0,35569	0,0156
0,77	0,719	0,23576	0,0050
0,88	0,953	0,17106	0,051
0,99	1,533	0,0630	0,053

$U = 0,0908$
$U_\alpha = 0,249$
$\rightarrow 0,0908 < 0,249 \rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale

Test d'ajustement : Jus stérilisé

S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,581	1 - 0,0570	0,0530
0,22	-1,539	1 - 0,0617	0,1583
0,33	-0,502	1 - 0,3085	0,0215
0,44	0,338	0,3669	0,1931
0,55	0,345	0,3631	0,0869
0,66	0,450	0,3263	0,0137
0,77	0,480	0,3156	0,0856
0,88	0,694	0,2451	0,1251
0,99	1,314	0,0950	0,0850

$U = 0,1931$
$U_\alpha = 0,249$
$\rightarrow 0,193 < 0,249 \rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale

Test "t"

$\bar{x} = 4284,203$ $\bar{y} = 4248,859$

$S_{\bar{x}} = 70,831$ $S_{\bar{y}} = 74,090$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{4284,203 - 4248,859}{\sqrt{(9-1).70,831^2 + (9-1).74,090^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9} \cdot (9+9-2)}$$

$= 1,034$

$t_\alpha = 2,120$

$\rightarrow 1,034 < 2,120$

$\Rightarrow$ les deux échantillons appartiennent à la même distribution à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$

Test Student apparié

Purée fraîche	Purée stérilisée	Δd
4362,488	4377,315	-14,827
4244,244	4308,702	-64,458
4276,24	4318,218	-41,978
4164,84	4248,602	-83,762
4201,109	4172,192	28,917
4302,14	4316,103	-13,963
4135,594	4175,177	-39,583
4233,57	4308,151	-74,581
4319,512	4333,373	-13,861

$\bar{d} = -35,344$

$S_{\bar{d}} = 35,816$

$t = 2,960$

$t_\alpha = 2,306$

$\Rightarrow 2,306 < 2,960 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons n'appartiennent pas à la même distribution.

$\rightarrow$ les 2 échantillons sont différents

Purée de tomates : fréquence 387 Hz

Purée fraîche : test d'aberration

$P = 3,126$

$P_\alpha = 3,552$

→ $3,126 < 3,552$

→ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée stérilisée : test d'aberration

$P = 2,819$

$P_\alpha = 3,552$

→ $2,819 < 3,552$

→ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,394$

$F_\alpha = 3,44$

$\Rightarrow 1,394 < 3,440$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : Purée fraîche

S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,656	1-0,04845	0,06155
0,22	-1,113	1-0,1335	0,0865
0,33	-0,624	1-0,2676	0,0624
0,44	-0,273	1-0,3935	0,0465
0,55	0,224	0,4129	0,0371
0,66	0,487	0,31207	0,0279
0,77	0,732	0,2327	0,0027
0,88	0,754	0,2266	0,1066
0,99	1,468	0,07078	0,06078

$U = 0,106$

$U_\alpha = 0,249$ $\rightarrow 0,106 < 0,249 \rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : Purée stérilisée

S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,837	1-0,0328	0,0772
0,22	-1,522	1-0,0642	0,1558
0,33	-0,034	1-0,4880	0,1580
0,44	0,185	0,4246	0,1354
0,55	0,366	0,3556	0,0944
0,66	0,517	0,3015	0,0385
0,77	0,656	0,2546	0,0246
0,88	0,686	0,2451	0,1251
0,99	0,982	0,1635	0,1535

$U = 0,158$

$U_\alpha = 0,249$ $\rightarrow 0,158 < 0,249 \rightarrow$ à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{x} = 2434,719$ $\bar{y} = 2306,260$

$S_{\bar{x}} = 157,177$ $S_{\bar{y}} = 185,619$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{2434,719 - 2306,260}{\sqrt{(9-1).157,177^2 + (9-1).185,619^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9} \cdot (9+9-2)}$$

$t = 1,58$

$t_\alpha = 2,12$

$\rightarrow 1,58 < 2,12$ => A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons appartiennent à la même distribution.

Test de Student apparié

Purée fraîche	Purée stérilisée	Δd
2336,556	2299,840	36,716
2665,574	2488,550	177,024
2470,031	2340,622	129,409
2549,812	2433,740	116,072
2391,694	2428,088	-36,394
2174,297	2023,602	150,695
2553,373	2374,364	179,009
2511,334	2402,346	108,988
2259,805	1965,194	294,611

$\bar{d} = 128,458$

$S_d = 92,966$

$t = 4,145$

$t_\alpha = 2,306$

$\rightarrow 2,306 < 4,145$

=> A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons n'appartiennent pas à la même distribution.

=> ils sont différents.

Purée de tomates : fréquence 146 Hz

Purée fraîche : test d'aberration

$P = 2,502$ → $2,502 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée stérilisée : test d'aberration

$P = 2,760$ → $2,760 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ => à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,116$

$F_\alpha = 3,44$

$1,116 < 3,44$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : purée fraîche

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_{i-1} + \Phi > z_i$
0,11	−1,063	1−0,144	0,034
0,22	−0,995	1−0,158	0,062
0,33	−0,704	1−0,241	0,089
0,44	−0,578	1−0,280	0,160
0,55	−0,563	1−0,287	0,263
0,66	0,187	0,424	0,084
0,77	1,027	0,151	
0,88	1,252	0,105	
0,99	1,437	0,0749	

$U = 0{,}263$

$U_\alpha = 0{,}249$

$\rightarrow 0{,}263 > 0{,}249$

$\rightarrow$ l'échantillon ne suit pas une loi normale avec $\alpha = 5\%$.

Test d'ajustement : purée stérilisée

S_i	Z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	−0,994	1 − 0,158	0,048
0,22	−0,861	1 − 0,194	0,026
0,33	−0,804	1 − 0,211	0,119
0,44	−0,752	1 − 0,226	0,214
0,55	−0,232	1 − 0,409	0,141
0,66	0,014	0,496	0,156
0,77	0,664	0,254	0,024
0,88	1,200	0,115	
0,99	1,765	0,0383	

$U = 0{,}214$

$U_\alpha = 0{,}249$

$\rightarrow 0{,}214 < 0{,}249$

→ l'échantillon suit une distribution normale

Test t

$\bar{x} = 6679{,}718$ $\bar{y} = 6824{,}584$

$S_{\bar{x}} = 465{,}046$ $S_{\bar{y}} = 491{,}447$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{6824{,}584 - 6679{,}718}{\sqrt{(9-1) \cdot 491{,}447^2 + (9-1) \cdot 465{,}046^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9}(9+9-2)}$$

$= 0{,}642$ $\rightarrow 0{,}642 < 2{,}12$

$t_\alpha = 2{,}12$ $\rightarrow$ les deux échantillons appartiennent à la même distribution.

Test Student apparié

$\bar{d} = -144{,}866$

$S_{\bar{d}} = 146{,}693$

$$t = \frac{|-144{,}866|}{146{,}693} \cdot \sqrt{9} = 2{,}95$$

$t_\alpha = 2{,}306$ $\Rightarrow$ A une probabilité $\alpha = 5\%$ (erreur) les échantillons n'appartiennent pas à la même distribution.

$\Rightarrow 2{,}306 < 2{,}95$

Purée de tomates : fréquence 292 Hz

Purée fraîche : test d'aberration

$P = 2,838$ → $2,838 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes

Purée stérilisée : test d'aberration

$P = 2,993$ → $2,993 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,424$

$F_\alpha = 3,44$

→ $1,424 < 3,44$ → Ho accepté

Test d'ajustement : purée fraîche

S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,803	1 - 0,0359	0,0741
0,22	-0,924	1 - 0,1787	0,0413
0,33	-0,592	1 - 0,2776	0,0524
0,44	-0,477	1 - 0,3156	0,124
0,55	0,240	0,405	0,045
0,66	0,637	0,261	0,079
0,77	0,886	0,186	0,044
0,88	0,996	0,158	0,038
0,99	1,035	0,149	0,139

$U = 0,139$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,139 < 0,249 \rightarrow$ l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : purée stérilisée

S_i	z_i	$\Phi < z_i$	$S_i - 1 + \Phi > z_i$
0,11	-1,830	1 - 0,0336	0,0764
0,22	-0,859	1 - 0,1949	0,0251
0,33	-0,742	1 - 0,2296	0,1004
0,44	-0,274	1 - 0,3936	0,0464
0,55	0,163	0,4364	0,0136
0,66	0,706	0,2388	0,1012
0,77	0,789	0,2147	0,0153
0,88	0,884	0,1894	0,0694
0,99	1,162	0,1230	0,113

$U = 0,113$

$U_\alpha = 0,249$

$\rightarrow 0,113 < 0,249 \rightarrow$ l'échantillon suit une distribution normale.

Test t

$\bar{x} = 4194,398$ $\bar{y} = 4182,618$

$S_{\bar{x}} = 77,265$ $S_{\bar{y}} = 92,224$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{4194,398 - 4182,618}{\sqrt{(9-1) \cdot 77,265^2 + (9-1) \cdot 92,224^2}} \cdot \sqrt{\frac{9 \cdot 9}{9+9} \cdot (9+9-2)}$$

$= 0,881$ → $0,881 < 2,120$ → les 2 échantillons suivent la même distribution

$t_\alpha = 2,120$

Test de Student apparié

$\Delta t = -11,780$

$S_{\Delta t} = 29,171$

$$t = \frac{-11,780}{29,171} \cdot \sqrt{9} = 1,211$$

$t_\alpha = 2,306$

→ $2,306 > 1,211$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$ les échantillons appartiennent à la même distribution.

Purée de tomates : fréquence 438 Hz

Purée fraîche : test d'aberration

$P = 2,705$ → $2,705 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Purée stérilisée : test d'aberration

$P = 2,675$ → $2,675 < 3,552$

$P_\alpha = 3,552$ → à une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,330$

$F_\alpha = 3,44$

→ $1,330 < 3,44$ → il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test d'ajustement : fraîche

S_i	z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-1,625	1-0,0515	0,0585
0,22	-1,327	1-0,0917	0,1283
0,33	-0,652	1-0,257	0,073
0,44	-0,096	1-0,460	0,020
0,55	0,201	0,420	0,030
0,66	0,762	0,223	0,117
0,77	0,828	0,203	0,027
0,88	0,828	0,203	0,083
0,99	1,080	0,140	0,130

$U = 0,130$
$U_\alpha = 0,249$ → $0,130 < 0,249$ → l'échantillon suit une distribution normale.

Test d'ajustement : purée stérilisée

S_i	z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-1,475	1-0,0694	0,0406
0,22	-1,274	1-0,102	0,118
0,33	-0,965	1-0,166	0,164
0,44	-0,106	1-0,456	0,016
0,55	0,398	0,344	0,106
0,66	0,681	0,248	0,092
0,77	0,750	0,226	0,004
0,88	0,792	0,214	0,094
0,99	1,199	0,115	0,105

$U = 0,164$
$U_\alpha = 0,249$ → $0,164 < 0,249$ → l'échantillon suit une distribution normale

Test t

$\bar{X} = 1822,344$ $\bar{Y} = 1748,877$

$S_{\bar{X}} = 341,754$ $S_{\bar{Y}} = 296,241$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{1822,344 - 1748,877}{\sqrt{(9-1).341,754^2 + (9-1).296,241^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9}(9+9-2)}$$

$= 0,487$

$t_\alpha = 2,120$ $\rightarrow 0,487 < 2,120 \rightarrow$ Les deux échantillons appartiennent à la même distribution à un probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$

Test de Student apparié

$\Delta t = 73,467$

$S_{\Delta t} = 88,91$

$$t = \frac{73,467}{88,910} \cdot \sqrt{9} = 2,48$$

$t_\alpha = 2,306$

$\rightarrow 2,306 < 2,48 \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons n'appartiennent pas à la même distribution
$\rightarrow$ ils sont différents.

- Jus de carottes : fréquence 123 Hz

- Jus sans traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 3,363$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus avec traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,786$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha \rightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,045$

$F_\alpha = 3,440$

$F < F_\alpha \rightarrow H_0$ accepté

Test d'ajustement : Jus sans traitement enzymatique

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-1,520	1 - 0,0642	0,0458
0,22	-1,149	1 - 0,125	0,0950
0,33	-0,440	1 - 0,329	0,001
0,44	-0,142	1 - 0,444	0,004
0,55	0,0549	0,480	0,030
0,66	0,142	0,444	0,104
0,77	0,586	0,277	0,047
0,88	0,626	0,264	0,144
0,99	1,842	0,0328	0,0228

$U = 0,144$

$U_\alpha = 0,249$

$U < U_\alpha$

-> A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon est distribué selon une loi normale

Test d'ajustement : Jus avec traitement enzymatique

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-1,220	1 - 0,1112	0,0012
0,22	-1,170	1 - 0,1210	0,099
0,33	-1,110	1 - 0,133	0,197
0,44	-0,104	1 - 0,460	0,020
0,55	-0,156	0,436	0,014
0,66	0,257	0,397	0,057
0,77	0,688	0,245	0,015
0,88	0,937	0,173	0,0530
0,99	1,566	0,0582	0,0482

$U = 0,197$

$U_\alpha = 0,249$

$U < U_\alpha$ -> A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, ~~il n'y a~~ l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test t

$\bar{X} = 5994,672$ $\bar{Y} = 5957,064$

$S = 698,147$ $S = 713,842$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{5994,672 - 5957,064}{\sqrt{(9-1).698,147^2 + (9-1).713,842^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9}(9+9-2)}$$

$= 0,113$

$t_\alpha = 2,12$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les échantillons suivent la même distribution.

$t < t_\alpha$

Test Student apparié

Jus sans traitement enzymatique	Jus avec traitement enzymatique	Δd
5996,269	5921,702	74,567
5855,455	6174,452	-318,997
5642,945	5142,731	500,214
6404,026	6103,91	300,116
6375,116	6649,072	-273,956
6058,555	6475,21	-416,655
5136,765	5219,112	-82,347
7272,594	7088,183	184,411
4871,853	5177,679	-305,826

$\bar{d} = -37,608$ $t < t_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les deux échantillons suivent la même distribution.

$S = 319,735$

$t = 0,352$

$t_\alpha = 2,306$

Jus de carottes : fréquence 246 Hz

Jus sans traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,966$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus avec traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,771$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha \longrightarrow$ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,399$

$F_\alpha = 3,440$

$F < F_\alpha \longrightarrow H_0$ accepté

Test d'ajustement : jus sans traitement enzymatique

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	−1,877	1−0,0300	0,0800
0,22	−1,476	1−0,0694	0,1506
0,33	0,0657	0,476	0,194
0,44	0,170	0,432	0,128
0,55	0,376	0,351	0,099
0,66	0,428	0,333	0,007
0,77	0,582	0,280	0,050
0,88	0,642	0,261	0,141
0,99	1,089	0,137	0,127

$U = 0,194$

$U_\alpha = 0,249$

$U < U_\alpha$

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale

Test d'ajustement : jus avec traitement enzymatique.

S_i	Z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	−1,500	1−0,0668	0,0432
0,22	−1,367	1−0,0853	0,1347
0,33	−0,680	1−0,248	0,082
0,44	0,0672	0,472	0,088
0,55	0,181	0,428	0,022
0,66	0,316	0,378	0,038
0,77	0,549	0,291	0,061
0,88	1,168	0,121	0,001
0,99	1,270	0,102	0,092

$U = 0,135$

$U_\alpha = 0,249$

$U < U_\alpha$

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon suit une distribution normale.

test t

$\bar{x} = 4187,470$ $\bar{y} = 4176,574$

$S = 192,833$ $S = 163,021$

$N = 9$ $N = 9$

$$t = \frac{4187,470 - 4176,574}{\sqrt{(9-1).192,833^2 + (9-1).163,021^2}} \cdot \sqrt{\frac{9.9}{9+9}(9+9-2)}$$

$= 0,129$

$t_\alpha = 2,12$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les 2 échantillons appartiennent à la même population.

$t < t_\alpha$

test de Student apparié

Jus sans trait. enzym.	Jus avec trait. enzym	Δd	
4299,764	4206,210	93,554	$\bar{d} = 10,895$
4270,124	4227,259	42,865	$S = 97,602$
4260,022	4065,627	194,395	
4220,260	4187,532	32,728	$t = 0,334$
4397,471	4367,046	30,425	$t_\alpha = 2,306$
4200,151	4266,226	-66,075	
3902,745	3931,938	-29,193	$t < t_\alpha$
4311,236	4383,658	-72,422	
3825,46	3953,677	-128,217	

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, les 2 échantillons appartiennent à la même distribution.

Jus de carottes : fréquence 369 Hz

- Jus sans traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 3,272$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

- Jus avec traitement enzymatique :

$P = 2,912$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,399$

$F_\alpha = 3,440$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : jus sans traitement enzymatique

S_i	z_i	$\Phi_{<z_i}$	$S_i - 1 + \Phi_{>z_i}$
0,11	-2,163	1-0,0153	0,0947
0,22	-0,963	1-0,168	0,0520
0,33	-0,227	1-0,409	0,0790
0,44	0,192	0,424	0,136
0,55	0,401	0,344	0,106
0,66	0,506	0,305	0,035
0,77	0,561	0,287	0,057
0,88	0,583	0,280	0,160
0,99	1,109	0,133	0,123

$U = 0,160$

$U_\alpha = 0,249$

$U < U_\alpha$

→ A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement : jus traité enzymatiquement

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
2059.476	1	0.11	-1.90675706	0.972	0.082
2230.095	1	0.22	-1.10569881	0.867	0.087
2324.061	1	0.33	-0.66452731	0.746	0.076
2491.527	1	0.44	0.12172758	0.452	-0.108
2575.348	1	0.55	0.51526818	0.301	-0.149
2582.382	1	0.66	0.54829289	0.291	-0.049
2614.48	1	0.77	0.69899339	0.241	0.011
2633.347	1	0.88	0.78757418	0.214	0.094
2679.689	1	0.99	1.00515043	0.158	0.148

moyenne	2465.6
Ecart type	212.992

U = 0.149
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test de student apparié

Jus traité enzymes	Jus non traité enzymes	Diff
2534.828	2491.527	43.301
2302.231	2059.476	242.755
2609.153	2582.382	26.771
2060.343	2230.095	-169.752
2719.483	2679.689	39.794
2450.505	2324.061	126.444
2577.017	2575.348	1.669
2598.078	2633.347	-35.269
2613.728	2614.48	-0.752

moyenne	30.5512222
ecart type	112.225165
t	0.81669443
tα	2.306

A une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons appartiennent à la même population

- Jus de carottes : fréquence 141 Hz

Jus sans traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,899$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

- Jus avec traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 3,154$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,178$

$F_\alpha = 3,440$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : jus sans traitement enzymatique

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
4986.729	1	0.11	-1.69523118	0.9555	0.0655
5201.587	1	0.22	-1.38623858	0.9178	0.1378
5928.274	1	0.33	-0.34117207	0.634	-0.036
6169.396	1	0.44	0.00559143	0.496	-0.064
6250.723	1	0.55	0.1225498	0.452	0.002
6419.371	1	0.66	0.36508665	0.355	0.015
6747.826	1	0.77	0.83744589	0.2	-0.03
6782.544	1	0.88	0.8873747	0.186	0.066
7003.128	1	0.99	1.204602	0.115	0.105

moyenne	6165.508
Ecart type	695.35

U = 0.138
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement : jus avec traitement enzymatique

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
4926.662	1	0.11	-2.1434348	0.9839	0.0939
6031.253	1	0.22	-0.41891523	0.663	-0.117
6051.214	1	0.33	-0.38775153	0.652	-0.018
6174.452	1	0.44	-0.19534879	0.58	0.02
6200.604	1	0.55	-0.15451952	0.56	0.11
6527.199	1	0.66	0.35537008	0.359	0.019
6916.836	1	0.77	0.96368269	0.168	-0.062
6921.014	1	0.88	0.9702055	0.166	0.046
6946.965	1	0.99	1.01072096	0.156	0.146

moyenne	6299.577
Ecart type	640.521

U = 0.146
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test de student apparié

jus sans enzymes	jus avec enzymes	diff
5201.587	6174.452	-972.865
4986.729	4926.662	60.067
6169.396	6051.214	118.182
6250.723	6031.253	219.47
5928.274	6200.604	-272.33
6747.826	6916.836	-169.01
6782.544	6946.965	-164.421
7003.128	6921.014	82.114
6419.371	6527.199	-107.828

moyenne	-134.069
ecart type	353.300476
	-
t	1.13842756
tα	2.306

a une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons appartiennent à la même population

- Jus de carottes : fréquence 282 Hz

- Jus de carottes sans traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,673$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

- Jus de carottes avec traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 3,312$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,317$

$F_\alpha = 3,440$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : jus sans traitement enzymatique

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
3982.457	1	0.11	-1.9039304	0.9713	0.0813
4036.27	1	0.22	-1.53325619	0.937	0.157
4277.322	1	0.33	0.127156	0.448	-0.222
4303.105	1	0.44	0.30475423	0.382	-0.178
4319.087	1	0.55	0.4148413	0.34	-0.11
4322.124	1	0.66	0.43576073	0.329	-0.011
4355.265	1	0.77	0.66404227	0.254	0.024
4363.613	1	0.88	0.72154488	0.235	0.115
4370.523	1	0.99	0.76914228	0.22	0.21

moyenne	4258.862
Ecart type	145.176

U = 0.222
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement : jus avec traitement enzymatique

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
3984.204	1	0.11	-2.32519824	0.9899	0.0999
4227.259	1	0.22	-0.40364775	0.656	-0.124
4245.178	1	0.33	-0.26198326	0.603	-0.067
4269.832	1	0.44	-0.06707303	0.528	-0.032
4282.806	1	0.55	0.03549716	0.484	0.034
4362.208	1	0.66	0.66323554	0.254	-0.086
4362.634	1	0.77	0.66660342	0.251	0.021
4367.589	1	0.88	0.70577679	0.238	0.118
4403.14	1	0.99	0.9868368	0.163	0.153

moyenne	4278.316
Ecart type	126.489

U = 0.153
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test de Student apparié

jus sans enzymes	jus avec enzymes	Diff
4036.27	4227.259	-190.989
3982.457	3984.204	-1.747
4277.322	4245.178	32.144
4322.124	4282.806	39.318
4319.087	4362.208	-43.121
4303.105	4269.832	33.273
4363.613	4367.589	-3.976
4370.523	4403.14	-32.617
4355.265	4362.634	-7.369

moyenne	-19.4537778
ecart type	70.4924104
t	-0.82790946
tα	2.306

a une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons appartiennent à la même population

Jus de carottes : fréquence 423 Hz

Jus de carottes sans traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,427$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Jus de carottes avec traitement enzymatique : test d'aberration

$P = 2,627$

$P_\alpha = 3,552$

$P < P_\alpha$ → A une probabilité d'erreur $\alpha = 5\%$, il n'y a pas de valeurs aberrantes.

Test F

$H_0 : \sigma^2(A) = \sigma^2(B)$

$F = 1,147$

$F_\alpha = 3,440$

$F < F_\alpha$ → H_0 accepté

Test d'ajustement : jus de carottes sans traitement enzymatique

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
1864.931	1	0.11	-1.48735717	0.9306	0.0406
1885.211	1	0.22	-1.4262303	0.9237	0.1437
2038.172	1	0.33	-0.96518361	0.834	0.164
2464.507	1	0.44	0.31985207	0.374	-0.186
2492.673	1	0.55	0.40474848	0.344	-0.106
2552.284	1	0.66	0.58442471	0.28	-0.06
2616.419	1	0.77	0.77773692	0.217	-0.013
2641.125	1	0.88	0.8522044	0.197	0.077
2670.195	1	0.99	0.9398256	0.173	0.163

moyenne	2358.39
Ecart type	331.769

U = 0.186
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test d'ajustement : jus de carottes avec traitement enzymatique

Xi	Ni	Si	Zi	Φ<Zi	Si-1+ Φ>Zi
1834.375	1	0.11	-1.41057482	0.9208	0.0308
1872.688	1	0.22	-1.28687156	0.9	0.12
2059.476	1	0.33	-0.68377906	0.752	0.082
2118.304	1	0.44	-0.49383792	0.688	0.128
2381.812	1	0.55	0.35696458	0.359	-0.091
2428.539	1	0.66	0.50783457	0.305	-0.035
2459.049	1	0.77	0.60634386	0.27	0.04
2639.012	1	0.88	1.18740011	0.117	-0.003
2648.036	1	0.99	1.21653639	0.111	0.101

moyenne	2271.254
Ecart type	309.717

U = 0.128
Uα= 0.249

A une probabilité d'erreur α=5%, l'échantillon est distribué selon une loi normale.

Test de Student apparié

jus sans enzymes	jus avec enzymes	Diff
2641.125	2059.476	581.649
2670.195	2639.012	31.183
2464.507	2459.049	5.458
2552.284	2648.036	-95.752
2492.673	2381.812	110.861
1885.211	1834.375	50.836
2038.172	1872.688	165.484
1864.931	2118.304	-253.373
2616.419	2428.539	187.88

moyenne	87.1362222
ecart type	229.648609
t	1.1382985
tα	2.306

a une probabilité d'erreur α=5%, les deux échantillons appartiennent à la même population

Annexe 12 : fiche de spécification de l'enzyme Novozyme

7.1.1 Pectinex Ultra SP-L

Fruit & Vegetable / 2001-07235-04.pdf

Product Sheet

Page 1:3

novozymes

Pectinex® Ultra SP-L

Description

Pectinex Ultra SP-L is a highly active pectolytic enzyme preparation produced by a selected strain of *Aspergillus aculeatus*. This enzyme preparation contains pectolytic and a range of hemicellulolytic activities. It has the ability to disintegrate plant cell walls.

Product Properties

Product Type

Pectinex Ultra SP-L is a brownish liquid with a slight smell typical of fermented products and a pH of approx. 4.5.

Activity

Pectinex Ultra SP-L has a standard activity of 26,000 PG/ml (pH 3.5). The standard activity is determined by the measurement of the viscosity reduction of a solution of pectic acid at pH 3.5 and 20°C (68°F). See the Analytical Method for further information.

Solubility

The active components of Pectinex Ultra SP-L are readily soluble in water at all concentrations that occur in normal usage. Turbidity which may occur in the enzyme preparation has no influence on the volumetric activity or handling characteristics of the product.

Food-grade status

The product complies with FAO/WHO, JECFA and FCC specifications for food-grade enzymes, supplemented by maximum limits of 10^2 moulds/g. The product is bottled aseptically after sterile filtration and therefore practically germ-free.

Packaging

See the standard Packaging List for more packaging information.

Application

The preparation is especially designed for the treatment of fruit and vegetable mashes and the maceration of plant tissues. Soluble and insoluble pectins as well as haze-provoking polysaccharides are also efficiently degraded. Pectinex Ultra SP-L applied on fruit and vegetable mashes and/or pomaces leads to drastically increased capacities in solid/liquid separation (e.g. press, decanter) and higher juice yields.

Reaction Parameters

Pectinex Ultra SP-L Activity

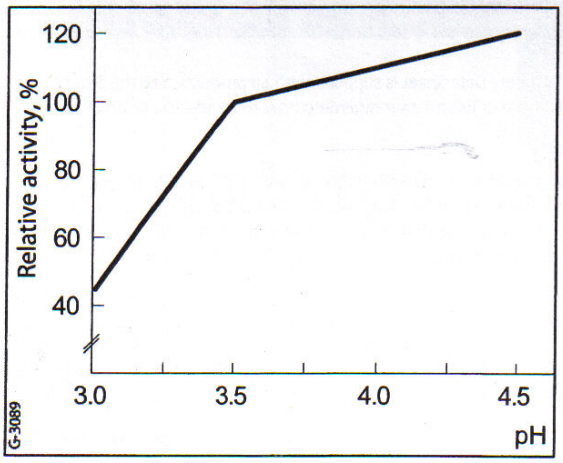


Fig. 1. Pectinase activity versus pH.
Polygalacturonase activity at 20°C (68°F)

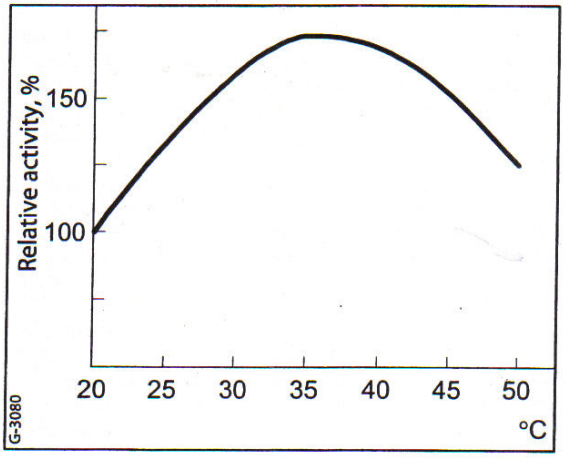


Fig. 2. Pectinase activity versus temperature.
Polygalacturonase activity at pH 3.5

Safety

Enzymes are proteins and inhalation of dust or aerosols may induce sensitization and may cause allergic reactions in sensitized individuals. Some enzymes may irritate the skin, eyes and mucous membranes upon prolonged contact.

The product may create easily inhaled aerosols if splashed or vigorously stirred. Spilled product may dry out and create dust.

Spilled material should be flushed away with water (avoid splashing). Left-over material may dry out and create dust.

A Material Safety Data Sheet is supplied with all products. See the Safety Manual for further information regarding how to handle the product safely.

Storage

When the product is stored at a temperature of 20°C (68°F), the declared activity is maintained for three months. For longer storage periods, a loss in activity of 1-2% per month may occur. When stored at 0-10°C (32-50°F), this product will maintain the declared activity for at least one year.

novozymes

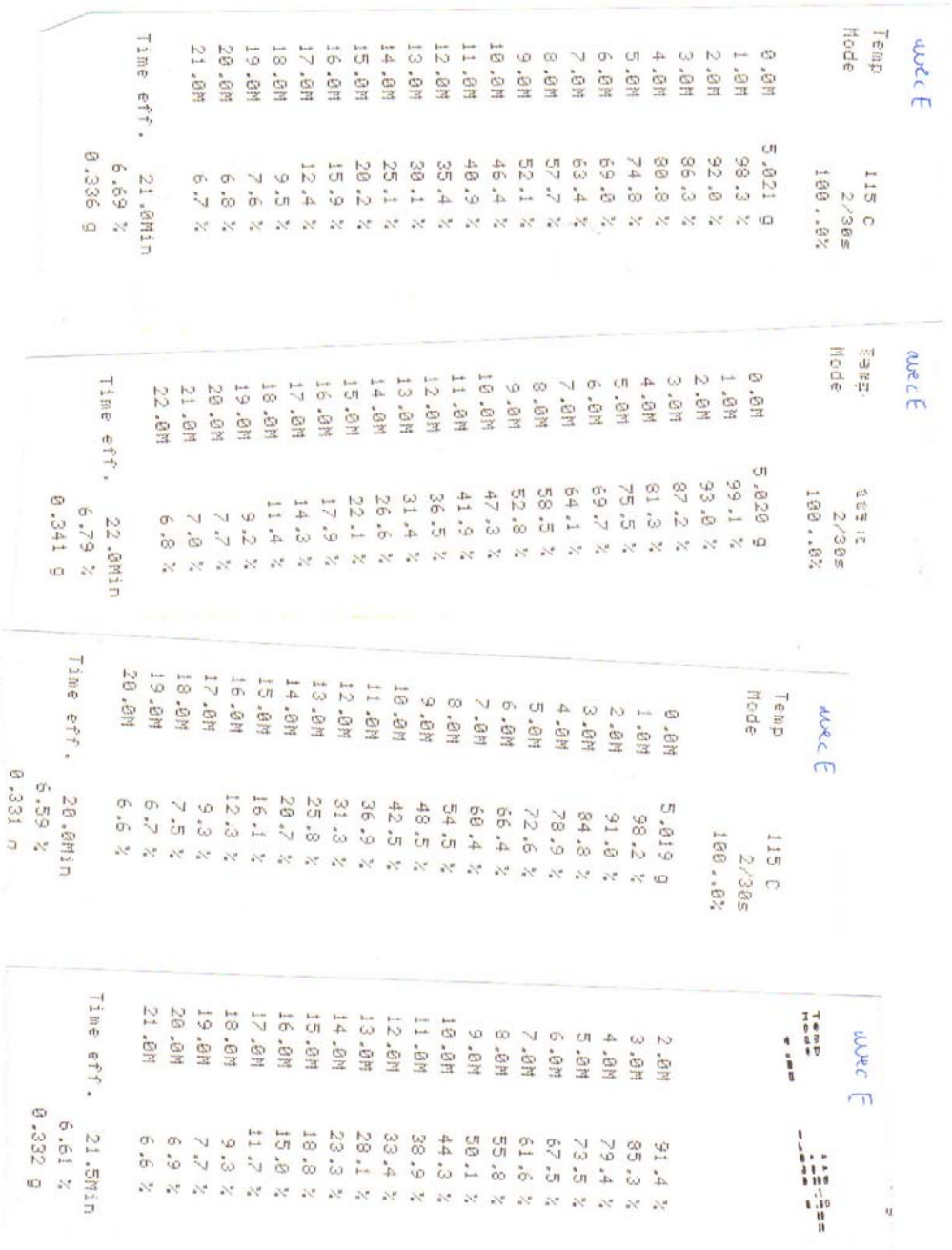
Novozymes Switzerland AG
Neumatt
4243 Dittingen
Switzerland
Tel. +41 61 7656111
Fax +41 61 7656333

Novozymes A/S
Krogshoejvej 36
2880 Bagsvaerd
Denmark
Tel. +45 8824 9999
Fax +45 8824 9998
info@novozymes.com
www.novozymes.com

Laws, regulations and third party rights may prevent customers from importing, processing, applying and/or reselling certain products in a given manner. It is the responsibility of the customers that their specific use of products from Novozymes does not infringe relevant laws and regulations and, furthermore, does not infringe patents or other third party rights.
The contents of this document are subject to change without further notice.

2001-07235-04 Okt 2003 © Novozymes A/S

Annexe 11 : Matière sèche pour les jus avec/sans traitement enzymatique



Temp	115 C	
Mode	2/30s	
	100.0%	
0.0M	5.021 g	
1.0M	98.3 %	
2.0M	92.0 %	
3.0M	86.3 %	
4.0M	80.8 %	
5.0M	74.8 %	
6.0M	69.0 %	
7.0M	63.4 %	
8.0M	57.7 %	
9.0M	52.1 %	
10.0M	46.4 %	
11.0M	40.9 %	
12.0M	35.4 %	
13.0M	30.1 %	
14.0M	25.1 %	
15.0M	20.2 %	
16.0M	15.9 %	
17.0M	12.4 %	
18.0M	9.5 %	
19.0M	7.6 %	
20.0M	6.8 %	
21.0M	6.7 %	
Time eff.	21.0Min	
	6.69 %	
	0.336 g	

Temp	115 C	
Mode	2/30s	
	100.0%	
0.0M	5.020 g	
1.0M	99.1 %	
2.0M	93.0 %	
3.0M	87.2 %	
4.0M	81.3 %	
5.0M	75.5 %	
6.0M	69.7 %	
7.0M	64.1 %	
8.0M	58.5 %	
9.0M	52.8 %	
10.0M	47.3 %	
11.0M	41.9 %	
12.0M	36.5 %	
13.0M	31.4 %	
14.0M	26.6 %	
15.0M	22.1 %	
16.0M	17.9 %	
17.0M	14.3 %	
18.0M	11.4 %	
19.0M	9.2 %	
20.0M	7.7 %	
21.0M	7.0 %	
22.0M	6.8 %	
Time eff.	22.0Min	
	6.79 %	
	0.341 g	

Temp	115 C	
Mode	2/30s	
	100.0%	
0.0M	5.019 g	
1.0M	98.2 %	
2.0M	91.0 %	
3.0M	84.8 %	
4.0M	78.9 %	
5.0M	72.6 %	
6.0M	66.4 %	
7.0M	60.4 %	
8.0M	54.5 %	
9.0M	48.5 %	
10.0M	42.5 %	
11.0M	36.9 %	
12.0M	31.3 %	
13.0M	25.8 %	
14.0M	20.7 %	
15.0M	16.1 %	
16.0M	12.3 %	
17.0M	9.3 %	
18.0M	7.5 %	
19.0M	6.7 %	
20.0M	6.6 %	
Time eff.	20.0Min	
	6.59 %	
	0.331 g	

2.0M	91.4 %	
3.0M	85.3 %	
4.0M	79.4 %	
5.0M	73.5 %	
6.0M	67.5 %	
7.0M	61.6 %	
8.0M	55.8 %	
9.0M	50.1 %	
10.0M	44.3 %	
11.0M	38.9 %	
12.0M	33.4 %	
13.0M	28.1 %	
14.0M	23.3 %	
15.0M	18.8 %	
16.0M	15.0 %	
17.0M	11.7 %	
18.0M	9.3 %	
19.0M	7.7 %	
20.0M	6.9 %	
21.0M	6.6 %	
Time eff.	21.5Min	
	6.61 %	
	0.332 g	

Ram E

115 C
2/30s
100.0%

Temp
Mode

0.0M	5.244 g	
1.0M	98.5 %	
2.0M	91.7 %	
3.0M	86.2 %	
4.0M	80.5 %	
5.0M	74.9 %	
6.0M	69.3 %	
7.0M	63.7 %	
8.0M	58.3 %	
9.0M	53.0 %	
10.0M	47.5 %	
11.0M	42.3 %	
12.0M	37.1 %	
13.0M	32.1 %	
14.0M	27.1 %	
15.0M	22.5 %	
16.0M	18.1 %	
17.0M	14.2 %	
18.0M	11.0 %	
19.0M	8.4 %	
20.0M	6.9 %	
21.0M	6.3 %	
22.0M	5.9 %	
23.0M	5.7 %	

Time eff. 23.5Min
5.70 %
0.299 g

Ram E

115 C
2/30s
100.0%

Temp
Mode

0.0M	5.024 g	
1.0M	98.0 %	
2.0M	91.2 %	
3.0M	85.5 %	
4.0M	79.7 %	
5.0M	74.0 %	
6.0M	68.1 %	
7.0M	62.4 %	
8.0M	56.8 %	
9.0M	51.1 %	
10.0M	45.5 %	
11.0M	40.0 %	
12.0M	34.7 %	
13.0M	29.3 %	
14.0M	24.3 %	
15.0M	19.6 %	
16.0M	15.4 %	
17.0M	11.7 %	
18.0M	8.8 %	
19.0M	6.9 %	
20.0M	5.9 %	
21.0M	5.7 %	

Time eff. 21.5Min
5.69 %
0.286 g

Ram E

115 C
2/30s
100.0%

Temp
Mode

0.0M	5.221 g	
1.0M	99.1 %	
2.0M	93.9 %	
3.0M	87.3 %	
4.0M	81.7 %	
5.0M	76.3 %	
6.0M	70.8 %	
7.0M	65.7 %	
8.0M	60.4 %	
9.0M	55.2 %	
10.0M	50.2 %	
11.0M	45.2 %	
12.0M	40.1 %	
13.0M	35.4 %	
14.0M	30.6 %	
15.0M	26.0 %	
16.0M	21.4 %	
17.0M	17.3 %	
18.0M	13.4 %	
19.0M	10.1 %	
20.0M	7.7 %	
21.0M	6.0 %	
22.0M	5.5 %	
23.0M	5.5 %	

Time eff. 23.0Min
5.50 %
0.287 g

Ram E

115 C
2/30s
100.0%

Temp
Mode

0.0M	5.052 g	
1.0M	98.1 %	
2.0M	91.8 %	
3.0M	86.5 %	
4.0M	80.9 %	
5.0M	75.4 %	
6.0M	69.8 %	
7.0M	64.4 %	
8.0M	59.1 %	
9.0M	53.8 %	
10.0M	48.4 %	
11.0M	43.3 %	
12.0M	38.3 %	
13.0M	33.2 %	
14.0M	28.5 %	
15.0M	24.0 %	
16.0M	19.9 %	
17.0M	16.3 %	
18.0M	13.1 %	
19.0M	10.7 %	
20.0M	9.0 %	
21.0M	8.0 %	
22.0M	7.3 %	
23.0M	6.7 %	
24.0M	6.4 %	
25.0M	6.1 %	
26.0M	6.0 %	

Time eff. 26.0Min
6.00 %
0.303 g