

# QUALITÉ ORGANOLEPTIQUE DES PRODUITS AGRICLES ISSUS D'AQUAPONIE (VÉGÉTAUX/FRUITS ET POISSONS)



(Sources personnelles)

## Rapport de Conduite de Projet Innovant

**Enseignant(s) responsable(s)** : Catherine GUERIN, Amélie DEGLAIRE, Marie LESUEUR

**Commanditaires** : Benoît BERLIZOT, Samuel ORION (EPL Brehoulou - Quimper)

*Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant.e.s n'engagent que la responsabilité de ses auteur.e.s et non celle de l'Institut Agro. Ce document est soumis aux conditions d'utilisation «Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 France» disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>*

Clémentin DENIAU, Célya MARTIAL Manon MUSEUX, Matteo RISI,  
Sana SAIDI, Laura SYLVESTRE-PANTHET, Hannah TONNER

ANNÉE 2021-2022

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous tenons à remercier Benoît Berlizot, notre commanditaire, pour son aide et ses conseils apportés tout au long du projet. Il a su nous accorder de son temps pour répondre à nos nombreuses questions, ce qui nous a permis de mieux cerner le système d'élevage mais aussi son travail en lui-même.

Merci également à nos tutrices, Marie Lesueur, Catherine Guérin et Amélie Deglaire pour leur accompagnement tout au long du projet, tant d'un point de vue administratif que technique.

Nous adressons nos remerciements à Monique Bouriel, qui à maintes reprises nous a facilité la tâche, en nous ouvrant les salles et en nous confiant le matériel d'analyse sensorielle, et à Pascaline Hamon pour son aide apportée lors des analyses chimiques.

Nous sommes également reconnaissants envers le travail et le professionnalisme de François Guerrier qui a filmé la venue et notre échange avec les étudiants de BTS sur le campus de l'Institut Agro. Merci à ce titre à l'équipe d'Agriloops d'avoir accueilli ces derniers et leur avoir présenté leur système aquaponique.

Merci enfin à tous les étudiants de BTS Aquacole du lycée de Bréhoulou pour leur gentillesse et leur appui, tant lors de nos entrevues qu'à distance. Ces échanges auront permis de rendre plus humain et convivial le travail accompli.

# SOMMAIRE

LISTE DES ABRÉVIATIONS	3
I. INTRODUCTION	1
II. ÉTAT DE L'ART	1
III. OBJECTIFS	3
IV. MATÉRIEL ET MÉTHODES	3
A. Présentation du circuit aquaponique	3
B. Analyses sensorielles	4
a) Test triangulaire	4
b) Test descriptif	5
c) Mise en place des tests	5
d) Préparation des aliments	5
C. Analyses physiques	7
D. Analyses statistiques	7
V. RÉSULTATS	8
A. Tests triangulaires	8
B. Tests d'analyses descriptives	9
a) Truite	9
b) Salade	9
c) Fraise	10
C. Extraits secs	11
V. DISCUSSION	11
A. Test triangulaire	11
B. Test sensoriel	11
C. Extraits secs	12
VI. CONCLUSION	13
BIBLIOGRAPHIE	14
ANNEXES	15

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**Mc** : Masse initiale des cupules

**Mch** : Masse humide initiale

**Mcs** : Masse sèche initiale

**Mh** : Masse humide réelle

**Ms** : Masse sèche réelle

**P** : Proportion de réponses correctes

**Pr** : Nombre de réponses correctes non dues au hasard

**%eau** : Teneur en eau

## I. INTRODUCTION

Notre projet s'inscrit dans le projet MÉDUSA (Modèle Expérimental sur la DURabilité des Systèmes Aquacoles). Porté par l'établissement public et professionnel aquacole et agricole de Quimper-Bréhoulou, situé à Fouesnant dans le département du Finistère, en Bretagne, le projet MÉDUSA associe l'établissement Olivier Guichard de Guérande, mais également l'Institut Agro, anciennement l'école d'Agrocampus Ouest de Rennes, pour encourager et dynamiser les coopérations entre l'enseignement technique et supérieur. Pour répondre aux enjeux environnementaux que sont l'économie en eau et en énergie, et la réduction de l'impact environnemental des systèmes aquacoles, MÉDUSA expérimente des modèles de systèmes aquacoles plus durables. Dans ce cadre, les étudiants de Bréhoulou ont mis en place cette année une expérimentation en aquaponie. Ils réalisent le suivi expérimental de ce circuit fermé qui comprend un élevage de truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) associé avec une production maraîchère (gariguettes et laitue).

Notre équipe, formée d'étudiants ingénieurs et de Master, a ainsi été sollicitée pour répondre à la problématique suivante : les produits (poissons, végétaux) aquaponiques et conventionnels sont-ils perçus comme différents ? Ainsi, nous avons dû concevoir et réaliser un protocole de tests permettant de mettre en évidence les éventuelles différences entre la qualité organoleptique des poissons élevés en circuit fermé en comparaison avec ceux élevés en circuit ouvert, et des végétaux cultivés sur billes d'argile en comparaison avec ceux cultivés en terre. Pour cela, des analyses organoleptiques ont été réalisées sur trois produits : des truites, des fraises et de la salade. Par conséquent, sur les truites, nous testons l'effet du renouvellement de l'eau, et sur les végétaux nous testons l'effet du substrat avec eau recirculée.

## II. ÉTAT DE L'ART

Pour répondre aux enjeux du XXIème siècle, avec une augmentation de la population mondiale liée à une forte demande en énergie, nourriture et eau, divers systèmes novateurs de production ont été développés.

Les systèmes d'aquaculture en recirculation, dits aquaponiques, peuvent être des solutions à des problématiques de disponibilité de ressources (eau, sol, énergie, etc.). L'aquaponie est la combinaison de deux systèmes, l'aquaculture et l'hydroponie (Wirza and Nazir, 2021). Les systèmes aquaponiques utilisent l'eau des poissons, riche en déchets azotés, comme unique source d'éléments nutritifs des végétaux. Ce système aboutit donc à une synergie entre les poissons, les micro-organismes et les plantes. On retrouve surtout des poissons comme des truites ou des tilapias et en végétaux, des tomates, laitues et herbes aromatiques.

À ce jour en France il existe 22 fermes aquacoles (APIVA, 2022) et la plus grande a vu le jour à

Aubervilliers produisant 5000 poissons (truites et perches) et 8 000 végétaux (Cuzon, 2019). Les pays précurseurs dans le domaine sont les États-Unis, l'Australie, le Canada et la Hollande (Lejolivet, 2013).

Ainsi, ce genre de circuit encourage l'utilisation durable de l'eau et des nutriments, y compris leur recyclage (Goddek et al., 2015). Cependant, on retrouve des problèmes liés à la concentration et la floculation des boues d'élevage (Goddek et al., 2015). Autre inconvénient : la qualité du produit peut être impactée (Houle, 2008) et c'est d'ailleurs ce qui va nous intéresser dans ce travail.

Chez le poisson notamment, une flaveur (goût et odeur) de vase peut être perçue par le consommateur et influencer l'acceptabilité du produit (Hamilton and Bennett, 1983). L'aliment artificiel utilisé en pisciculture peut être en partie responsable, par sa dégradation par des micro-organismes, mais il n'est pas le seul facteur en cause. En effet, il existe des lacs et des rivières où les poissons développent ce goût en raison d'une contamination de l'eau par des substances odorantes naturellement présentes dans l'environnement. Les cyanobactéries, capables de réaliser la photosynthèse, ainsi que les actinomycètes, produisent des composés organiques volatils non toxiques, comme la géosmine et le 2-méthylisobornéol (MIB), qui donne à l'eau un goût et une odeur de vase (Houle, 2008).

En effet, la qualité organoleptique de ces poissons est un point critique pour sa commercialisation. La recherche d'une qualité gustative optimale restera toujours un enjeu majeur car elle intervient de façon déterminante dans l'acte de vente du produit qui, de plus, semble être l'objectif final du Lycée Bréhoulou.

Plusieurs méthodes s'offraient à nous pour évaluer la qualité organoleptique des produits issus du circuit fermé. Il aurait été possible d'utiliser des méthodes d'analyse chimiques (dosage de lipides, de glucides, tests microbiologiques pour détecter une présence de bactéries...), cependant nous avons opté pour une analyse sensorielle. C'est un ensemble de techniques et de pratiques puissantes qui permettent de vérifier s'il existe vraiment des différences perçues, de décrire et quantifier les caractéristiques des produits (Camille et al., 2010). Dans le cadre de notre projet, la méthode du test triangulaire a été retenue car il s'agit du test de discrimination le plus largement utilisé pour l'analyse des qualités organoleptiques, visant à déterminer s'il y a des différences détectables entre deux échantillons (Huss et al., 1995). Pour le deuxième test, la méthode de test descriptif a été retenue après élaboration de descripteurs concernant l'odeur, la texture et la saveur de chaque produit, élaborés par brainstorming par les membres du groupe et grâce aux conseils des enseignantes tutrices (**Annexe I**). En plus de leur puissance, leur mise en place était facile considérant nos installations et le temps imparti ; et de surcroît permettait une participation active des élèves de BTS (dans la dégustation), ce qui était une des plus-values de ce projet.

### III. OBJECTIFS

Pour répondre à la problématique, dans une première étape, il s'agit de déterminer si les produits aquaponiques et conventionnels sont perçus comme différents par un jury de consommateurs. Pour répondre à cette première question, nous avons retenu le test triangulaire, une méthode d'analyse sensorielle discriminative. Ensuite, il s'agit de caractériser plus finement les différences sensorielles des produits si ces dernières sont avérées. Pour ce faire, nous avons décidé de mettre en place une analyse descriptive. En complément, une détermination de la teneur en eau des fraises et salades a été réalisée, la teneur en eau étant un indicateur de la qualité des végétaux (Letang, 1997).

### IV. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### A. Présentation du circuit aquaponique

Le système aquaponique mis en place par les étudiants de BTS aquacoles associe un élevage de truites arc-en-ciel avec des laitues et des gariguettes (**Figure 1**). Les truites sont arrivées le 1<sup>er</sup> décembre au lycée avec un poids de 100 g puis ont toutes été placées en circuit fermé jusqu'au lundi 21 mars soit près de 4 mois. À partir de cette date, une partie des truites a été transférée en circuit ouvert durant 5 semaines (jusqu'au prélèvement) tandis que l'autre partie est restée en circuit fermé.

Concernant les végétaux, les fraises ont été plantées le 16 février et les salades ont été plantées lors de deux sessions (le 8 février et le 1<sup>er</sup> mars). Elles ont ensuite été cultivées dans les mêmes conditions dans le système aquaponique. Le seul facteur qui variait était le substrat. La moitié des végétaux ont été plantés dans de la terre et l'autre moitié sur des billes d'argiles et étaient arrosés avec l'eau issue du système d'élevage.

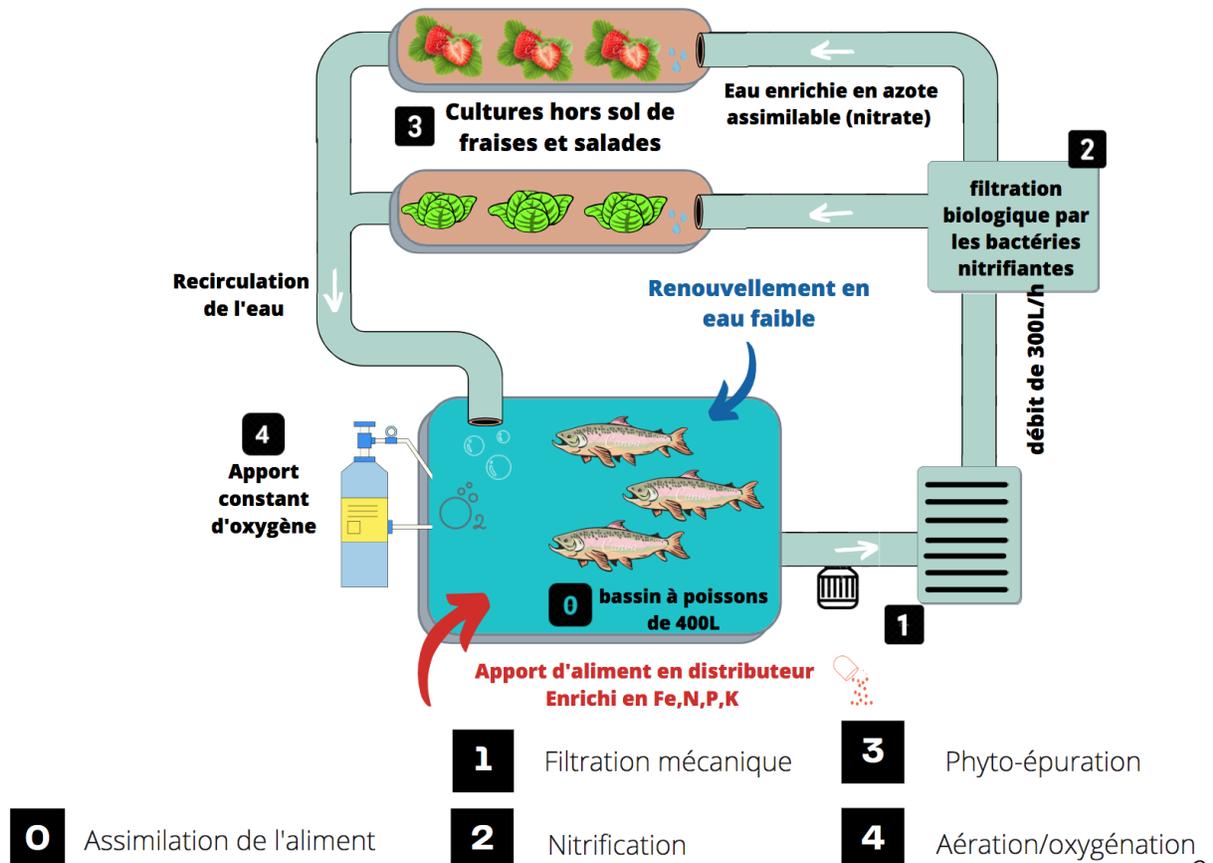


Figure 1 | Schéma général de l'installation de la culture aquaponique du lycée de Bréhoulou (source personnelle)

## B. Analyses sensorielles

### a) Test triangulaire

Un test triangulaire par produits (salade, truite, et fraise) issus d'aquaponie ou de méthodes conventionnelles a été réalisé. Selon la norme NF ISO 4120 (2004), le panel de jury était formé de 26 candidats (composé des étudiants de BTS majoritairement et de plusieurs professeurs). Lors de la dégustation, chaque juge a reçu trois échantillons codés, dont deux provenaient d'une même méthode de culture (par exemple, deux truites de circuit fermé ou deux truites de circuit ouvert, deux feuilles de salade sur billes d'argiles ou deux feuilles de salade de terre etc.) et un troisième échantillon provenant de l'autre méthode de culture (si deux échantillons de truites en circuit fermé alors le troisième provenait de circuit ouvert et inversement). Il leur était indiqué qu'un des trois échantillons était différent et qu'ils devaient suivre le plan de dégustation élaboré par le logiciel Fizz en cochant le numéro de l'échantillon qu'ils percevaient différent des deux autres.

### *b) Test descriptif*

Dans le cas d'une éventuelle différence entre les produits dégustés par le jury du test triangulaire, il a été décidé de mettre en place une analyse descriptive de ces produits. L'épreuve d'intervalle, consistant en la notation de l'intensité de descripteurs sur une échelle de 0 à 7, a été retenue. Chaque membre du jury recevait deux échantillons de produits (salade, truite, fraise), un provenant de l'aquaponie et un provenant de la méthode conventionnelle, placés dans des assiettes de carton individuelles et codés par un nombre à trois chiffres selon le plan de dégustation déterminé par Fizz. Les échantillons étaient présentés simultanément, et les sujets pouvaient les goûter autant de fois qu'ils le souhaitaient. Les panélistes devaient tester les attributs dans l'ordre suivant : le visuel, puis la texture et enfin le goût. Le jury de la fraise n'était composé que de 5 personnes, en raison de la faible quantité de produits disponible tandis que les jurys de la salade et de la truite étaient composés de 13 personnes, tous étant étudiants à l'Institut Agro et non entraînés.

### *c) Mise en place des tests*

Ces deux tests ont été réalisés dans une salle spécifique dédiée à l'analyse sensorielle, équipée du matériel nécessaire (cabines individuelles pour la dégustation, tablette par dégustateur, cuisine pour la préparation de l'aliment et une chambre froide à côté). Le jour de la dégustation, les cabines ont été étiquetées avec les numéros des juges et les tablettes utilisées pour répondre au questionnaire ont été connectées au réseau et au logiciel Fizz afin de faciliter la collecte des résultats des tests. Chaque cabine disposait d'une fourchette, d'un couteau, d'une serviette, d'un verre d'eau, de crackers sans sel pour rincer la bouche entre les dégustations ainsi qu'une tablette connectée affichant le questionnaire de chaque épreuve. Les plans de dégustation (**Annexe II**) ainsi que les questionnaires (**Annexe III et IV**) ont été élaborés en amont sur le logiciel Fizz. Dans les deux tests, tous les échantillons ont été présentés aux juges selon un plan aléatoire afin d'éliminer tout effet d'ordre de dégustation. Pour chaque test, les assiettes avaient été codées, au préalable, par des numéros à 3 chiffres. Tous les codes des juges ainsi que les numéros étaient générés par le logiciel Fizz.

### *d) Préparation des aliments*

Pour chaque produit, une préparation en amont a été réalisée. Les truites ont été abattues et filetées 4 jours avant le jour de la dégustation puis conservées dans un frigo. Les truites étaient levées en deux filets puis trois échantillons étaient prélevés dans ces filets pour la dégustation. Ces échantillons étaient des morceaux homogènes d'un point de vue de la taille et de l'épaisseur (~ 20 g) puis étaient cuits, par lot de six morceaux dans une assiette en carton et recouverts d'un film plastique, avec un four micro-ondes Karwave pendant 1 min 20 s La puissance devait être réglée à 80 % de la puissance totale du micro-ondes. Enfin, pour garder une température constante, les morceaux ont été refroidis au frigo pendant 1 heure puis servis à température ambiante, 5 min après avoir été sortis du frigo (**Figure 2**).



**Figure 2** | Assiettes contenant les échantillons de truites pour le test d'analyse sensorielle descriptive (photo personnelle)

Les salades et les fraises ont été récoltées la veille de la dégustation. Les stades de maturité (stade de coloration et de calibre) étaient similaires pour les lots de fraises à la différence des lots de salades pour lesquels une différence de taille était observable. En effet, bien qu'elles ont été plantées en même temps, les salades sur billes d'argiles ont eu une croissance plus importante que les salades de terre. Ensuite, elles étaient conservées au frigo jusqu'au jour de la dégustation. Le jour de la dégustation, les fraises et salades ont été lavées et coupées en morceaux homogènes. En raison d'une faible quantité de fraises, ces dernières ont été coupées en deux de manière longitudinale. Pour pallier la différence de maturité entre les salades, deux feuilles externes de tailles similaires ou deux feuilles du cœur étaient présentées au jury (**Figure 3**). Les échantillons ont été servis à température ambiante.



**Figure 3** | Assiettes contenant les échantillons de salade pour le test triangulaire (photo personnelle)

## C. Analyses physiques

Pour compléter les analyses sensorielles, des analyses physiques des fraises et des salades ont été réalisées. Parmi chaque lot (aquaponie et méthode conventionnelle), trois échantillons de fraise et de salade ont été prélevés (**Annexe V**). La masse initiale  $M_c$  a été obtenue en pesant dans les cupules avec le sable de Fontainebleau à l'aide d'une balance de précision. En amont de la réalisation des extraits secs, le matériel a été placé à l'étuve pendant une nuit à 100 °C afin d'éliminer toute humidité. Les échantillons des salades et des fraises, après avoir été respectivement émincés et écrasés, ont été mélangés avec le sable de Fontainebleau à l'aide d'une petite spatule. Toutes les cupules ont ensuite été pesées afin d'obtenir la masse humide  $M_{ch}$  et placées dans l'étuve pendant 24 h à 100 °C. Après 24 h, les cupules ont été pesées pour obtenir leur masse sèche  $M_{cs}$ . Enfin, la masse sèche réelle  $M_s$  et la masse humide réelle  $M_h$  de l'échantillon a été obtenue en éliminant la masse des cupules avec les équations (1) et (2).

$$(1) M_h = M_{ch} - M_c$$

$$(2) M_s = M_{cs} - M_c.$$

La teneur en eau (%eau) a été calculée suivant l'équation (3).

$$(3) \%eau = (M_h - M_s / M_h) * 100$$

## D. Analyses statistiques

Le nombre de juges ayant perçu une différence entre les produits lors des tests triangulaires, et à partir duquel une différence sensorielle significative des produits peut être établie, a été obtenu grâce à la loi binomiale de paramètre  $n$  (nombre de jurys) et  $p$  (chance de trouver l'échantillon différent, égale à  $1/3$ ), et pour un seuil de confiance de 95 %. Le nombre de juges ayant réellement perçu la différence ( $Pr$ ) peut être estimé grâce à la formule (4) obtenue à partir de la proportion de réponses correctes totales ( $P$ ) (**Annexe VI**).

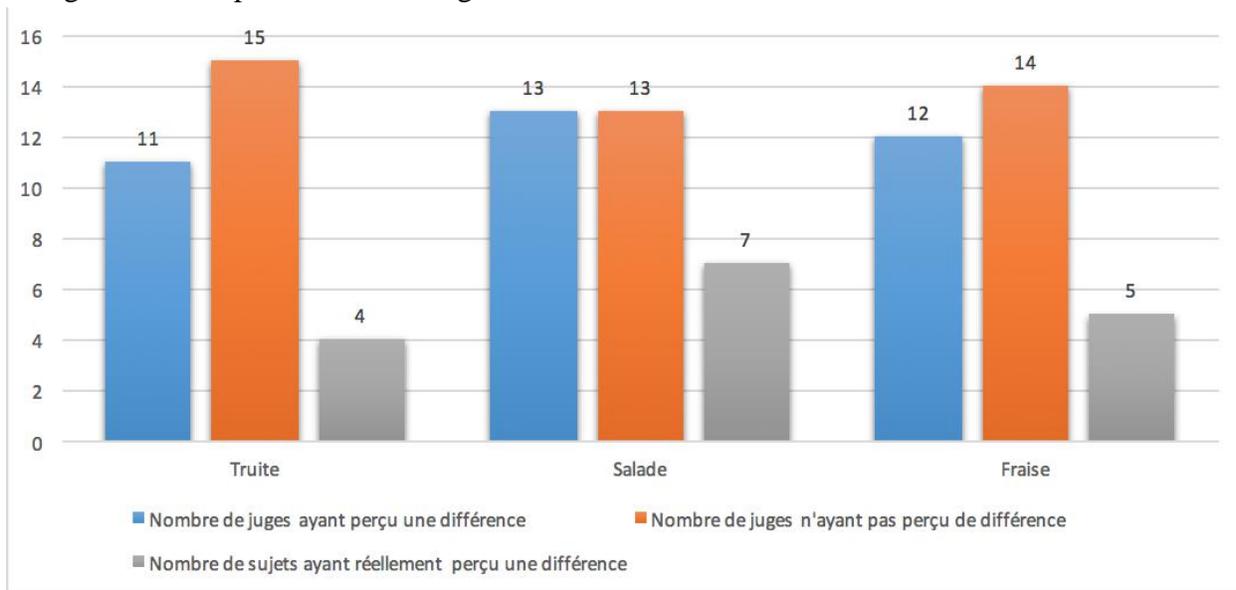
$$(4) Pr = (3P - 1) / 2 = 1,5 P - 0,5$$

Les résultats des analyses descriptives, après avoir été récupérés sous format Excel sur le logiciel Fizz, ont été analysés sur RStudio, à l'aide de la version 4.0.3 (R Core Team, 2020). Chaque descripteur de chaque produit a été soumis à une analyse de variance à deux facteurs (juge et produit) grâce à la fonction "aov" provenant du package *stats* (R Core Team, 2020). Pour chaque produit, un profil sensoriel a été obtenu sur R à l'aide de la fonction *ggradar* (Bion, 2021).

## V. RÉSULTATS

### A. Tests triangulaires

Les trois tests triangulaires ont été soumis à un jury de 26 personnes. Les résultats des tests triangulaires sont présentés sur la figure 4.



**Figure 4** | Nombre de réponses correctes ou incorrectes au test triangulaire (n =26) et estimation du nombre de personnes ayant réellement perçu une différence

Pour la truite, 11 personnes ont perçu une différence entre les truites issues d'aquaponie et de circuit ouvert. Pour la salade, il y a eu autant de juges ayant perçu une différence que de juges n'ayant pas perçu de différences sensorielles entre les salades ayant poussé sur des billes d'argiles et celles dans de la terre. Enfin, pour la fraise, 12 juges ont perçu une différence sensorielle entre les fraises de terre et celles de billes d'argile. Pour conclure sur une différence significative de qualité organoleptique entre les produits avec un risque de 5 %, il aurait fallu que plus de la moitié du jury perçoive une différence sensorielle, soit 14 personnes. Pour aucun de ces tests, ce nombre n'a été atteint. Ainsi, ces résultats témoignent de l'absence de différence significative de qualité organoleptique entre les produits issus d'aquaponie et ceux issus de méthodes conventionnelles (truite en circuit ouvert, salades et fraises en terre).

À noter que lors des dégustations, certains juges ont pu répondre au hasard. Sur 26 sujets, 4 personnes auraient réellement perçu une différence entre les truites, 7 pour la salade et enfin 5 pour la fraise.

## B. Tests d'analyses descriptives

Les résultats des tests sensoriels sont présentés sous la forme de diagrammes de Kiviat, autrement appelés diagrammes en toile d'araignée. Ces derniers présentent les valeurs moyennes de chaque descripteur pour chaque produit.

### a) Truite

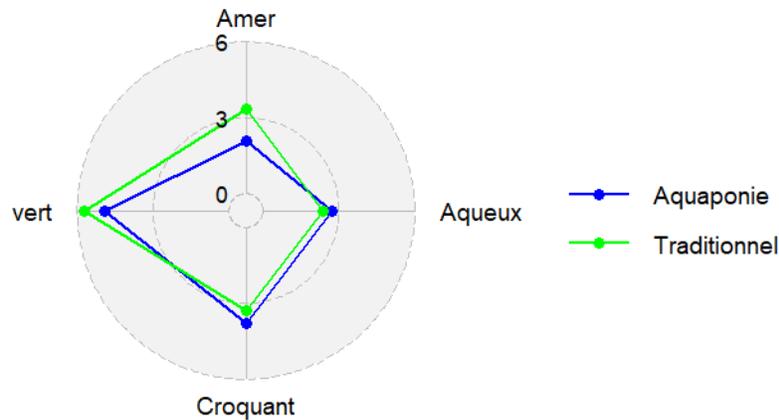
D'après le profil sensoriel de la truite, on distingue un goût terreux significativement plus prononcé ( $p$ -value = 0,047 94, **Annexe VII**) pour les truites issues de l'aquaponie que pour celles issues de circuit ouvert (**Figure 5**). Sur l'échelle de notation, les valeurs moyennes sont respectivement de 4 et 2, ce qui témoigne d'un goût terreux moyennement prononcé chez la truite aquaponique contre peu prononcé chez la truite de circuit ouvert. Les autres indicateurs sont relativement similaires et ne montrent pas de différences significatives. On peut noter que les jurys ont évalué la tendreté des produits autour de 4 tandis que pour les autres indicateurs (Gras, Métal, Rose) la moyenne des notes attribuées ne dépassait 3.



**Figure 5** | Diagramme de Kiviat du profil sensoriel de la truite. Les descripteurs significativement différents ( $p < 0.05$ ) sont indiqués par une étoile.

### b) Salade

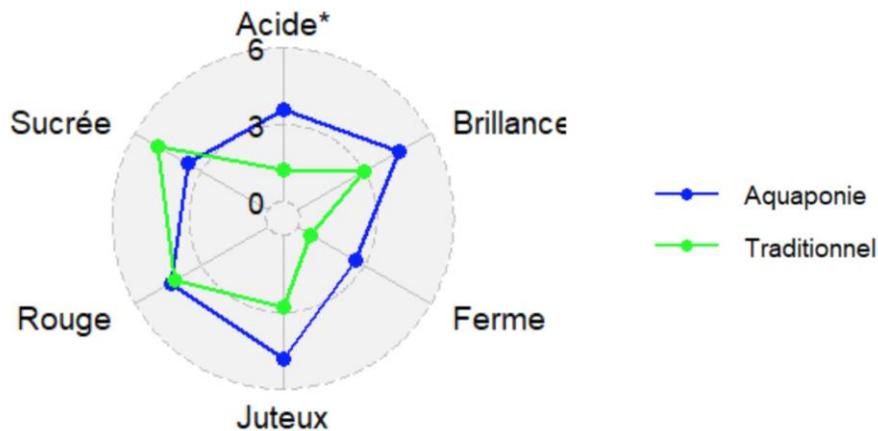
Le profil sensoriel des salades issues des deux substrats différents montre une nette ressemblance (**Figure 6**). Les valeurs attribuées pour chaque descripteur ne sont pas exactement identiques mais pour autant ne montrent ni de différences significatives ni de tendance notable à la différence. Ces résultats sont étayés par les analyses de variance réalisées pour chacun des descripteurs de la salade (**Annexe VIII**).



**Figure 6** | Diagramme de Kiviat du profil sensoriel de la salade.

c) *Fraise*

Sur le profil sensoriel de la fraise, un seul descripteur révèle une différence significative (**Figure 7**). Le côté acide des produits issus d'aquaponie se montre plus prononcé que ceux de culture traditionnelle avec des valeurs respectives de 4 et 1. Une analyse de variance à deux facteurs a confirmé que le descripteur acide ( $p$ -value = 0,048) était significatif (**Annexe IX**). Les autres descripteurs ne montrent pas de différences significatives. Cependant, on remarque que la majorité de ces descripteurs ont des valeurs plus élevées pour les fraises ayant poussé sur des billes d'argile en comparaison avec les fraises ayant poussé dans de la terre. Seul le côté sucré semble moins prononcé pour les fraises sur billes d'argile.



**Figure 7** | Diagramme de Kiviat du profil sensoriel de la fraise. Les descripteurs significativement ( $p < 0.05$ ) différents sont indiqués par une étoile.

## C. Extraits secs

Pour compléter notre analyse, nous avons déterminé la teneur en eau des lots des différents lots de laitues et de fraises après un passage à l'étuve des échantillons (**Tableau 1**).

**Tableau 1** | Résultats de la teneur en eau des végétaux

Type de produit	Teneur en eau (%)
Fraises en terre	93,1 ± 1,7
Fraises sur billes d'argile	91,2 ± 1,7
Laitues en terre	93,6 ± 0,06
Laitues sur billes d'argile	93,1 ± 0,06

Ces résultats montrent des teneurs en eau similaires dans les fraises sur billes d'argile et de terre. Toutefois pour les salades, on remarque une différence significative entre les laitues sur billes d'argile et celles en terre. En effet, les laitues ayant poussé dans la terre ont une teneur en eau légèrement plus importante que celles ayant poussé sur des billes d'argiles.

## V. DISCUSSION

### A. Test triangulaire

La réalisation de ce test nécessite au minimum un panel de 24 juges pour acquérir une puissance statistique suffisante. D'après nos résultats, pour un seuil de confiance de 5 %, on peut conclure qu'il n'y a pas de différence sensorielle entre les produits issus d'aquaponie et de méthode conventionnelle. Nos résultats peuvent être comparés à ceux de Gonzalez et al. (2006), qui ont montré que sur l'espèce *Perca flavescens*, aucune différence sensorielle significative n'a été trouvée entre la perche sauvage et la perche d'élevage (provenant d'un système d'aquaculture en recirculation) suite à un test triangulaire. On note cependant que nous sommes à la limite de la significativité. À cela s'ajoute la différence de stade de maturité des salades, celles sur billes d'argile étant très développées et celles en terre beaucoup moins, qui a pu engendrer une perception visuelle différente plus que sur le goût des produits.

### B. Test sensoriel

Ce test a pour objectif de qualifier les différences décelées lors du premier test. Malgré le fait qu'aucune différence n'a été démontrée, nous avons tout de même mis en place ce test et ce pour plusieurs raisons logistiques mais également pour assurer la réalisation du protocole pour les étudiants de BTS. Ce test montre, à l'inverse du premier test, des différences organoleptiques pour

les truites et fraises issues d'aquaponie. Les truites sont décrites comme ayant un goût plus terreux. On peut expliquer la différence de perception par rapport au premier test par le fait que le jury n'était pas composé des mêmes personnes. Toutefois, les tests descriptifs n'ont pas été réalisés aux normes. En effet, les juges n'étaient pas entraînés et n'ont pas pu percevoir de manière homogène les différents descripteurs proposés. De plus, par manque de produits, pour le test descriptif de la fraise, le jury n'était composé que de 5 personnes or 8 juges au minimum sont nécessaires pour réaliser ce test. La différence de maturité des salades a également été une limite de ce test.

Nos résultats sur la truite peuvent être comparés avec ceux de Kralik et al (2022) qui ont, eux, montré que les perches aquaponiques étaient comparables à celles sauvages et d'élevage en termes de texture, de teneur en eau, de graisse totale et de protéines totales. De plus, ils ont démontré que la perche aquaponique était aussi appréciée que la perche sauvage dans une évaluation sensorielle de type test descriptif du consommateur en constatant que le fait de prévenir le juge sur les avantages environnementaux de l'aquaponie augmentait de manière significative la perception du goût et l'intention d'achat des consommateurs à un niveau égal ou supérieur à celui de la perche sauvage. De plus, concernant l'espèce *Salmo salar*, il a été montré dans une étude que le saumon d'élevage (provenant de cages en mer) était au moins aussi acceptable que le saumon sauvage en termes d'apparence, d'odeur et de goût et d'acceptabilité générale (Farmer et al., 2000).

Pour compléter ces résultats, il serait donc judicieux de refaire ces trois tests aux normes et de les compléter avec des analyses physico-chimiques (teneur en protéines, en lipides pour la truite par exemple). Avec un jury entraîné, il est même possible de rajouter des descripteurs afin de caractériser encore plus finement les différences sensorielles entre les produits. De plus, concernant la truite, une analyse d'eau des bassins pourrait être intéressante pour compléter le test sensoriel car d'après Robin (2009), il existe une relation entre l'intensité sensorielle des défauts définie par les juges et les concentrations de géosmine dans l'eau pour l'espèce *Onchorynchus mykiss*.

### **C. Extraits secs**

Les résultats des extraits secs montrent que les salades provenant de la terre ont une teneur en eau légèrement plus importante que celles en terre. Toutefois, il est important de noter qu'il y avait également une trop faible quantité d'échantillons ne permettant pas de conclure statistiquement mais uniquement d'indiquer certaines tendances. De plus, les écarts-types observés pour les teneurs en eau des fraises sont anormalement élevés, les conclusions sont donc à nuancer.

## VI. CONCLUSION

Au cours de notre projet, nous nous sommes intéressés à des produits issus d'un système aquaponique et nous nous sommes demandé s'ils étaient perçus différemment de produits dits conventionnels. Suite à un test triangulaire, nous avons montré qu'il n'y avait pas de différence sensorielle notable entre les échantillons aquaponiques et conventionnels. Ceci est donc positif pour la valorisation des produits aquaponiques, que ce soit pour les truites qui ne semblent à première vue pas présenter de flaveur de vase, que pour les végétaux. Nous pouvons également conclure sur l'impact du substrat utilisé, car les salades aquaponiques produites sur billes d'argiles étaient bien plus développées que celles produites en terre. À noter que l'importante différence de stade de maturité des salades a pu jouer sur les résultats obtenus et il serait pertinent de refaire ce test sensoriel avec des salades au même stade de maturité.

Il était prévu de réaliser des tests complémentaires dans le cas où des différences entre les produits seraient observées. Bien que le test d'analyse sensorielle ne mette pas en évidence de différence, nous avons décidé de réaliser tout de même ces tests complémentaires à travers une analyse descriptive des produits, basée sur des descripteurs choisis par nos soins. Cette analyse a mis en lumière la présence d'un goût plus terreux pour les truites en circuit fermé et plus acide pour les fraises sur billes d'argiles. Cependant, ce test que nous avons réalisé n'est pas aux normes, car les analyses des produits auraient dû être réalisées par un jury expérimenté, apte à déceler de réelles différences entre les produits. En se basant sur ce rapport, il sera cependant possible de réaliser de nouveau cette analyse descriptive des produits pour avoir des résultats réellement exploitables.

Nous avons enfin tenté de comprendre d'où pouvaient provenir ces éventuelles différences entre les produits. Une des hypothèses était une teneur en eau différente entre les produits. L'étude des extraits secs des produits a en effet montré une teneur en eau plus importante pour les salades sur billes d'argile, ce qui est à relier avec le fait que celles-ci étaient bien plus développées que les salades en terre. Le substrat joue donc un réel rôle sur leur croissance et sur leur capacité à assimiler l'eau (et sans doute les nutriments). Concernant les fraises, l'expérience serait à refaire car nous n'en avons pas assez au moment de la réalisation des extraits secs.

## BIBLIOGRAPHIE

- APIVA** (2022) Cartographie des fermes aquaponiques commerciales en France - Google Mes cartes.
- Bion R** (2021) ggradar.
- Camille V, Brigitte P, Frédéric R, Bruno T-L** (2010) Mise en place et évaluation d'une méthodologie pour intégrer les aspects sensoriels des légumes dans la sélection pour l'Agriculture Biologique(AB). 37
- Cuzon V** (2019) Grand Paris : la plus grande ferme aquaponique de France ouvre à Aubervilliers | L'immobilier par SeLoger.
- Farmer LJ, McConnell JM, Kilpatrick DJ** (2000) Sensory characteristics of farmed and wild Atlantic salmon. *Aquaculture* **187**: 105–125
- Goddek S, Delaide B, Mankasingh U, Ragnarsdottir KV, Jijakli H, Thorarinsdottir R** (2015) Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability* **7**: 4199–4224
- González S, Flick GJ, O'Keefe SF, Ducan SE, McLean E, Craig SR** (2006) Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*). *J Food Compos Anal* **19**: 720–726
- Hamilton M, Bennett R** (1983) An investigation into consumer preferences for nine fresh white fish species and the sensory attributes which determine acceptability. *Int J Food Sci Technol* **18** : 75–84
- Houle S** (2008) Le développement et le contrôle du mauvais goût chez deux espèces de salmonidés élevées dans un système en recirculation : l'omble chevalier, *Salvelinus alpinus* et la truite arc-en-ciel, *Onchornychus mykiss*.
- Huss HH, Boerresen T, Dalgaard P, Gram L, Jensen B, Joergensen B, Nielsen J, Baek Olsen K, Gill T, Lupin HM** (1995) Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fish. Tech. Pap. FAO*
- Kralik B, Weisstein F, Meyer J, Neves K, Anderson D, Kershaw J** (2022) From water to table: A multidisciplinary approach comparing fish from aquaponics with traditional production methods. *Aquaculture* **552** : 737 953
- Lejolvivet C** (2013) Fiche Aquaponique.
- Letang G** (1997) La perte d'eau au cours de la réfrigération dans l'air des fruits et des légumes. *Ingénieries Eau-Agric-Territ* 41–50
- R Core Team** (2020) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria
- Robin J, Hallier A, Serot T, Vallod D** (2009) Effet des efflorescences d'*Anabaena* spp. sur la qualité organoleptique de la truite arc-en-ciel (*Onchornychus mykiss*). *Rev Sci Eau J Water Sci* **22**: 103–113
- Wirza R, Nazir S** (2021) Urban aquaponics farming and cities- a systematic literature review. *Rev Environ Health* **36**: 47–61

## ANNEXES

### ANNEXE I | Liste des descripteurs pour chaque produit

	<b>SALADE</b>	<b>TRUITE</b>	<b>FRAISE</b>
<b>VISUEL</b>	Intensité du vert	Intensité du rose	Intensité du rouge
	/	/	Brillance
<b>TEXTURE</b>	Croquante	Tendre	Ferme
	Aqueuse	Grasse	Juteuse
<b>GOÛT</b>	Amer	Métallique	Acide
	/	Terreux	Sucré

ANNEXE II | Plan de dégustation du test triangulaire de la salade obtenu par le logiciel Fizz

Juges	N	C1	C2	C3	R1	R2	R3	P1	P2	P3
61	1	216	627	38	1	2	2	P1	P2	P2
62	2	627	38	216	2	2	1	P2	P2	P1
63	3	627	79	216	2	1	1	P2	P1	P1
64	4	79	38	216	1	2	1	P1	P2	P1
65	5	79	216	627	1	1	2	P1	P1	P2
66	6	38	79	627	2	1	2	P2	P1	P2
67	7	38	627	216	2	2	1	P2	P2	P1
68	8	79	216	38	1	1	2	P1	P1	P2
69	9	627	79	38	2	1	2	P2	P1	P2
70	10	216	627	38	1	2	2	P1	P2	P2
71	11	79	627	216	1	2	1	P1	P2	P1
72	12	38	79	216	2	1	1	P2	P1	P1
73	13	627	79	38	2	1	2	P2	P1	P2
74	14	627	216	79	2	1	1	P2	P1	P1
75	15	216	79	38	1	1	2	P1	P1	P2
76	16	216	627	38	1	2	2	P1	P2	P2
77	17	627	38	79	2	2	1	P2	P2	P1
78	18	216	627	79	1	2	1	P1	P2	P1
79	19	38	216	627	2	1	2	P2	P1	P2
80	20	79	38	216	1	2	1	P1	P2	P1
81	21	79	216	627	1	1	2	P1	P1	P2
82	22	79	38	627	1	2	2	P1	P2	P2
83	23	38	216	79	2	1	1	P2	P1	P1
84	24	627	38	216	2	2	1	P2	P2	P1
85	25	627	38	79	2	2	1	P2	P2	P1
86	26	216	627	79	1	2	1	P1	P2	P1

ANNEXE III | Extraits du questionnaire du test triangulaire de la salade créé sur le logiciel Fizz

### Test triangulaire

Vous allez réaliser trois tests triangulaires successifs dans lesquels vous dégusterez salades, truites et fraises.

Pour chaque test, vous avez trois échantillons à déguster dans l'ordre indiqué. Parmi ceux-ci, deux sont semblables et un est différent. **Indiquez l'échantillon que vous percevez comme différent. Même si vous n'êtes pas sûr.e, vous devez faire une proposition.**

Entre chaque test, merci de vous rincer la bouche. Vous pouvez également manger un cracker si le goût est persistant.

Appuyez sur bouton suivant pour passer à l'écran suivant.

### Test triangulaire n° 1

Indiquez le produit que vous percevez comme différent des deux autres.

216     627     038

**DESOLE !**

Vous n'avez pas trouvé la bonne réponse.  
La tasse qui contenait l'échantillon unique était la n°

216

**BRAVO !**

Vous avez trouvé la bonne réponse.

## ANNEXE IV | Extraits du questionnaire du test d'analyse descriptive de la truite créé sur le logiciel Fizz

### Test sensoriel

Vous allez réaliser trois tests sensoriels successifs dans lesquels vous dégusterez truites, salades et fraises.

Nous vous proposons de déguster deux produits différents et de nous donner votre avis sur leur qualité gustative. Veuillez déguster chaque produit et évaluer l'intensité du descripteur indiqué sur l'échelle en commençant par le produit 1 puis le produit 2. **Attention l'ordre de dégustation est important.**

#### Pendant la séance de dégustation :

- Ne pas parler pour ne pas influencer les autres ou les distraire
- Attendre environ 10 secondes après avoir avalé le produit
- Attendre une minute avant de passer à la dégustation d'un autre produit
- Toujours prendre la même quantité de produit pour juger de l'intensité de la perception
  - Procéder de la même façon pour chaque échantillon
- Signaler un problème de santé (rhume, sinusite...) qui pourrait gêner la perception

#### Entre chaque échantillon :

- Bien se rincer la bouche tant que les arrières goûts persistent (verre d'eau à disposition)
  - Mangez un crackers si le goût du produit est persistant
  - Sentez le creux de votre coude

Appuyez sur bouton suivant pour passer à l'écran suivant.

### Profil sensoriel

Veuillez prendre l'échantillon :  
190

Ne le déguster pas pour l'instant, aller sur l'écran suivant pour avoir les consignes.

### Profil visuel

Veuillez regarder sa couleur sans le déguster.

Merci de noter l'intensité perçue pour chacun des descripteurs, en allant de gauche (le moins intense) à droite (le plus intense)

Intensité du rouge

Pas du tout intense Vraiment très intense

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

190

Brillance

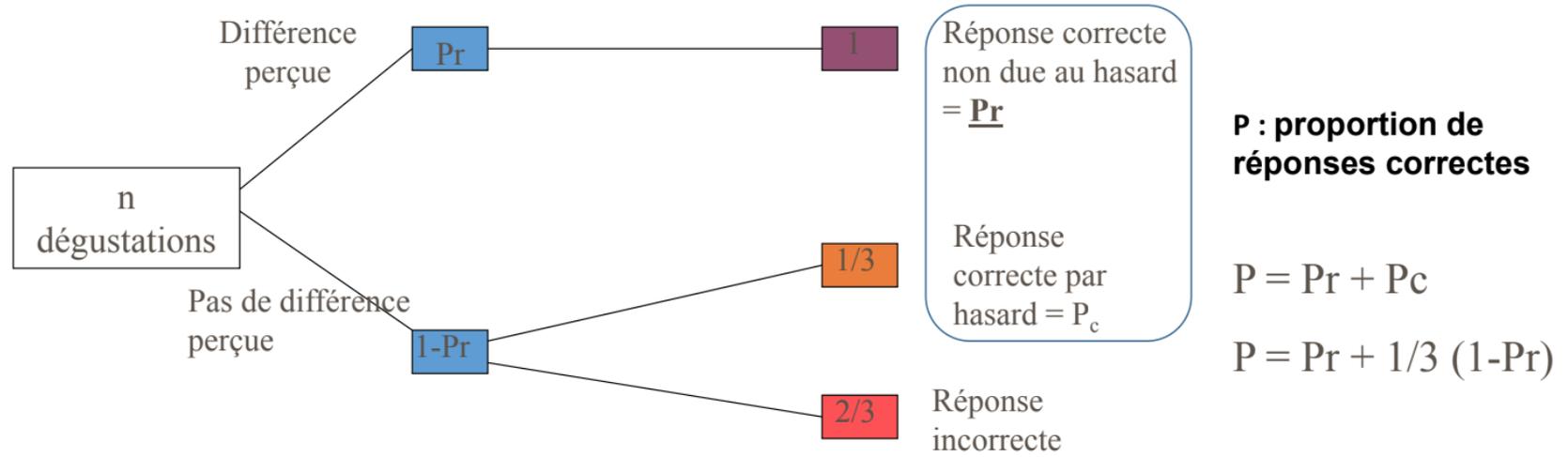
Pas du tout intense Vraiment très intense

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

**ANNEXE V | Détails des calculs des masses des produits pour les extraits secs**

		Masse cupule vide (Mc)	Masse cupule aliments frais (Mch)	<b>Mh réelle</b> <b>(Mch-Mc)</b>	Masse cupule + aliments secs (Mcs)	<b>Ms réelle</b> <b>(Mcs-Mc)</b>	Quantité d'eau Meau= Mh-Ms	% EAU
Fraises conventionnelles	fc1=135	78,845 9	79,644 7	<b>0,798 8</b>	78,919 6	<b>0,073 7</b>	0,725 1	90,77
	fc2=164	87,715 9	89,178 4	<b>1,462 5</b>	87,829 5	<b>0,113 6</b>	1,348 9	92,23
	fc3=27	87,504 8	89,003 2	<b>1,498 4</b>	87,626 4	<b>0,121 6</b>	1,376 8	91,88
Fraises aquaponiques	faq1=89	86,23	87,948 7	<b>1,718 7</b>	86,336 2	<b>0,106 2</b>	1,612 5	93,82
	faq2=148	84,109 2	85,747 4	<b>1,638 2</b>	84,300 2	<b>0,191</b>	1,447 2	88,34
	faq3=130	69,253 7	70,818 5	<b>1,564 8</b>	69,368 7	<b>0,115</b>	1,449 8	92,65
Laitue conventionnelle	Lc1=17	88,212 3	90,624 7	<b>2,412 4</b>	88,347	<b>0,134 7</b>	2,277 7	94,42
	Lc2=19	85,730 7	87,049 6	<b>1,318 9</b>	85,803 4	<b>0,072 7</b>	1,246 2	94,49
	Lc3=118	109,628	111,141 7	<b>1,513 7</b>	109,712	<b>0,084</b>	1,429 7	94,45
Laitue aquaponique	Laq1=201	110,565 9	113,141 7	<b>2,575 8</b>	110,680 1	<b>0,114 2</b>	2,461 6	95,57
	Laq2=150	90,389 7	92,053 5	<b>1,663 8</b>	90,460 5	<b>0,070 8</b>	1,593	95,74
	Laq3=202	105,303 7	106,450 6	<b>1,146 9</b>	105,354 5	<b>0,050 8</b>	1,096 1	95,57

ANNEXE VI | Détails des calculs du nombre de personnes ayant réellement perçu une différence aux tests triangulaires. (D'après le cours d'Amélie DEGLAIRE).



Annexe VII | Analyse de variance réalisée sur chacun des descripteurs de la truite obtenue sur R.

### Analysis of Variance Table

Response: Note

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Juges	14	47.200	3.371	1.2826	0.32390
Rose	1	2.700	2.700	1.0272	0.32802
Residuals	14	36.800	2.629		
Juges1	14	79.867	5.705	2.3583	0.06011 .
Tendre	1	0.133	0.133	0.0551	0.81778
Residuals1	14	33.867	2.419		
Juges2	14	40.667	2.905	1.7941	0.14303
Gras	1	3.333	3.333	2.0588	0.17329
Residuals2	14	22.667	1.619		
Juges3	14	51.867	3.705	0.8475	0.61941
Metal	1	0.300	0.300	0.0686	0.79716
Residuals3	14	61.200	4.371		
Juges4	14	32.800	2.343	0.3436	0.97259
Terreux	1	32.033	32.033	4.6976	0.04794 *
Residuals4	14	95.467	6.819		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Annexe VIII | Analyse de variance réalisée sur chacun des descripteurs de la salade obtenue sur R.

## Analysis of Variance Table

Response: Note

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Juges	14	38.667	2.7619	0.7005	0.7430
Vert	1	4.800	4.8000	1.2174	0.2885
Residuals	14	55.200	3.9429		
Juges1	14	47.467	3.3905	0.6426	0.7909
Croquant	1	2.133	2.1333	0.4043	0.5351
Residuals1	14	73.867	5.2762		
Juges2	14	44.867	3.2048	0.7276	0.7202
Aqueux	1	0.833	0.8333	0.1892	0.6702
Residuals2	14	61.667	4.4048		
Juges3	14	59.800	4.2714	0.5317	0.8752
Amer	1	12.033	12.0333	1.4979	0.2412
Residuals3	14	112.467	8.0333		

Annexe IX | Analyse de variance réalisée sur chacun des descripteurs de la fraise obtenue sur R.

Analysis of Variance Table

Response: Note

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Juges	4	4.6	1.15	1.3529	0.38834
Rouge	1	0.1	0.10	0.1176	0.74887
Residuals	4	3.4	0.85		
Juges1	4	5.6	1.40	0.4828	0.75102
Brillance	1	6.4	6.40	2.2069	0.21158
Residuals1	4	11.6	2.90		
Juges2	4	1.4	0.35	0.1556	0.95051
Ferme	1	10.0	10.00	4.4444	0.10270
Residuals2	4	9.0	2.25		
Juges3	4	17.6	4.40	2.2000	0.23193
Juteux	1	10.0	10.00	5.0000	0.08901 .
Residuals3	4	8.0	2.00		
Juges4	4	7.4	1.85	1.6087	0.32818
Acide	1	14.4	14.40	12.5217	0.02404 *
Residuals4	4	4.6	1.15		
Juges5	4	2.6	0.65	1.0000	0.50000
Sucre	1	4.9	4.90	7.5385	0.05161 .
Residuals5	4	2.6	0.65		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1