

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de TIZI- OUZOU



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité

Thème

**Développements biotechnologiques de
sources alternatives aux protéines
animales dans l'alimentation humaine**

Présenté par : Mlle KHELOUAT Dyhia

Devant le jury

Président : Mr SIFER Kamel

Maitre-assistant classe A à l'UMMTO.

Promoteur : Mr OUELHADJ Akli

Professeur à l'UMMTO.

Examineur : Mr BENGANA Mohamed

Maitre de conférences classe B à l'UMMTO.

2020/2021

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

*À mes parents qui m'ont soutenu tout le long de mon parcours, m'ont encouragé et qui
sont la raison de mon succès.*

À mon chère frère Massi et ma chère sœur Lynda.

*À toute ma famille, et tout particulièrement mon cousin Samir KHELLOUAT, Yazid
KHELLOUAT et ma cousine Thanina KHELLOUAT.*

*À mes ami(e)s et proches Melissa RACHEDI, Katia RAMMAN, Sarah
BOURAS.*

*À Mohamed CHAOUCHI qui m'a aidé et qui m'a soutenu moralement tout le long
du processus.*

À mes enseignants sur tout le long de mon parcours scolaire.

*Et toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'achèvement de ce modeste
travail.*

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier mon promoteur **Mr OUELHADJ Akli** d'avoir accepté d'encadrer ce travail, et de m'avoir suivi et conseillé et cela de manière rigoureuse.*

*Ensuite, merci aux membres du jury dont le président **Mr STZER** et examinateur **Mr BENGANA** d'avoir accepté d'examiner et juger ce travail.*

J'adresse aussi de vifs remerciements à tous les enseignants pour leur patience et leur vigueur tout au long de ces années et celèrent malgré les circonstances difficiles et la pression des conditions de travail auxquelles ils ont du faire face.

Je remercie ainsi mes camarades de section et autres personnes ayant aidé de près ou de loin à l'achèvement de ce travail.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction	1
Chapitre 1 : Les avantages d'une transition vers les protéines alternatives	3
1. Introduction	3
2. Intérêt environnementale	4
3. Intérêt sanitaire	7
4. Intérêt pour la sécurité alimentaire	8
5. Intérêt éthique	9
Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives	12
1. Introduction	12
2. Protéines d'algues	13
3. Protéines d'origine unicellulaire (POU) (Single Cell Proteins SCP)	18
3.1. Historique	18
3.2. Intérêt	19
3.3. Micro algues	20
4. Protéines d'insectes	22
5. Viande in vitro	25
5.1. Historique	25
5.2. Environnement	26
5.3. Santé	28
Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine	29
1. Introduction	29
2. Types de produits commercialisées	30
2.1. Viande végétale de substitution	30
2.2. Viande cultivée	37
2.3. Lait de substitution	40
2.4. Œuf de substitution	41
Chapitre 4 : Perception des consommateurs et acceptation sociale des nouveaux produits mis sur le marché	42
1. Introduction	42
2. Perception des consommateurs et acceptation sociale des nouveaux produits mis sur le marché	42
3. Conclusion	45
Conclusion générale	46
Références bibliographiques	47

Liste des tableaux

- Tableau I:** Taux de protéines de certaines algues consommées comme aliments dans l'alimentation humaine 15
- Tableau II:** Composition en acides aminés de certaines algues comparés à l'Ovalbumine et les protéines de légumineuses (en g d'acides aminés/100g de protéines)..... 16
- Tableau III:** Le taux de protéines de certaines micro algues (g /100g de matière sèche)..... 21
- Tableau IV:** Aperçu simplifié des moteurs les plus pertinents de l'acceptation par les consommateurs des différentes protéines alternatives 43

Liste des figure

<i>Figure 1 : Les 20 premières entreprises de viande et de produits laitiers combinées émettent plus d'ESG à effet de serre que l'Allemagne, le Canada et l'Australie, le Royaume-Uni ou la France.....</i>	<i>6</i>
<i>Figure 2 : Estimation des changements d'utilisation des terres advenus entre 1700 et 1995.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 3 : Nombre enregistré d'espèces d'insectes comestibles par pays.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 4 : Comparaison de l'apport d'énergie primaire, des émissions de gaz à effet de serre (GES), de l'utilisation des terres et de l'utilisation de l'eau de la production de viande d'élevage avec du bœuf, du mouton, du porc et de la volaille européens produits de manière conventionnelle par 1000 kg de viande comestible en pourcentage des impacts du produit avec l'impact le plus élevé dans chaque catégorie d'impact.....</i>	<i>27</i>
<i>Figure 5 : Structure de l'hème b.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 6 : Chiffre d'affaire prévisionnel du marché de la viande et de ses substituts, en milliards de dollars.....</i>	<i>36</i>
<i>Figure 7 : Prototype de bioréacteur proposé pour la fabrication de la viande de culture.....</i>	<i>38</i>

Liste des abréviations

BI : Bloomberg Intelligence.

FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

FDA: Food and Drug Administration.

GHG : Greenhouse Gases. (Gazes à effet de serre)

OCNI : Objet Comestibles Non Identifiés.

OGM : Organismes Génétiquement Modifiés.

ONG : Organisation Non Gouvernementale.

POU : Protéines d'Origine Unicellulaires.

SCP : Single Cell Proteins.

SFA : Singapour Food Agency.

Introduction

Introduction

Les protéines sont un groupe de nutriments essentiel pour le bon fonctionnement de l'organisme. Elles constituent le troisième groupe de macronutriments dont l'organisme a besoin aux côtés des lipides et glucides. Elles jouent un rôle dans la structure de tous les tissus qui constituent l'organisme et sont l'unité de base dans la composition des hormones, enzymes neurotransmetteurs et anticorps. Elles représentent la masse maigre du corps, contrairement aux lipides qui constituent la masse grasse du corps.

Les acides aminés sont les unités de base des protéines, ils sont très riches en azote et sont la principale source de cet élément pour le corps humain. Il y en a au total 20 dont 11 peuvent être synthétisés par le corps, les 9 restants sont apportées par le billet de l'alimentation. Ce sont les acides aminés essentiels : Histidine, Isoleucine, Leucine, Valine, Lysine, Méthionine, Phénylalanine, Thréonine et Tryptophane.

En alimentation conventionnelle on juge la qualité biologique protéique d'un aliment par son taux d'acides aminés essentiels qu'il peut apporter à l'organisme et leur taux de digestion par le corps. Suivant ce critère, les protéines d'origine animale sont largement vantées car les produits d'origine animale contiennent des protéines qui ont un équilibre parfait en termes d'acides aminés essentiels. En addition à leur digestibilité légèrement supérieure à celle des protéines végétales, ce sont des protéines complètes. Elles sont présentes dans la viande, le poisson, les œufs et le lait.

On estime les besoins d'un adulte en protéines à 50-80g par jour dont 1/3 d'origine animale (Sawicka et Umachandran, 2020). Cette demande en protéines est rarement atteinte dans certains pays du tiers monde et cela est dû à la mal nutrition et la pauvreté, particulièrement pour les pays instables politiquement et avec un très bas rendement agricole, combiné à la surpopulation, il devient difficile d'atteindre la sécurité alimentaire avec les moyens conventionnels.

Introduction

Récemment des recherches scientifiques portant sur les effets des viandes rouges sur la santé ont démontré que ce groupe d'aliment est à l'origine de nombreux problèmes de santé. Ajouté aux problèmes de sécurité alimentaire et de santé que présente l'industrie de la viande le problème environnementale et économique. Cela a causé un intérêt dans la recherche pour trouver des alternatives possibles aux sources de protéines conventionnelles, et un possible début de transition vers un nouveau système alimentaire qui pourrait soulager cette industrie de la pression qu'elle subit, cette transition n'est encore qu'au stade primaire. L'impact et l'étendue de l'intérêt de cette transition sont encore que vaguement connues et ses aspects sont sujets de recherches submergeantes. Un intérêt et attention particulièrement grandissante au sujet des différentes solutions proposées jusque-là et de leur potentiel individuel. Une des questions posée est celle de l'acceptation sociale de ces nouveaux produits et de ce nouveau système.

Ce travail de recherche bibliographique tentera de faire une introduction générale au sujet et répondre aux questions autour de l'intérêt économique, environnemental et sanitaire de cette transition. La réponse sociale obtenue jusque-là avec les produits déjà commercialisés et l'évolution possible dans le temps de cette réponse.

Chapitre 1 : Les avantages d'une transition vers les protéines alternatives

1. Introduction

La transition vers un système alimentaire avec des sources alternatives de protéines est bénéfique sur plusieurs aspects et même nécessaire pour pouvoir suivre l'augmentation démographique mondiale en matière de sécurité alimentaire et disponibilité des nutriments. Cela pourrait minimiser certaines conséquences négatives qui sont le résultat d'un système alimentaire dépendant de l'élevage intensif et de la consommation excessive des viandes rouges dans certains cas et une consommation insuffisante dans d'autres cas, et alléger le poids d'une unique source de protéines animales en diversifiant les possibilités et en rendant ce nutriment plus disponible pour les populations les plus démunies. Etant donné que le problème est complexe et est lié à plusieurs facteurs causales, il ne peut subsister qu'une seule solution, il s'agit plutôt d'un ensemble de possibilités proposées qui peuvent individuellement participer à l'allègement de ce problème. C'est pour cela que plusieurs innovations ont été proposées et chacune d'entre elles peut efficacement contribuer en tant que pont vers un système alimentaire efficace et durable qui profite à toutes les tranches de la société et la population mondiale dans son ensemble sans qu'il y ait de disparité liée aux moyens et à la richesse et donc rendre l'aliment plus accessible et moins coûteux.

Cependant, il est important de noter que les problèmes liés aux protéines animales ne sont pas tous dus au fait même de consommer de la viande ou autres aliments d'origine animale, dans certains cas le problème vient des pratiques problématiques des élevages intensifs, et il est important de ne pas faire d'amalgame avec les élevages plus traditionnels, qui eux ont un impact négatif très réduit sur l'aspect environnementale, sanitaire ou éthique. Le problème peut aussi découler du système alimentaire déséquilibré d'un pays donné dont la consommation de viande est excessive, comme le cas des Etats Unis ou les habitudes des consommateurs entraînent des problèmes de santé tel que l'obésité et les maladies cardiovasculaires. Un système basé sur les élevages plus traditionnels et éthiques et les habitudes alimentaires bien contrôlées est un système idéal qu'il faudrait viser plutôt que l'éradication entière de la consommation de viande ou l'adoption d'un modèle alimentaire uniquement centré sur les produits d'origine végétale.

2. Intérêt environnementale

Depuis les années 80, la consommation de viande n'a pas arrêté d'augmenter, on parle d'une augmentation de pas moins de 500% entre 1992 et 2016, la nature nutritive de cet aliment en fait un composant essentiel dans l'alimentation humaine, il contribue de 58% à l'apport en protéines dans l'alimentation (28g de protéines/personne/jour) et tout particulièrement l'augmentation de la consommation de viande rouge dont la production impacte très fortement l'environnement. De manière générale, les élevages ont un impact très considérable sur l'environnement et ce sous différents plans et de manière directe ou indirecte, les scientifiques recherchent activement des solutions et plans d'action pour diminuer cet impact (González ,2020).

Parmi les conséquences négatives de l'industrie de la viande, il y a les méfaits sur l'environnement, les chiffres montrent que l'élevage de bétail est l'un des secteurs agricoles qui a eu le plus d'impact sur l'environnement de différentes manières, notamment le rejet de gaz à effet de serre qui est de l'ordre de 23%. Selon la FAO, en plus de 10 milliards de tonnes éq CO₂ sont émis exclusivement par les activités agricoles et forestières, dont 5 milliards sont exclusivement émis par les cultures et élevages qui rejettent deux principaux gaz à effet de serre différents: le Méthane (CH₄) qui, 28 fois plus polluant que le CO₂ est émis par flatulences dues à la fermentation entérique des bovins, les déjections animales et les rizières. Le protoxyde d'azote (N₂O) est 310 fois plus réchauffant que le CO₂ est quant à lui est dû aux engrais artificiels, si on ajoute à cela l'émission d'ammoniac (NH₃) d'origine anthropique (65%) responsable entre autre aux pluies acides et acidification des écosystèmes, et le CO₂ émis par les tracteurs et autres engins agricoles qui servent à cultiver ces grandes surfaces destinées à l'alimentation du bétail et autres moyens de transport servant aux déplacements des cheptels et de leur alimentation, on peut en déduire que les élevages intensifs et les pratiques qui y sont liés sont largement parmi les secteurs agricoles les plus émetteurs de gaz à effet de serre (FAO,2014). Cependant, il est important de noter que le problème des émissions de gaz à effet de serre dû à l'industrie de la viande ne concerne qu'une poignée de pays : les Etats unis d'Amérique, le Canada, l'Union Européenne, l'Australie, la nouvelle Zélande et l'Argentine. Ce groupe est nommé « surplus protéines » étant les plus grands producteurs de viande en surplus et les plus grands consommateurs, à

Chapitre 1 : Les avantages d'une transition vers les protéines alternatives

eux seuls, ils représentent 43% des émissions totales de gaz à effet de serre issus de l'industrie des aliments d'origine animale, il est donc primordiale d'attirer l'attention sur l'origine du problème avant de généraliser la responsabilité (Grain ,2018).

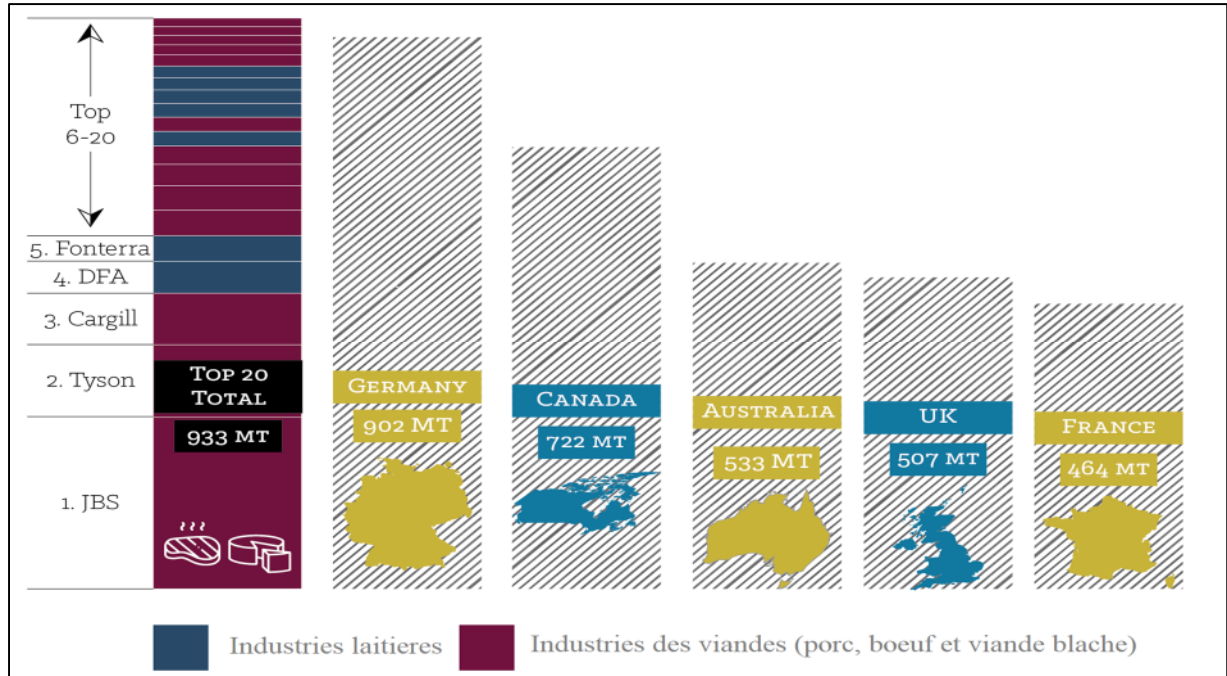


Figure 1 : Les 20 premières entreprises de viande et de produits laitiers combinées émettent plus d'ESG à effet de serre que l'Allemagne, le Canada et l'Australie, le Royaume-Uni ou la France (GRAIN et IATP "greenhouse gas emission" 2018)

Autre que le problème des rejets de gaz à effet de serre, l'industrie de la viande pose aussi problème pour ce qui est de l'utilisation des terres, que ce soit les terres arables pour la production de l'aliment pour bétail ou les terres émergées utilisées exclusivement pour les pâturages, en effet 33% des terres arables disponibles sont utilisées pour la production fourragère et 26% des terres émergées et libres de glaces sont occupées par les pâturages, et au totale, 70% des terrains agricoles et 30% de la surface de la planète sont occupés par les élevages. Ce besoin grandissant en terres de culture pour les espèces de céréales et autres types d'espaces destinées à l'alimentation de bétail à avoir recours au déboisement des espaces forestiers fertiles et larges au dépend de la biodiversité. Cette conversion des forêts en espaces cultivables agricoles est de l'ordre de 13 milliards d'hectares chaque année. La déforestation de masse représente un élément parmi d'autres qui impacte directement et de manière intense au réchauffement climatique en diminuant les espaces de filtration naturelle de l'air (Grain, 2018).

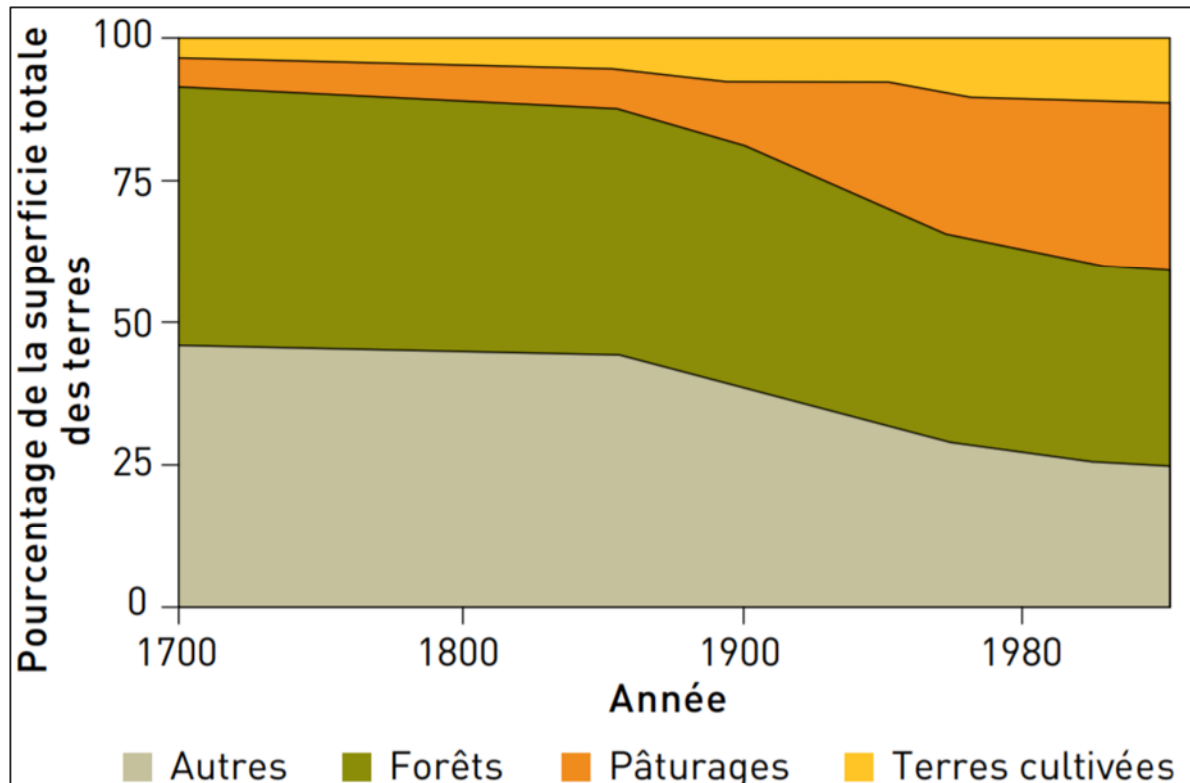


Figure 2 : Estimation des changements d'utilisation des terres advenus entre 1700 et 1995 (Goldewijk et Battjes (1997))

L'eau utilisée pour les élevages et principalement l'irrigation des cultures fourragères représente près de 8% de l'eau prélevée pour l'utilisation humaine au niveau mondial. Le secteur de l'élevage est l'un des plus grands pollueurs sectoriels d'eau. Les déchets d'origine animale, les antibiotiques, les hormones et autres produits chimiques destinés au maintien des populations animales en plus des pesticides et engrais destinés aux cultures fourragères se retrouvent systématiquement dans les circuits d'eau et entraînent de sérieuses conséquences environnementales et sanitaires, dont l'apparition de résistances antibiotiques, l'endommagement des écosystèmes marins et à l'eutrophisation.

les ONG internationales et les autorités ont tiré la sonnette d'alarme en pointant du doigt spécifiquement les élevages intensifs, et ont mis l'accent sur la nécessité de trouver des solutions durables et à long terme pour contrer à ce problème, notamment en baissant la consommation de viande de certaines populations et de passer à un système alimentaire qui

fait l'addition entre alimentation conventionnelle et nouvelles méthodes alternatives qui aideront à rééquilibrer le système alimentaire et passer à une industrie plus Eco responsable et durable.

3. Intérêt sanitaire

En 2015, l'agence internationale pour la recherche contre le cancer a déclaré que la viande rouge était probablement cancérigène et augmentait le taux de risque de cancer chez certains groupes de la population (Circ ,2015). Par la suite, cela a été officiellement prouvé par une recherche épidémiologique que la viande rouge augmente les risques de cancer de la prostate, cancer des seins et cancer colorectal (Domingo et Nadal, 2017), de ce fait plus de recherches comparatives ont été conduites sur des groupes végétarien /pescétarien face à des groupes qui consomment la viande pour révéler une différence non négligeable en terme de prédisposition cancer, en concluant que les régimes végétariens ou pescétariens conféraient une certaine protection contre les cancers qui touchent les deux sexes ainsi que les cancers qui touchent plus largement le sexe féminin (Gilsing *et al.*, 2015). D'autres études ont trouvé que le risque d'hépatite cellulaire augmente de 84% avec une consommation plus importante de viande rouge contrairement à la consommation de viandes blanches qui augmente le risque qu'à 39% (Ma *et al.*, 2019).

Les risques qui proviennent de la consommation de viande viennent de différents facteurs, à commencer par la pollution des viandes par des polluants chimiques tel que le PCDD/FS ,PCB, PBDs ,PCNs, etc. qui proviennent de différents facteurs tel que l'alimentation des animaux polluée par des pesticides, des conservateurs et autres agents chimiques ajoutée lors de leur culture, ou de prévenance médicamenteuse des traitements administrés aux animaux à des fins thérapeutiques tel que les antibiotiques. Ces polluants chimiques qui pour la plupart sont liposolubles ont une affinité particulière avec la graisse dans les viandes rouges qui aide à les solubiliser. Cette même graisse est aussi vectrice de risques de maladies cardiovasculaires et les problèmes de surpoids et obésité chez les populations qui consomment la viande rouge en plus grande quantité et de manière plus régulière.

Outre le risque de cancer, il existe d'autres études qui se concentrent sur le rôle de la consommation de viande dans le développement d'autres maladies, telles que les maladies métaboliques, qui peuvent également être augmentées par la consommation de viande rouge (Tantamango-Bartley *et al.*, 2013).

4. Intérêt pour la sécurité alimentaire

Selon la FAO (2009), il sera nécessaire d'augmenter la production alimentaire globale de 70% d'ici 2050 pour pouvoir nourrir les 9 milliards d'habitants. Cette augmentation se fera de 90% dans les pays en voie de développement qui seront les premiers touchés par la faim et la mal nutrition, et 80% se fera dans les pays développés. Cette augmentation démographique mondiale mettra en épreuve le système alimentaire actuel qui n'arrive pas à suivre cette évolution frénétique et subvenir aux besoins croissants en matière de nutrition, que ce soit sur le plan quantitatif et qualitatif et cela est principalement dû aux lacunes concernant la distribution inégale des ressources alimentaire.

Actuellement, plusieurs régions du globe sont sujettes aux crises alimentaires notamment dans les pays en voie de développement, cet état est dû à plusieurs facteurs fragilisant dont l'instabilité des productions agricoles conséquence du réchauffement climatique, ou tout simplement la non disposition des terres à l'agriculture et à l'élevage. Ce non disponibilité alimentaire entraîne une carence nutritionnelle (acides aminés essentiels, vitamines et minéraux ...) chez les populations les plus vulnérables, on estime d'ailleurs le nombre d'individus touchés par cette carence à 2milliards et ce chiffre et revu à la hausse avec l'augmentation de la démographie et la raréfaction des ressources alimentaires (FAO, 2020).

Il est aussi important de noter que le changement positif du niveau de vie et du pouvoir d'achat de certains pays émergents tel que la Chine, le Brésil et l'Inde a un impact non négligeable sur la demande en matière de produits d'origine animale (lait , viandes ...), il résulte de ce phénomène de hausse de la demande une nécessité d'augmentation encore plus élevée de la production agricole destinée exclusivement à l'alimentation du bétail, notamment la requête en céréales, tubercules, et protéagineux. Cependant, les terres agricoles disponibles sont très limitées et l'augmentation du rendement ne peut se faire qu'au dépit de L'environnement, soit en augmentant la rendement par m² en utilisant des méthodes plus au moins nocives tels que les produits phytosanitaires ou la sur utilisation des espèces (OGM),

ou bien en augmentant la surface de production agricole en ayant recourt à la déforestation. Ces alternatives ne sont pas durables, elles soulèvent d'autres problèmes plus importants liés à l'environnement ou à la sécurité sanitaire des aliments.

L'augmentation de la population mondiale additionnée à la fragilité du système alimentaire et le fardeau environnementale que subissent plusieurs régions du globe entraine une sérieuse inquiétude concernant le devenir des ressources alimentaires disponibles actuellement qui ne suffiront pas à garantir une alimentation saine et suffisante et encore moins de qualité satisfaisante et ne pourra pas suivre ce changement ou du moins pas de manière durable et optimale. L'enjeu est donc d'augmenter la production alimentaire et optimiser les différentes sources sans augmenter les surfaces agricoles utilisées qui sont déjà insuffisantes et les ressources utilisées dans la production, cela va forcer un changement brusque et radicale dans les habitudes alimentaires et encouragera toute initiative d'innovation en matière agroalimentaire particulièrement des alternatives durables, moins coûteuses et moins risquées à mettre en place et qui peuvent soulager le fardeau que subit le système alimentaire actuel.

5. Intérêt éthique

Depuis quelques décennies, de nouvelles tendances dans les habitudes de consommation sont apparues chez les populations les plus aisées, de nouveaux critères touchants l'éthique de fabrication des produits alimentaires, tout particulièrement l'éthique touchant la production de viande et autres produits d'origine animale. Ce souci du bien être animale, les conditions de vie, l'alimentation, les pratiques visant à décupler les rendements ou encore les conditions d'abattage vient principalement d'une prise de conscience concernant les protocoles peu traditionnels et éthiques des élevages intensifs, des abattoirs et autres industries de produits d'origine animale. En effet, les consommateurs se retrouvent scandalisés et choqués par les images qui leur sont diffusées par des associations et ONG pour la protection des animaux dans le but de faire bouger la conscience collective et de changer certaines de ces pratiques pour améliorer les conditions de vie de ces animaux. Parmi les associations s'occupant de dénoncer les pratiques non éthiques, on retrouve L214, une association d'origine française qui

Chapitre 1 : Les avantages d'une transition vers les protéines alternatives

a eu une très grande influence sur la prise de conscience à travers des vidéos choquantes tournées dans les abattoirs et les élevages montrant des scènes d'extrême violence. Ces images ont vite été partagées dans les médias et ont été l'origine de beaucoup de scandales qui ont touchés des industries ces se sont retrouvé dans l'obligation de changer radicalement leur méthodes pour calmer la colère des consommateurs, et même dans certains cas fermer définitivement sous la pression de l'opinion publique et des autorités en charge de la protection des bonnes pratiques d'élevage. L'influence et le choix du consommateur jouent un rôle fondamentale dans les sanctions que reçoivent les différents maillons de la chaîne de production et distribution, si les distributeurs se rendent compte que le choix du consommateur et aussi influencé par l'aspect éthique de leurs produits et se fient aux labels et certifications de bonnes pratiques d'élevage, ils seront dans l'obligation d'exiger de leur fournisseurs un contrôle visant à réguler toutes les méthodes employés sur toutes les parties de la production .

Récemment, des initiatives entreprises par les associations en collaboration avec les producteurs et les parties prenantes ont permis de mettre en place des encadrements normatifs qui permettent aux éleveurs et entreprise de production de produits d'origine animales de mieux Controller leur aspect éthique et de répondre à la demande des consommateur, parmi ces initiatives il y a la mise en place d'un étiquetage « bien-être animal » crée par *casino* pour mettre en avant les fournisseurs qui proposent des produits qui respectent les 230 critères de références pour cette labellisation.

Cependant, un autre problème survient suite à ces mesures et exigences, les producteurs et industriels expliquent que leur production se voit ralentie à cause de ce renforcement de mesures éthiques, en effet, l'élevage et production à échelle industrielle est incompatible avec bonnes pratiques d'élevage et bien être animale. Si on met en priorité l'aspect éthique plus traditionnelles des petites entreprises et élevages, cela se fera qu'au dépend des élevages intensifs et de la production en masse et la valorisation de ces pratiques diminuera la quantité en faveur de la qualité, par conséquence cela va directement influencer sur la disponibilité des produits d'origine animale sur le marché et influencera sur les prix des produits.

Parmi les solutions proposées, le changement progressif des tendances alimentaires. En effet, l'alimentation végétale fait partie des possibilités proposées pour entamer un changement plus radicale qui se fera dans le future et qui a déjà commencé pour remettre un équilibre dans les industries des produits d'origine animale, si la consommation de substituts

Chapitre 1 : Les avantages d'une transition vers les protéines alternatives

de viande et lait à base végétale augmente. Cela pourrait soulever le poids de la demande sur les produits animale et cet allègement de la demande donnera l'opportunité de prioriser le bien être animale que la quantité de production et donc de passer à une industrie plus éthique et moins axée sur la performance de rendement mais sur la satisfaction des exigences en matière de bonnes pratiques d'élevage.

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

1. Introduction

La valeur biologique d'une protéine se traduit par le taux des différents acides aminés qu'elle contient et particulièrement celle des 9 acides aminés essentiels en plus de leur capacité à la digestion. Ces deux particularités sont les critères importants pour juger la qualité d'un aliment en terme de protéines, il est accepté de manière générale que les protéines d'origines animales sont idéales et par nature riches en acides aminés essentiels, facilement assimilables et sont donc à l'origine de la majorité de l'apport en acides aminés essentiels dans l'alimentation humaine et sont fortement prisées pour le taux de protéines en générale. Cela dit, les différents problèmes soulevés récemment par les scientifiques à propos de l'industrie de la viande mènent à s'intéresser à de nouvelles sources alternatives ou non conventionnelles d'où, soit on peut tirer des protéines de valeur similaire à celles de la viande ou à innover de manière à formuler des aliments communs avec des protéines de sources conventionnelles mais de manière à obtenir une valeur protéique finale similaire ou proche de celle de la viande et ensuite les intégrer à l'alimentation quotidienne des consommateurs .

Plusieurs recherches plus ou moins récentes s'intéressent de plus près à l'étude de la valeur protéique des aliments non conventionnels ou peu communs et étudient les possibilités de leur incorporation dans l'alimentation humaine de sorte à diversifier les sources d'apport en acides aminés essentiels, et possiblement, sortir de cette dépendance aux produits d'origines animale et particulièrement la viande et donc rendre les aliments protéinés plus accessibles par autre biais que la surproduction de viandes et l'intensification des élevages .

Actuellement, quelques possibles alternatives sont proposées et sérieusement étudiées, elles représentent en générale soit des aliments déjà consommés partiellement dans certaines régions du monde comme par exemple les algues et micro algues, les insectes et certains aliments d'origine végétale, soit pour d'autres des sources nouvelles développées par la biotechnologie et qui sont entièrement innovantes dont les protéines d'origines unicellulaire (POC) et les viandes in vitro. Ces dernières étant plus controversées chez les consommateurs à cause de la méfiance sur les possibles méfaits sur la santé et sécurité autour de leur production. Selon la commission européenne, d'ici 2054, 33% des protéines consommées dans le monde seront des protéines alternatives dont les algues qui représenteront 18% du marché et les insectes 11% du marché (Commission Européenne, 2018).

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

Ces nouvelles sources de protéines peuvent pour certaines être consommées en tant qu'aliment directement, ce qui est le cas des algues et des viandes in vitro, ou être des sources de protéines qu'on extrait et enrichi avec des aliments entièrement façonnés, tel que les substituts de viandes enrichis aux protéines d'insectes ou partiellement enrichis tel que le lait végétal enrichi en protéines. Le but des recherches autour des sources de protéines alternatives est d'aborder le problème de la faim et la malnutrition dans le monde et notamment le déficit protéique, la FAO et en donnant un chiffre officiel : 25% de la population mondiale avait un déficit de protéine dans le régime alimentaire journalier (FAO, 2018).

2. Protéines d'algues

Les algues sont des organismes vivants majoritairement aquatiques qui ne possèdent pas de feuilles, racines, graines, fleurs ou vaisseaux. On les retrouve sous forme d'eucaryotes, procaryotes (cyanobactéries) ou bien des végétaux proches des plantes terrestres (algues vertes). Elles sont chlorophylliennes donc ce sont des organismes autotrophes capables de se développer grâce à des éléments basiques qu'elles puisent de leur environnement : eau, CO₂, sels minéraux et l'énergie lumineuse (Cavalier-Smith, 2017).

Les différentes couleurs des macros algues ont servi à leur classification en 3 groupes taxonomiques: les algues rouges (*phéophycées*), algues brunes (*rhodophycées*) et algues vertes (*chlorophycées*), les différentes couleurs sont déterminées par les longueurs d'onde de lumière disponibles et absorbées dans la profondeur à laquelle se développe l'organisme.

Les micros algues sont des organismes unicellulaires et microscopiques. Les divisions les plus communes sont les *Bacillariophyta* (Diatomées), les *Chlorophycées* (Algues vertes), *chrysophytes* (chrysophycées) et les *cyanophycées* (algues bleues). Elles représentent un groupe de 200,000 espèces dont une grande partie est actuellement exploitées dans plusieurs secteurs tel que les biocarburants, la cosmétique ou encore le traitement des eaux usés.

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

Les algues font partie du régime alimentaire de plusieurs populations et plus spécifiquement les pays d'Asie qui consomment les algues depuis des millénaires, la Corée du sud étant en tête des pays les plus consommateurs d'algues avec 22,41kg/ personne /an en 2013 suivie par la Chine et le Japon (FAO, 2013). Dans les pays européens, elles ont été ponctuellement consommées lors des grandes crises de famine et de guerre. On remarque une très forte augmentation dans la culture des algues depuis les années 2000 et particulièrement

dans les pays du sud est du à leur climat idéal et la superficie des côtes peu profondes à forte exposition solaire qui sont des éléments idéals pour la culture de plusieurs espèces d'algues comestibles. Parmi les espèces de macro algues les plus consommées il y a le wakame (*undaria pinnatifida*), le nori (*pyropia tenera* ou communément appelé asakusanori) et enfin le kombu (*saccharina japonica*) (FAO, 2014).

La particularité des algues et leur intérêt réside principalement dans leur propriété nutritionnelle, elles attirent l'attention des scientifiques grâce, à entre autres, leur valeur protéique, tout particulièrement certaines espèces dont le taux de protéines et leur valeur biologique similaire aux taux retrouvés dans les sources de protéines conventionnelles tel que le lait, la viande et autres produits d'origine animale. Par ailleurs à cause des conditions extrêmes que subissent les algues dans leur environnement et à leur nature phototrope, les algues sont très souvent exposées à un stress oxydatif et radicalaire élevé, ce qui a par la suite poussé à des évolutions dans leur système de protection en synthétisant des pigments tel que le carotène, *phycobiliprotéines* et *chlorophylls*, et les *polyphenols* tel que les *flavonols*, les *phlorotanins*, ces molécules peuvent avoir un impacte positif sur la santé humaine.

Selon l'espèce, les algues peuvent contenir des taux de protéines différents. Les algues brunes ont les taux de protéines les plus bas de $3 \pm 15\%$ de la matière sèche, cependant la *Undaria pinnatifida* (Wakame) fait exception car elle contient un taux de protéines de 11%-24%. Les algues vertes ont des taux moyens de $9 \pm 26\%$ de matière sèche, les algues faisant partie du genre *Ulva* ont des concentrations de protéines entre 9%- 33% comme *Ulva pertusa* ou nori consommée au Japon ne contient pas moins de 26% de protéine de matière sèche. En fin les algues rouges ont les taux de protéines les plus élevés allant jusqu'à 47% de la matière sèche, ce qui est le cas de *Porphyra yezoensis*. Le taux de protéines de certaines espèces d'algues peut drastiquement varier en fonction de la saison, c'est le cas de *Palmaria*

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

palmata qui atteint son pique en mai (26%) et son taux le plus bas en septembre (7%) (Bleakley, 2017).

Tableau I : Taux de protéines de certaines algues consommées comme aliments dans l'alimentation humaine (Fleurence, 2018)

Algues	protéines (% de matière sèche)
<i>laminariadigitata (kombu)</i>	8.0-15.0
<i>Undaria pinnatifida (wakame)</i>	11.0-24.0
<i>Ulva lactuca (aonori)</i>	8.7-32.7
<i>Ulva pertusa</i>	17.5-26.0
<i>Palmariapalmata (dulse)</i>	8.0-35.0
<i>Porphyra tenera (Amanori laver)</i>	33.0-47.0
<i>Chondrus crispus (Irish moss)</i>	21.4

La teneur des protéines de certaines algues en acides aminés est comparable à celle des protéines des œufs ou encore le soja. Avec l'acide aspartique et glutamique étant essentiellement les plus présents dans la majorité des algues brunes et vertes tel que dans le *Fucus sp* (22% d'acide aspartique et 44% d'acide glutamique du totale des acides aminés), cependant en moindre quantité dans les espèces d'algues rouges.

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

Tableau II : Composition en acides aminés de certaines algues comparés à l'Ovalbumine et les protéines de légumineuses (en g d'acides aminés/100g de protéines) (Fleurence, 2018)

Acides aminés	<i>Laminaria digitata</i>	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Ulva armoricana</i>	<i>Ulva pertusa</i>	<i>Palmaria palmata</i>	<i>Porphyra tener</i>	Légumineuses	Ovalbumine
His	1.3	2.7	1.2-2.1	4.0	0.5-1.2	1.4	3.8-4.0	4.1
Ile	2.7	2.9	2.3-3.6	3.5	3.5-3.7	4.0	3.6	4.8
Leu	5.4	5.1	4.6-6.7	6.9	5.9-7.1	8.7	7.3	6.2
Lys	3.7	4.3	3.5-4.4	4.5	2.7-5.0	4.5	6.4-6.5	7.7
Met	1.6	2.0	1.4-2.6	1.6	2.7-4.5	1.1	1.2-1.4	3.1
Phe	3.2	3.7	5.0-7.1	3.9	4.4-5.3	3.9	2.4	4.1
Thr	4.4	2.4	4.5-6.8	3.1	3.6-4.1	4.0	4.0	3.0
Try	0.8	0.8	-	0.3	3.0	1.3	1.6-1.9	1.0
Val	4.2	4.1	4.0-5.2	4.9	5.1-6.9	6.4	4.5	5.4
Cys	1.7	0.5	-	1.2	-	0.3	1.1-1.3	1.3
Arg	0.3	7.5	4.3-8.7	14.9	4.6-5.1	16.4	13.0-14.0	11.7
Asp	8.7	5.6	6.0-11.8	6.5	8.5-18.5	7.0	4.7-5.4	6.2
Glu	9.4	5.1	11.7- 23.4	6.9	6.7-9.9	7.2	6.4-6.7	9.9
Ala	14.4	4.8	5.5-7.7	6.1	6.3-6.7	7.4	-	6.7
Gly	4.3	4.4	6.3-7.5	5.2	4.9-13.3	7.2	-	3.4
Pro	3.7	2.8	5.0-10.5	4.0	1.8-4.4	6.4	-	2.8
Ser	4.0	2.8	5.6-6.1	3.0	4.0-6.2	2.9	-	6.8
Tyr	1.5	1.6	4.4-4.7	1.4	1.3-3.4	2.4	2.3-2.6	1.8

Ajouté au fait qu'elles n'entrent pas en compétition avec les cultures terrestres en termes de consommation d'eau et de terres cultivable. En effet, étant des espèces marines, elles n'ont pas besoin de sols arables ou d'eau douce pour leur croissance, ce qui représente un énorme avantage écologique. La facilité et le peu de ressources que requiert la culture des algues, la résistance des certaines espèces à des conditions plus extrêmes rajouté au rendement

Chapitre 2 :Les différentes sources de protéines alternatives

protéique plus élevé par unité de surface comparé à celui des cultures protéiques (4-15 tonnes/Ha/année pour les macro algues et 2.5-7.5 tonnes/Ha/année pour les micro algues) en font un candidat intéressant pour être une source fiable et durable de protéines en comparaison aux cultures protéiques traditionnelles tel que le soja (0.6 tonnes/Ha/année),les légumineuses (1-2 tonnes/Ha/année) et le blé (1.1 tonnes/Ha/année) et qui consomment 75% des ressources d'eau douce de la planète (Van Krimpen, 2013).

L'intégration des algues dans l'alimentation humaine de manière plus vaste présente quelques difficultés voir défauts et a besoin de plus de travaux en terme de législation et recherches concernant les conditions de culture et de transformation. Cependant, cet aliment pourrait dans le future être cultivé à plus grande échelle, et de manière plus contrôlée afin de proposer des produits alimentaires à base d'algues ou d'extraits d'algues comme il est déjà le cas dans certains pays d'Asie du sud est. Les difficultés rencontrées jusqu'alors sont principalement liées aux milieux de culture, qui sont pour la majorité reliés directement aux plans d'eau saumâtre naturels dont la qualité sanitaire n'est pas complètement contrôlée voir pas du tout contrôlé dans le cas des algues cueillies directement de leur habitat naturel. Ceci engendre entre autres des taux élevés de métaux lourds dans les algues dû aux eaux polluées. Cela dit, des études ont été entamées dans le but de développer des milieux de culture fermés et contrôlés à grande échelle qui pourraient permettre un meilleur rendement tout en limitant les facteurs contaminants.

3. Protéines d'origine unicellulaire (POU) (Single Cell Proteins SCP)

3.1. Historique

Le terme protéines d'origine unicellulaires (POU) est apparu en 1960 avec l'émergence des produits et aliments fermentés. Pendant cette période, un intérêt particulier était porté aux produits transformés et aux nouvelles technologies qui permettaient soit d'améliorer qualitativement ou quantitativement la production dans plusieurs domaines, et cela dans le but de palier à une crise alimentaire et un manque en protéines dans l'alimentation humaine. Car cette période d'après guerre est caractérisées par un déséquilibre dans le système alimentaire mondiale et une famine qui touchait une grande majorité des populations, particulièrement ceux issus des milieux pauvres, et un besoin d'adresser ces problème de manière globale. Parmi les avancées biotechnologiques les plus prisées, des processus de bioconversion qui consistaient à transformer des sous produits issus des industries en produits à valeur ajoutée et avec une valeur nutritionnelle plus intéressante. Ces avancées sont à l'origine de plusieurs technologies existantes actuellement et ont bénéficié plusieurs domaines dont les (SCP).

En parallèle, d'autres techniques agricoles ont vu le jour. Des méthodes de production de masse et des programmes de sélection des espèces végétales cultivées ont été largement répondues et appliquées, ce qui a pu permettre d'augmenter la production dans plusieurs secteurs et d'améliorer le rendement, et de manière générale, la disponibilité des aliments lors de la 2eme moitié du 20eme siècle. Ajouter à cela le contexte économique et politique qui s'est remarquablement amélioré pendant l'après guerre, les organisations mondiales ont abordé les problèmes liés à la malnutrition et l'insuffisance alimentaire qui touchait la majorité des pays en voie de développement, et ont commencé par mettre en place des programmes qui mettaient en relation les pays ayant des surplus avec les pays en manque de ressources alimentaires. Après ces remarquables améliorations, la crise alimentaire prédit pendant la guerre et après guerre a été évitée grâce aux efforts de mondialisation fournis par les pays développés. Ce qui a conduit à une distribution plus équitable des ressources alimentaires et à une meilleure disponibilité des nutriments, dont les protéines d'origine végétale, cela a conduit à la perte d'intérêt dans le domaine des (SCP), et une diminution dans la recherche sur le sujet a été noté (Srividya, 2014).

3.2. Intérêt

Recemment, de nouvelles motivations ont remis le sujet des protéines alternatives et les (SCP) sur table, à citer : les effets néfastes des élevages de masse sur l'environnement, les problèmes de santé et complication liés à la consommation excessive des viandes rouges et l'indisponibilité de cette dernière dans certaines régions en surpopulation ect. Ce nouvel intérêt porté sur les technologies de bioconversion en matière de production protéique a résulté en une augmentation remarquable de la présence de produits alimentaires enrichies en (SCP).

D'un point de vue nutritionnel, les micro-organismes représentent une source de protéines intéressante avec une valeur biologique élevée. Selon le type, la souche et les conditions de croissance et composition du milieu, la teneur en protéines dans la matière sèche de biomasse unicellulaire peut varier entre 40 et 80 % (Sawicka et Umachandran, 2020).

La culture de biomasse à des fins d'obtention de (SCP) peut avoir de nombreux avantages comparés à d'autres sources de protéines : Premièrement, les micro-organismes cultivés ont un temps de multiplication très réduit selon le type et l'espèce choisie, cela, comparé aux cultures végétales ou encore aux élevages. La culture des micro-organismes ne prend pas d'espace et qu'elles ne requièrent pas d'eau douce pour leur croissance, donc n'entre pas en concurrence directement avec les cultures conventionnelles terrestres. Ce type de cultures n'est pas non plus sensible aux conditions naturelles du milieu ou à des facteurs non contrôlés, comme le climat ou l'ensoleillement (Nasseri, 2011). La seule condition requise est un milieu de culture enrichi en substrats qui peuvent être obtenus à partir des sous-produits issus des pertes des industries de transformation ou des sous-produits de l'agriculture (déchets). Un très large choix en ce qui concerne la méthodologie, les substrats et les micro-organismes et cela selon les conditions et moyens en disposition. Les SCP peuvent représenter une option pour palier aux besoins en terme de protéines de qualité pour des régions touchées par la malnutrition protéique et où les conditions climatiques et environnementales ne permettent pas l'entretien de grandes cultures classiques, ou des élevages de masses nécessaires pour couvrir aux besoins en matière de protéines.

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

Plusieurs substrats de cultures ont été essayés sur différents micro organismes. Parmi ceux qui sont le plus couramment utilisés on retrouve le marc de pomme (sous produit de l'industrie du jus), pelures d'igname, pulpe d'agrumes, pelures de pommes de terre, déchets d'ananas et déchets de papaye. Cependant, le choix des milieux et sous produits qui peuvent être utilisés est vaste et les possibilités sont nombreuses. Cette particularité permet de valoriser certains déchets biologiques des industries qui, pour certains, peuvent être polluants en matière première pour la production de biomasse protéique à moindre coût, ce qui représente un avantage écologique et économique non négligeable (Srividya, 2014).

3.3. Micro algues

Actuellement, les espèces de micro algues sélectionnées pour la production de masse est limitée, on compte : *Chlorella sp.*, *Scenedesmus obliquus*, la cyanobactérie *Spirulina sp.* Et *Athrospira sp.* et la spiruline (*Athrospira platensis*). Cette dernière (spiruline) est une micro algue qui se développe dans les eaux douces, l'eau de mer et les plans d'eau saumâtres. Elle a une préférence pour les milieux alcalins (pH 10-12), on retrouve ces milieux idéals en Afrique subsaharienne, en Amérique centrale et au Mexique où elle a été cultivée consommée par les populations locales depuis des millénaires notamment par les anciens Aztèques (Bob et Gerald et Cysewski ,2010). Elle est particulièrement intéressante car on la considère en tant que super-aliment, elle a un taux de protéines des plus élevés (voire Tableau III), et grâce à ses propriétés nutritionnelles exceptionnelles, cette micro algue a servi, pendant les périodes de grande famine en Afrique, comme seul aliment et source de nutriments pendant des périodes allant à plusieurs mois. Ce qui a permis à des populations entières de survivre uniquement en consommant de la spiruline. Aujourd'hui, elle est plus vastement consommée en Europe, Amérique du nord, en Asie et Océanie et sont commercialisées en tant ingrédient actif dans la composition de certains aliments fonctionnels et compléments alimentaires grâce à leur valeur nutritionnelle intéressante.

De plus, les techniques de génie génétique (algal transgenics) qui manipulent les algues par biologie moléculaire, sont en cours de développement depuis 30 ans. Il est maintenant possible de manipuler moléculairement un certain nombre d'algues différentes pour produire les composés souhaités dont des protéines à des taux souhaités, ce qui n'était auparavant pas économique (Hallmann, 2007).

Chapitre 2 :Les différentes sources de protéines alternatives

Environ neuf dixième des plantes de culture d'algues sont situées en Asie qui représente le plus grand marché pour les micros algues. Les espèces d'intérêt les plus cultivées sont : *Chlorella*, *Spirulina*, *Dunaliella*, *Nannochloris*, *Nitzschia*, *Cryptocodinium*, *Schizochytrium*, *Tetraselmis*, *Skeletonema*, *Isochrysis* et *Chaetoceros*. Elles sont vendues en tant que compléments alimentaires sous forme de gélules ou pilules ou ajoutées dans la formulation de certains produits alimentaires transformés comme les noodles, certaines boissons et céréales.

Cet intérêt pour les micros algues en Asie remonte au début des années 1990 dû à une augmentation de la popularité des super aliments, et la tendance d'une alimentation plus variée et basée sur des produits moins transformés et plus naturels. Suite à cette popularité croissante parmi les consommateurs, plusieurs producteurs et entreprises ont vu le jour et se sont intéressés à la production à grand échelle de différentes espèces, en vantant leur mérites thérapeutiques et nutritionnels. Cette popularité aujourd'hui arrive aux populations occidentales et l'intérêt pour les micros algues et leurs protéines attirent de plus en plus d'acteurs économiques et scientifiques.

Tableau III: Le taux de protéines de certaines micro algues (g /100g de matière sèche) (Arasaki et Arasaki, 1983 ; Becker, 1986 ; Hayashi. 1986; Ito et Hori, 1989 ; Mabeau et Fleurence, 1993)

Algue	Protéines
<i>Anabaenavariabilis</i>	56.1
<i>Anabaenopsis</i> sp. (<i>Albufera</i>)	52.2
<i>Chlorellavulgaris</i>	51.0-58.0
<i>Chlorellapyrenoidosa</i>	57.0
<i>Euglena gracilis</i>	39.0-61.0
<i>Phormidium</i> sp	41.0
<i>Nostoc muscorum</i>	67.0
<i>Nostoc</i> sp. (<i>Doñana</i>)	51.6
<i>Scenedesmusobliquus</i>	50.0-56.0
<i>Synechococcus</i> sp	63.0
<i>Spirulina maxima</i>	60.0-71.0
<i>Uronema gigas</i>	58.0

4. Protéines d'insectes

Les insectes sont consommés régulièrement dans certaines régions du monde, notamment l'Afrique, l'Asie, l'Amérique du sud et l'Australie. Les plus grands marchés sont : la Thaïlande, la Chine, le Japon, l'Australie et le Pérou. Cette pratique est appelée l'entomophage. Ce type d'aliment est commun et largement répondu parmi les populations indigènes. Jusqu'à 1900 espèces consommées furent recensées dont 31% sont des coléoptères, 18% sont des chenilles et papillons (lépidoptères), 14% sont les abeilles, guêpes et fourmilles (hyménoptères), 13% sont les criquets et sauterelles (orthoptères). Les arachnides font aussi sujets d'intérêt aux yeux des scientifiques malgré qu'ils ne soient pas par définition des insectes (Jongema, 2012). Les insectes communément consommés sont généralement très riches en protéines et autres nutriments dont les acides gras, vitamines et les sels minéraux (Rumpold et Schlüter, 2013) contribuent largement à l'apport protéique de ces populations qui sont pour certaines atteintes par la malnutrition. Selon la FAO (2013), ils complètent le régime alimentaire de plus de 2milliards de personnes, ils sont consommés sous différentes formes, à différents stages de leur évolution, crus ou préparés, de manière continue tout au long de l'année ou de manière saisonnière dépendamment du cycle de vie de l'insecte, sa disponibilité et les préférences des populations en question.



Figure 3 : Nombre enregistré d'espèces d'insectes comestibles par pays (Jongema, 2012)

Cependant, très peu de recherches ont été menées au sujet de cette pratique alimentaire chez ces populations indigènes et les informations et données concernant ce sujet sont rares et cela pour différentes raisons, dont le manque d'intérêt de la part des populations des pays développés, et le manque d'informations communiquées à propos des risques pour la santé qu'engendre leur consommation ou le procédé d'élevage, et l'idée de maintenir un élevage d'insecte pour des fins alimentaires est relativement nouvelle. Cette réticence de la part des consommateurs laisse entendre que le plus grand potentiel pour cette source de nutriment alternative réside dans le domaine de l'alimentation animale que celle de l'alimentation humaine, ces aliments pour animaux sont d'ailleurs déjà commercialisés dans certains pays et des lois ont été mises en vigueur ces dernières années pour permettre la régulation de ce nouveau marché.

Chapitre 2 : Les différentes sources de protéines alternatives

Un volet concernant l'utilisation d'additifs nutritifs extraits d'insectes, tel que, la poudre protéinée ou les acides gras dans la formulation d'aliments non conventionnels alternatifs à la viande est sujet à un très grand intérêt de la part de chercheurs et d'industriels. Cette possibilité pourrait permettre aux substituts de produits d'origine animale, tel que les substituts de viandes Végétales ou les laits à base végétale de se rapprocher de la valeur nutritionnelle des aliments conventionnels, et leur composition en matière de protéines riches en acide aminés essentiels.

Malgré le blocage psychologique et le désintérêt des populations envers les aliments à base d'insectes, on estime que l'intégration des insectes dans l'alimentation des populations occidentales aidera à réduire l'impact négatif que les élevages de bétail et l'industrie des viandes en générale ont sur l'environnement, notamment la réduction de l'empreinte carbone, qui est nettement moins élevée pour les élevages d'insectes mais aussi l'utilisation des ressources d'eau et des terres qui servent à la production des aliments pour bétail, car en effet l'élevage d'insectes peut se faire dans des espaces confinés sur un model de ferme verticale.

5. Viande in vitro

5.1. Historique

En 1932 Winston Churchill a, pour la première fois dans l'histoire, évoqué la possibilité de cultiver de la viande en laboratoire : « *dans cinquante ans, nous échapperons à l'absurdité d'élever un poulet entier afin de manger le pectoral ou l'ail, en cultivant ces pièces séparément* », deux ans précédant ceci, c'est l'écrivain et politicien Frederick Edwin Smith qui déclara « *Il ne sera plus nécessaire d'aller à la longueur extravagante de l'élevage d'un bœuf pour manger son steak. À partir d'un steak "parent" de tendreté de choix, il sera possible de faire pousser un steak aussi gros et juteux que l'on peut désirer* ». C'est au début des années 1950 que le néerlandais attendre jusqu'à 1999 Willem Van Eelen a eu indépendamment l'idée d'utiliser la culture tissulaire pour produire de la viande *in vitro*, mais il faudra pour que la théorie d'Eelen obtient le brevet en tant que concept de cellules souches et la culture *in vitro* n'avait pas encore prit vit. En 1995, la *food and drugs administration* approuve officiellement la production et commercialisation de la viande de culture, et en 2002 Benjamin soneta réussit à cultiver en boîte de pétri des tissus musculaire de poisson rouge (*Carassius auratus*), et en fin, c'est en 2013 que le premier burger à base de viande *in vitro* a été préparé au *Riverside Studios* à Londres et consommé par un panel de juges gustatifs, les 140g de viandes de culture que contenait le burger ne coutaient pas moins de \$330 000, elle a pris 3 mois pour être produite à partir de cellules souches provenant des épaules d'un bœuf, le pâté de viande était plus proche en apparence à du poulet que du steak à cause de sa couleur blanchâtre, le cuisinier chargé de préparer l'échantillon a dû ajouter quelques épices et jus de betterave pour masquer les quelques défauts, cela a suffit à convaincre le panel du jurés et valider cette première tentative par un succès (Cor van der Weele, 2014).

5.2. Environnement

Etant donné l'état primitif de cette méthode, il est difficile de savoir exactement quels sont les effets possibles qu'elle peut avoir sur l'environnement et les comparer aux effets que l'industrie de la viande car la production à grande échelle n'a pas encore été tenté. Cependant, des études menées par l'université d'Oxford ont tenté de déterminer les modalités qu'une production de viande cultivée à grande échelle pourrait avoir sur l'environnement, les paramètres étudiés sont: les émissions de gaz à effet de serre (GHG), la surface requise, l'eau potable requise et l'énergie, les localités de production comparées sont la Thaïlande, la Californie et l'Espagne pour avoir une variété de conditions climatiques et la disponibilité de données sur la production de cyanobactéries dont l'hydrolysate est utilisée en tant que substrat nutritif et source d'énergie dans le milieu de culture pour cellules. Les résultats obtenus sont ensuite comparés à celles de différentes branches de production de viande de bœuf, mouton, volaille et de porc (Hanna et Tuomisto, 2011).

La fabrication de viande cultivée se fait dans des espaces fermés et confinés, ce qui donne la possibilité de cultivations dans des fermes verticales. Cet aspect de la méthode représente un intérêt pour certaines régions qui souffrent des limitations en termes de terrains et pâturages disponibles. En parallèle, la production de viande *in vitro* à grande échelle pourrait considérablement réduire la dépendance aux élevages intensifs, et donc, réduire l'impacte que ces derniers ont sur la biodiversité, en effet, l'élevage intensif nécessite de grandes surfaces arables pour non seulement la production d'aliments pour bétail mais aussi de grandes surfaces de pâturage, ceux-ci pourraient piétiner sur les potentielles surfaces forestières et donc l'habitat de milliers d'espèces (Datar, 2010).

En ce qui concerne l'énergie nécessaire pour la production de viande cultivée, elle représente environ 55% de l'énergie consommée pour la production de la même quantité de bœuf. Il est cependant possible de développer des systèmes alimentés essentiellement d'énergie renouvelable, et donc baisser encore plus l'empreinte négative que pourrait avoir la culture de viande *in vitro* (Tuomisto, 2011).

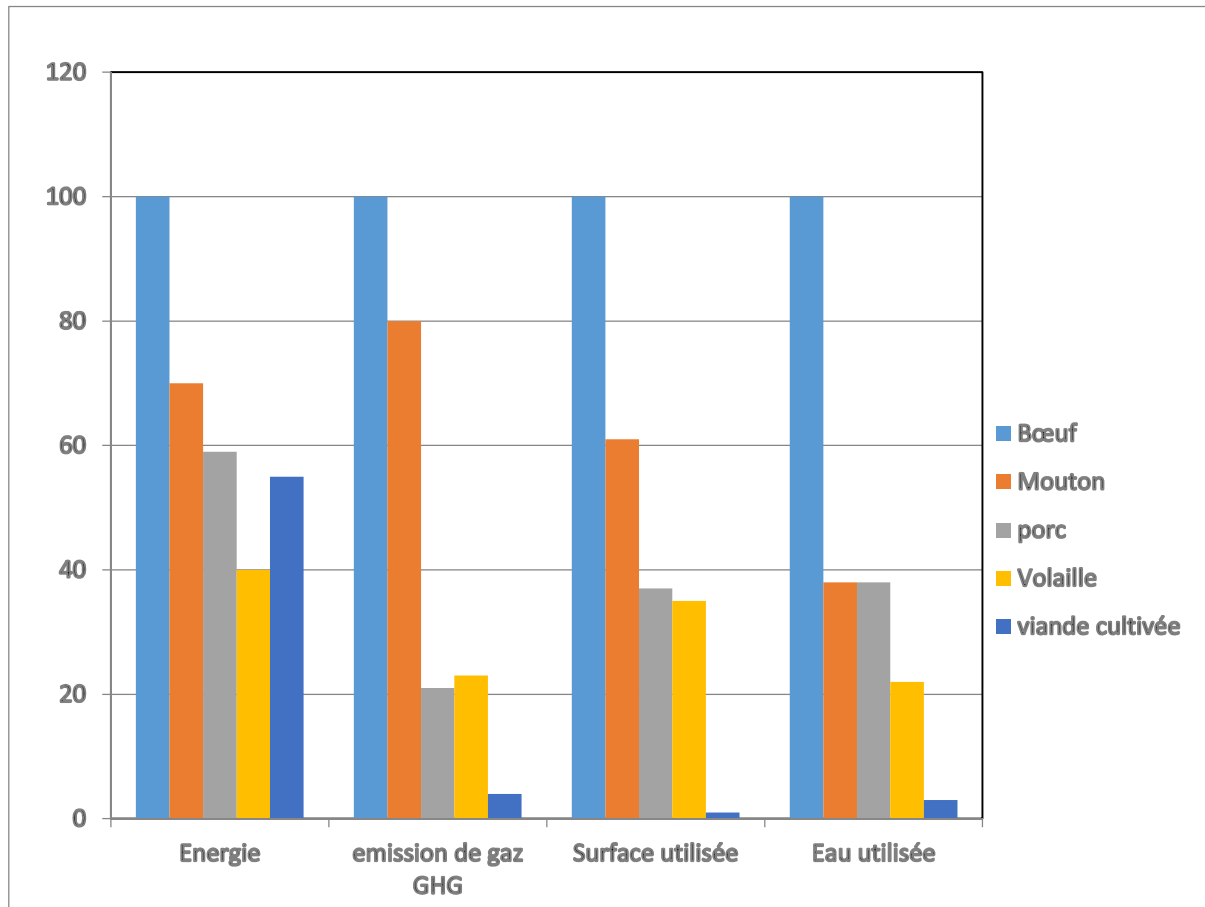


Figure 4: Comparaison de l'apport d'énergie primaire, des émissions de gaz à effet de serre(GES), de l'utilisation des terres et de l'utilisation de l'eau de la production de viande d'élevage avec du bœuf, du mouton, du porc et de la volaille européens produits de manière conventionnelle par 1000 kg de viande comestible en pourcentage des impacts du produit avec l'impact le plus élevé dans chaque catégorie d'impact(Tuomisto, 2011)

Malgré que ce travail de recherche ait été remis en question par une certaine partie de la communauté scientifique, il reste néanmoins comme étant la référence la plus exacte du probable empreint que pourrait avoir un model de production à grande échelle de viande de culture sur l'environnement.

5.3. Santé

Le processus de fabrication de la viande cultivée se passe principalement au sein d'unités fermées et stérilisées qu'on appelle les bioréacteurs. Les étapes et différents processus suivis sont quasiment tous contrôlés et surveillés. Cette particularité confère à la viande une salubrité et sécurité sanitaire supérieure à celle de la viande conventionnelle. En effet le caractère fermé des unités de production empêchent les contaminations extérieures et la propagation de maladies infectieuses auxquelles on a à faire avec les élevages de bétail traditionnels et qui sont à l'origine de nombreuses maladies transmises de l'animal à l'homme qu'on appelle zoonoses. La suppression de l'étape d'abattage représente aussi un amoindrissement des étapes susceptibles d'être la cause de contaminations qu'on retrouve dans le processus d'intégration des unités d'élevages.

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

1. Introduction

Malgré les caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles particulièrement intéressantes de certains aliments alternatifs, il reste la question de la méthode de consommation à régler, les difficultés rencontrées dans ce sens sont majoritairement de nature technologiques, législatives et techniques. En effet, un travail approfondi en matière d'innovation est nécessaire pour le développement de produits alimentaires. Les méthodes d'incorporation de ces protéines alternatives au régime commun des consommateurs sont soit directes (des produits consommés tel quel) comme les viandes in vitro, soit indirecte en formulant des produits à base de protéines alternatives en compléments. Et les matrices utilisées sont généralement des produits qui imitent les aliments d'origine animale tel que la viande ou le lait mais fabriquées entièrement à base de produits végétaux (légumineuses et céréales).

Les communautés dites végétarienne ou végétaliennes sont les principaux consommateurs d'aliments alternatifs aux produits d'origine animale. En effet, ce groupe est depuis quelques décennies en constante augmentation, rien qu'aux états unis le nombre de personnes qui suivent un régime à base de produits végétariens a augmenté de pas moins de 500% entre 2014 et 2017 selon les différentes sociétés végétaliennes et sociétés de conseil. De plus, une enquête menée à l'échelle mondiale démontre que 40% des consommateurs tentent de réduire leur consommation de protéines animales et 10% déclarent cesser entièrement de consommer la viande rouge. En contrepartie, les données venant appuyer cette tendance rapporte qu'entre 2015 et 2019, la commercialisation de la viande rouge a diminué de 5%, et le marché du lait de vache a diminué entre 2013 et 2018 passant de 19 milliards de dollars à moins de 16milliards de dollars. Les raisons invoquées d'un tel désintérêt pour les produits d'origine animale sont diverses allant des préoccupations liées aux effets sur la santé, le bien être animal et l'éthique et surtout les effets de l'industrie des viandes et autres produits d'origine animale sur l'environnement (Kantar Link, 2016). L'augmentation de la communauté végétarienne et végétalienne a créé un engouement économique autour de marchés potentiels et un intérêt de la part d'un coté des scientifiques et chercheurs dans les différents domaines de la diététique, technologie alimentaire et biotechnologie pour développer des produits et techniques pouvant satisfaire les consommateurs et de l'autre des investisseurs, qui voient le potentiel économique de ce nouveau marché en plein expansion. Différentes gammes de produits alternatifs ont depuis été mises sur le marché et ont rencontré

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

un succès dès le début, ce qui démontre bien l'intérêt porté à ce type de produits, il s'agit des alternatives végétales de viande, les laits végétaux et plus récemment des alternatives végétaux aux œufs.

Le marché mondial des viandes alternatives est prévu à la hausse de 1.6 milliards de dollars en 2019 à 3.5 milliards de dollars en 2026, et les gammes de produits les plus commercialisées sont les burgers, les saucisses et les pâtés de viande (Markets And Markets, 2018).

Les aliments existants déjà ont démontré un certain intérêt de la part des consommateurs, ce qui encourage l'innovation dans ces secteurs. En effet, de plus en plus de startups sont créés dans le domaine des aliments alternatifs aux produits animaux, et certaines entreprises leaders du végétarien sont désormais implantées sur plusieurs marchés et rencontrent un succès grandissant, dont on cite Impossible Foods Inc©, Beyond Meat©, Quorn© (viandes alternatives), Simply Eggless Inc© (substitut d'œuf), Et NotCo© (lait végétal).

2. Types de produits commercialisés

2.1. Viande végétale de substitution

Il existe sur le marché actuellement plusieurs produits qui représentent des substituts de viande, leur nature diffère, il existe en effet différentes formulations et techniques mises en œuvre par les industries spécialisées pour produire différentes gammes de substituts de viande, ci-dessous sont présentés les marques et les principales gammes de viande de substitution qu'ils offrent.

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

2.1.1. Quorn™

- **présentation**

Lors des années 1960, la prévision d'une potentielle future crise alimentaire globale due principalement à l'augmentation démographique a éveillé chez les chercheurs dans le domaine alimentaire un intérêt pour développer des solutions à ce problème. Plusieurs volets de recherche ont été alors ouverts dont l'un s'intéressant à de nouvelles sources de protéines. Une entreprise anglaise sous le nom de *Rank Hovis McDougall* a entrepris un projet consistant à développer un substitut de viande à base de mycélium fongique, l'objectif était alors de développer un produit final ayant une consistance identique à celle de la viande et des caractéristiques nutritionnelles proches, surtout en ce qui s'agit de la valeur protéique. 3000 espèces sélectionnées venant de régions différentes du globe ont été testées sur une durée de 15ans, les tests effectués concernaient la production d'éventuelles toxines, la consistance, le taux et la qualité des protéines, le potentiel de production à grande échelle et le rendement, il en ai alors sorti une espèce : *F. venenatum*, s'en suit alors 12ans de tests supplémentaires sur la sécurité et la sélection de la meilleure méthode de fermentation et de production, il sera aussi démontré que sa composition en acides aminés est similaire a celle de l'œuf, il ne contient cependant pas de cholestérol et est riches en fibres. A la fin des batteries de tests et la détermination du processus de fermentation et production adéquats, le produit final appelé mycoprotéine, à reçu par le ministère britannique de l'agriculture, pêche et alimentation l'autorisation d'être commercialisé sous le nom de **Quorn™** et les produits sont disponibles depuis 1985 sur le marché britannique et par la suite a atteins d'autres marchés Européens, Américains et Asiatiques.



Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine



Photo : Apparence des produits de substitution à la viande de poulet de la marque Quorn™.

- **Technologie**

Les viandes de substitution de la marque **Quorn™** sont particulièrement différents des autres produits qui existent déjà sur le marché actuellement, ce sont des produits de fermentation fongique et le processus de production est unique en son genre, en effet, ce dernier à été pensé particulièrement pour la production de mycoprotéine à échelle industrielle. Le principe général est comme suit : des cellules de *Fusarium venenatum* sont cultivées dans des bioréacteurs industriels (40 000L) dans un processus de flux continu, Un milieu complètement défini, à base de glucose et d'ammonium (et complété par de la biotine), est utilisé pour la production ,par la suite , la biomasse obtenue est soumise à un traitement thermique de 68°C ou plus pour diminuer le taux de ARN qu'elle contient, après ça, la biomasse est chauffée à 90°C et est concentrée par centrifugation ce qui donne une pâte qui contient 20% de matière solide. Le liquide extrait peut être utilisé par la suite en tant que produit aromatisant, la pâte obtenue est appelée mycoprotéine et est finalement mélangée à des agents liants tel que l'albumen de l'œuf pour obtenir un tissu lié dont la texture est

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

semblable à celle de la viande. Des arômes et autres aditifs sont utilisés selon le produit fini souhaité.

- *Etat du marché*

Aujourd'hui, les produits proposés par la marque sont divers et variés : Le haché végétarien, les filets, les dés, les nuggets, les pâtés pour burgers, bâtonnets de poisson, le jambon fumé, les filets de poisson, les cordons bleu, les steaks et en fin les chipolatas. Certains sont labélisés végétariens d'autres non car on utilise la protéine albumen tiré des œufs, cette dernière a été remplacé par le gluten dans les produits végétariens.

2.1.2. *Impossible Foods Inc*©

- *présentation*

Impossible food est une entreprise américaine créée en 2011 par le professeur biochimiste Patrick O. Brown, son idée de départ est de créer un produit qui pourrait concurrencer la viande conventionnelle sur le marché en se basant principalement sur la viande bovine car celle-ci est la plus utilisée dans la restauration et la plus consommée en général. Avec l'aide du chef Tal Ronnen et le fromager Monte Casino, qui sont co-fondateurs de l'entreprise, ils commencent par étudier les produits d'origine au niveau moléculaire pour mieux comprendre sa complexité et donc formuler un produit qui soit proche au maximum de l'original, le but étant d'imiter la viande dans la texture, le goût et l'apparence mais aussi les réactions lors des cuissons à savoir le saignement.



Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

- *l'hème*

L'entreprise en vient à la conclusion que la molécule du hème est le composant essentiel qui confère à la viande son odeur à la cuisson, sa texture et jutosité, et la flaveur particulière métallique qui est propre à la viande. C'est une composante de l'hémoglobine et elle sert à fixer et transporter l'oxygène. Et donc la clé pour créer un produit semblable à la viande qui pourrait concurrencer cette dernière serait de trouver un moyen d'imiter la molécule de l'hème ou ces propriétés. En sachant que certains végétaux contiennent cette même molécule dans une protéine proche de l'hémoglobine appelée léghémoglobine. Dans la nature, cette protéine contenue dans les plantes fixatrices d'azote tel que le soja est en relation symbiotique avec les bactéries du sol qui produisent de l'hème pour les plantes, et en retour elles reçoivent de l'oxygène fixé sur la léghémoglobine.

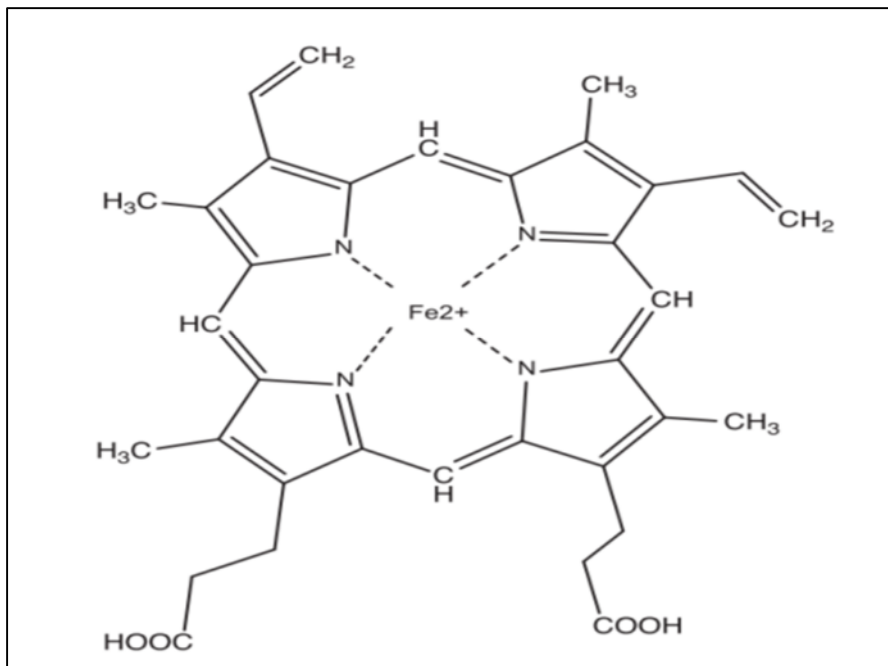


Figure 5 : Structure de l'hème b. (Yikrazuul, 2010)

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

- **Technologie**

Les chercheurs de impossible food ont donc mis en place un processus qui permet de synthétiser la protéine de léghémoblobine en utilisant la technologie de protéines recombinantes, et cela en incorporant le gène responsable pour la production de la léghémoblobine du soja dans une levure *Pichia pastoris*, qui produit des quantités industrielles par fermentation de la protéine sans avoir recours directement au soja ou à l'hémoglobine animale.

Grace à cette innovation, impossible food a réussi à développer un produit uniquement à base de produits d'origine végétal et microbien, qui pour 85g contient : 21g de protéines dont la léghémoglobine, des protéines de pomme de terre et de blé; 13g de matière grasse extraite de noix de coco; 470mg de sodium; et l'équivalent de 220 calories. Ce qui confère aux impossible burgers la même valeur nutritionnelle que la viande de bœuf sans le cholestérol car les lipides extraits de la noix de coco contiennent quasiment que des chaînes d'acides gras saturés. En ce qui s'agit de la propriété organoleptique, l'odeur, l'apparence et le goût de ce substitut et en tout points similaire à ceux du produit original, et le plus important, la couleur avant cuisson et après cuisson passe de la tinte typique rouge/rosée de la viande conventionnelle à une couleur brune après cuisson sans perdre la consistance et la jutosité.

- **Législation**

Et 2014, le (FDA) a accordé le droit de commercialiser les produits contenant la léghémoglobine à impossible food. Avant ça, les effets sur la santé de ce colorant étaient méconnus et remis en cause, mais il a été prouvé que ce colorant ne présente aucun effet négatif sur les consommateurs d'autant plus qu'il est trouvé naturellement dans les racines de soja, et aucun effet allergène n'a été enregistré.

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

- *Etat du marché*

Selon un rapport de Bloomberg Intelligence (BI), le marché des aliments à base de plantes pourrait atteindre les 7,7% du marché mondial des protéines d'ici 2030, ce qui représenterait une part de 162 milliards de dollars contre 29,4 milliard de dollars en 2020. Cette expansion est accélérée grâce nettement au partenariat entre les entreprises tel qu'impossible food et beyond meat avec les géants des chaines de restauration dont McDonald's et Burger King qui proposent dans leurs menus des burgers et d'autres options végétariens à base de la viande végétale.

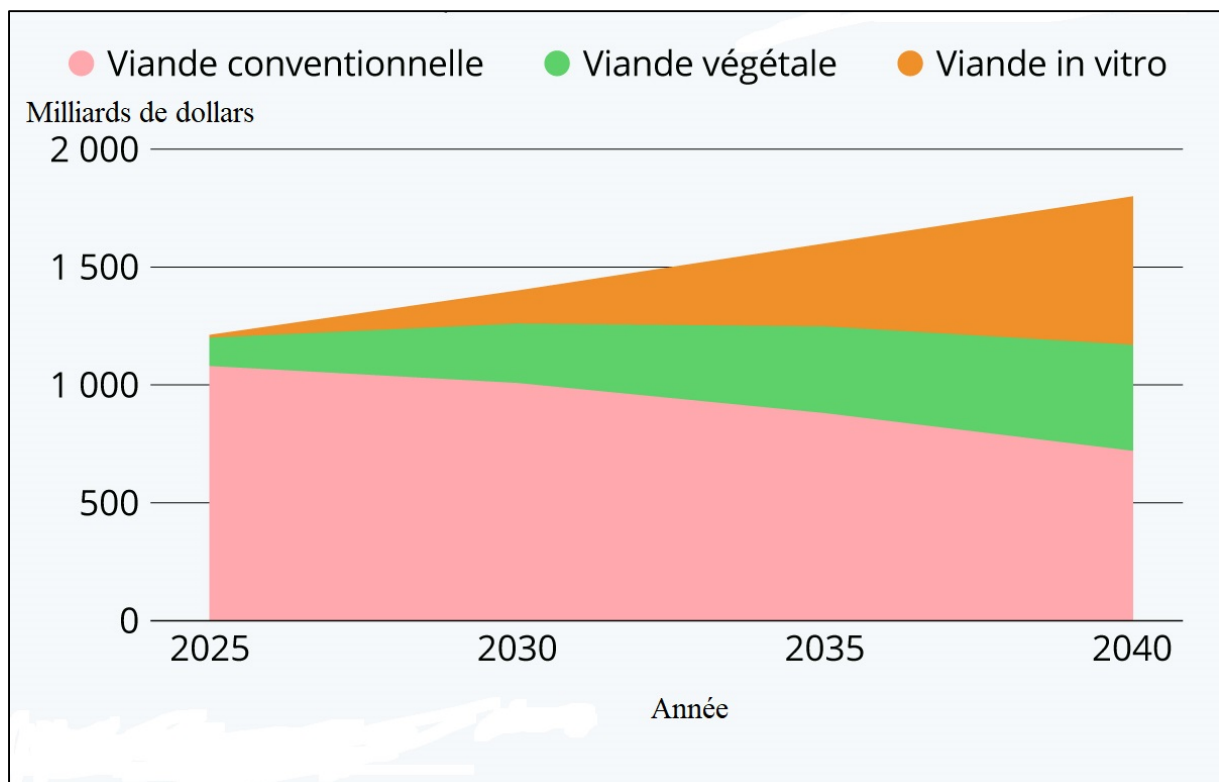


Figure 6 : Chiffre d'affaire prévisionnel du marché de la viande et de ses substituts, en milliards de dollars (AT Kearney, 2018)

2.2. Viande cultivée

- **Présentation**

La viande cultivée est théoriquement un produit identique à viande conventionnelle, mais c'est aussi le type de produit le plus compliqué à produire à grande échelle à cause du processus complexe et délicat. Cela dit, l'avancée rapide du secteur permet aujourd'hui de produire de la viande en laboratoire à petite échelle et pour principalement la restauration, ça reste un produit rare et difficile à produire de manière industrielle, et il n'est pas encore disponible dans les grandes surfaces, par ailleurs il est actuellement en cours de légalisation dans plusieurs pays, et elle a été pour la première fois officiellement approuvée par Singapore Food Agency (SFA) le 2 décembre 2020, cette approbation concerne pour l'instant que les « Chicken Bites » de la marque Eat Just, ce qui fait de Singapour le marché idéal pour le lancement des aliments de type « novel food » car le pays trouve des difficultés à produire les aliments sur son territoire et donc atteindre une indépendance. En effet, 90% de ces aliments sont importés faute de manque entre autres de terres cultivables et ressources naturelles, ce qui a conduit à l'expression de l'intérêt du gouvernement singapourien à toutes les technologies visant à régler le problème de l'insécurité alimentaire en incluant les fermes verticales et les protéines alternatives dont la viande de culture. D'autres startups et entreprises ont depuis déjà entamées des procédures juridiques pour l'obtention d'accords de commercialisation de ce type de produits d'autres régions dans les grandes surfaces ou par l'intermédiaire de chaînes de restauration.

- **Technologie**

Le principe de la production général se présente comme suit: des cellules souches sont prélevées de différentes parties du corps d'un animal en biopsie (sans tuer l'animal), ces cellules sont sélectionnées et mises dans des milieux de culture idéales(pour la majorité des cas dans un hème de fœtus du même animal), en ajoutant des facteurs de croissance comme des hormones et vitamines qu'on obtient à partir de souches de bactéries génétiquement modifiées à cet effet (la plus communément utilisée est *Escherichia coli*), et la mise en culture est faite dans des bioréacteurs à conditions idéales pour répliquer les conditions de développement dans un corps animal, les cellules souches se multiplient et créent un tissu à part entier, et après quelques étapes de maturation on obtient de la viande in vitro.

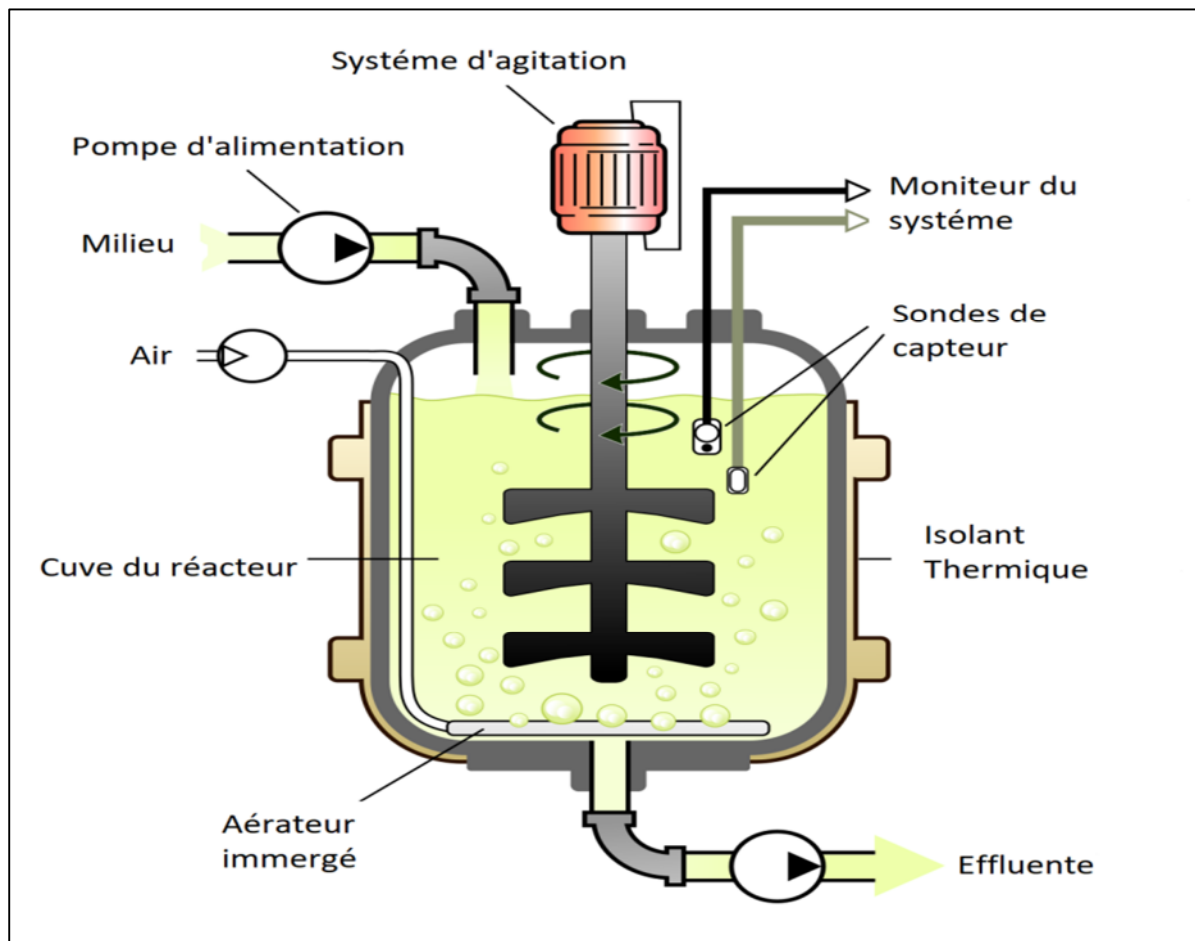


Figure 7 : Prototypage de bioréacteur proposé pour la fabrication de la viande de culture (Yassine Mrabet, 2011)

- *L'hème*

Actuellement, l'hème utilisé pour le milieu de culture pose problème car il provient des animaux, ce qui ne règle pas totalement le problème de dépendance à l'élevage d'animaux pour des fins alimentaires. Cependant, une technique pour synthétiser du hème en intégrant le gène responsable pour la protéine qui le contient a été développée par l'entreprise Impossible Food, cette technique permet notamment d'obtenir des quantités industrielles de cette matière par le moyen de fermentation dans des bioréacteurs, elle est déjà utilisée par Impossible Food pour produire la protéine léghémoglobine qui contient la molécule de l'hème et cela pour formuler leur viande de bœuf végétale.

Chapitre 3 : Intégration des sources alternatives de protéines dans l'alimentation humaine

- **Difficultés**

Une autre difficulté rencontrée est celle du prix élevé du produit disponible actuellement. En effet, il faudrait trouver un moyen de passer à une production à grande échelle pour pouvoir baisser le prix de la viande et potentiellement concurrencer la viande conventionnelle avec le prix, la difficulté réside principalement dans la systématisation du processus de fabrication qui pour l'instant, est fortement dépendant de l'intervention directe des laborantins .

- **Etat actuel du marché**

Aujourd'hui, il existe un peu plus de 50 entreprises dans le monde qui se sont spécialisées dans la production de viande in vitro ou des matières premières requises pour la fabrication de cette dernière. Les plus anciennes sont UpsideFood fondée en 2015 au états unis, elle est spécialisée dans la viande blanche et a présenté son premier prototype en février 2016, MosaMeat fondée également en 2015 aux pays bas qui s'est spécialisée dans la viande de bœuf, elle a présenté son premier prototype de leur produits en aout 2013 et en fin l'entreprise Super Meat fondée en Israël en 2015 spécialisée en viande blanche et qui a présenté son premier prototype en 2018, elles prévoient d'officiallement commencer la commercialisation en 2022.

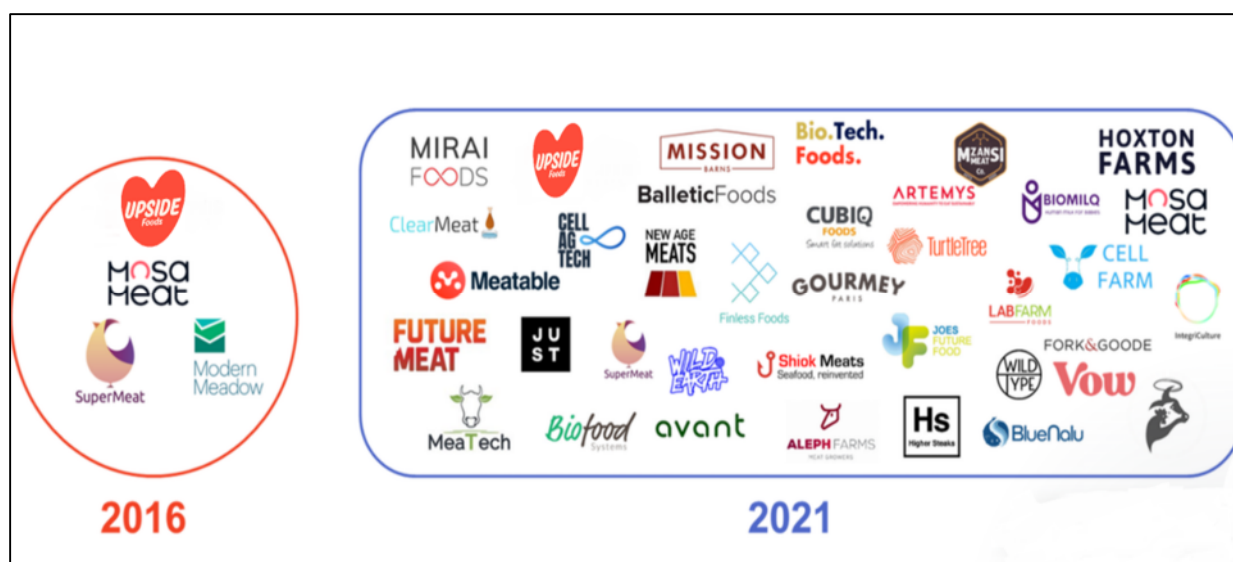


Photo : Représentation de l'évolution du marché des viandes cultivées entre 2016 et 2021

2.3. Lait de substitution

- **Présentation**

Depuis quelques décennies, des préoccupations liées à la consommation du lait de vache de manière régulière sont apparues, plusieurs études démontrent une prévalence de l'hypercholestérolémie liée à cet aliment ajoutée aux problèmes d'allergies alimentaire, l'intolérance au lactose et le taux de calories contenu dans le lait, c'est pour cela que les alternatives au lait à base végétal attirent de plus en plus les consommateurs soucieux de leur santé.

C'est pour cela, avec la hausse de l'urbanisation et les changements de mode de vie et de consommation des consommateurs, des entreprises plus ou moins récentes s'intéressent à la technologie de fabrication de différentes boissons à base végétales, imitant les propriétés organoleptiques et nutritionnelles du lait de vache, tout en limitant les facteurs de différenciation entre les deux pour satisfaire au mieux les demandes en termes de qualité fonctionnelles et sensorielles exprimées .

Ce type de produits est très fréquemment consommé dans de nombreux pays occidentaux et asiatiques, particulièrement par la tranche de la population souffrant d'intolérance au lactose qui présente entre 5% à 17% de la population totale des pays Européens, nord Américains et Australie, mais les pourcentages les plus élevés sont enregistrés en Asie entre 50% à presque 100% dans certains pays (Lomer. 2008).

- **Technologie**

La production de lait végétal se fait à partir de différents types de graines oléagineuses, de céréales ou pseudo-céréales de graines ou de légumineuses. Le processus d'extraction est quasiment le même pour tout les types de végétaux, la matière première sera préalablement trempée pendant quelques heures puis traitée avec de l'eau, par la suite, l'extrait est purifié pour éliminer les résidus insolubles indésirables par filtration. On peut ajouter par la suite des additifs et des ingrédients tels que des colorants ou arômes selon le produit désiré. A la fin, on procède à l'homogénéisation et pasteurisation qui sont effectuées à la fin du flux de production, le produit final sera un extrait liquide soit en suspension ou en émulsions colloïdales.

2.4. Œuf de substitution

- *Présentation*

Il existe sur le marché certains produits sous la catégorie des aliments de substitution aux produits animaux qui imitent les œufs, ces produits sont pour la majorité vendus en bouteille avec une consistance liquide presque visqueuse de couleur jaune proche de celle du jaune d'œuf. Pour l'instant, les œufs de substitution sont des produits visant les consommateurs végétariens, ils imitent la qualité organoleptique du produit conventionnel, et dans certains cas, leur valeur nutritionnelle est proche de celle des œufs. Cela dit, il est particulièrement compliqué d'imiter la composition de ces dernières à cause de la richesse en protéines, c'est pour cela que les marques qui proposent ce type de produits se focalisent sur l'aspect sensoriel plutôt que sur les propriétés nutritionnelles de leur produits .

GUT FRIENDLY: 3G PREBIOTIC.
FREE OF: GMO, DAIRY, SOY, GLUTEN, NUTS.

Nutrition Facts	
7 servings per container	
Serving size	67 ml
Amount Per Serving	
Calories	50
	% Daily Value*
Total Fat 3.5g	4%
Saturated Fat 0g	0%
Trans Fat 0g	
Cholesterol 0mg	0%
Sodium 20mg	1%
Total Carbohydrate 3g	1%
Dietary Fiber 1g	4%
Total Sugars 0g	
Includes 0g Added Sugars	0%
Protein 3g	
Vitamin D 0% • Calcium 8% • Iron 0% • Potassium 0%	

INGREDIENTS: Filtered Water, Lupin Protein Concentrate, High Oleic Sunflower Oil, Gluten Free Beta Glucan, Natural Flavors, Calcium Lactate (vegan source), Vegan Enzyme, Tetrasodium Pyrophosphate, Agar, Xanthan Gum, Natural Extractives of Turmeric, Natural Extractives of Carrot, Nisin (a natural preservative).

PERISHABLE. KEEP REFRIGERATED.
Consume within 7 days of opening.

*Lupins are Legumes. People with severe allergies to legumes like peanuts should be cautious when introducing Lupin Protein into their diets because of the possibility of a Lupin allergy. Contains no peanuts.

DISTRIBUTED BY: SIMPLY EGGLESS INC. NY, NY 10017.

Photo : Etiquetage de l'un des produits de substitution aux œufs de la marque Simply Egless.

**Chapitre 4 : Perception des
consommateurs et
acceptation sociale des
nouveaux produits mis sur le
marché**

1. Introduction

Le problème principale auquel fait face une potentielle transition vers la consommation de protéines alternatives est la perception et réaction des consommateurs face à ces nouveaux aliments, c'est le facteur principale qui définira le potentiel de chaque produit et son devenir. Plusieurs études ont été faites dans ce sens récemment et principalement dans les pays leaders dans le domaine des viandes alternatives et autres aliments non conventionnels, notamment L'Australie (Hoeket *al.*, 2017), les Etats Unis (deBoer et *al.*, 2016), certains états membres de l'Union Européenne (deBoer et Aiking, 2018) et la Suisse (Siegrist *et al.*, 2015).

2. Perception des consommateurs et acceptation sociale des nouveaux produits mis sur le marché

Malgré la popularisation récente des modes de consommation qui favorisent l'amointrissement des produits d'origines animales telles que le régime végétarien, cela ne suffit pas à passer vers un système global qui inclut les protéines alternatives dans le régime commun des populations. Dans l'idéal, rendre les produits alternatifs plus communs et présents dans la culture populaire pourrait favoriser et concrétiser un effet positif sur non seulement l'environnement, mais aussi renverser la tendance de l'augmentation des effets néfastes de la viande conventionnelle et son industrie sur la santé globale des populations. L'impacte d'une telle généralisation de ces produits pourrait donc être le critère principal pour baisser les méfaits de l'industrie de la viande et sa consommation.

Il est donc primordial de bien comprendre le comportement du consommateur face aux nouveaux produits pour mieux maîtriser non seulement l'image des marques mais aussi se calibrer selon les attentes des consommateurs et leurs besoins. Le premier pas vers l'acceptation des nouveaux produits serait de sortir de l'idée que ce type de produits est uniquement réservé aux consommateurs qui se considèrent végétariens, malgré qu'ils soient la cible principale il n'en reste pas moins important de généraliser cette pratique et d'élargir la norme sur d'autres tranches de la population.

Il y a plusieurs facteurs qui peuvent influencer l'acceptation des nouveaux aliments, à commencer par le type d'aliment lui-même. Plusieurs études ont démontré 3 facteurs

Chapitre 4 : Perception des consommateurs et acceptation sociale des nouveaux produits mis sur le marché

principaux qui reviennent dans le choix et la perception des consommateurs, à savoir l'intérêt de l'aliment et son effet positif (environnement, santé...), le niveau de transformation de l'aliment (plus l'aliment est transformé ou non naturel moins il sera attrayant aux yeux des consommateurs), et cela selon la norme NOVA, et en fin, la qualité organoleptique c'est-à-dire le goût et l'apparence, dans le cas des produits alternatifs leur ressemblance aux produits conventionnels. D'autres facteurs peuvent être rajoutés à cela comme le contexte socio-économique qui se traduit par le prix du nouveau produit comparé au produit conventionnel en équation avec le pouvoir d'achat de la population en question, la dimension culturelle expliquée par non seulement les habitudes alimentaires de consommateurs, mais aussi les croyances religieuses et culturelles (Onwezen, 2021).

Tableau IV : Aperçu simplifié des moteurs les plus pertinents de l'acceptation par les consommateurs des différentes protéines alternatives (Onwezen, 2021)

Légumineuses	Viande végétale alternative	Algues	Insectes	Viande cultivée
<ul style="list-style-type: none"> • Motifs : goût, santé et environnement • Normes sociales 	<ul style="list-style-type: none"> • Motifs : goût, santé • Normes sociales 	<ul style="list-style-type: none"> • Motifs : goût, santé • Familiarité • Néophobie alimentaire 	<ul style="list-style-type: none"> • Motifs : goût, santé et environnement • Pertinence et familiarité • Dégout, peur et néophobie alimentaire • Normes sociales 	<ul style="list-style-type: none"> • Motifs : Gout et environnement • Dégout, néophobie alimentaire • Confiance

Le premier enjeu donc des entreprises de ce nouveau secteur est d'étudier le comportement des consommateurs et de se positionner stratégiquement dans le marché, cela relève du volet du marketing, alors on parle de segmentation, ciblage et positionnement. Pour se faire, les entreprises doivent commencer par définir quel tranche de consommateurs sont les plus susceptibles d'avoir une acceptation élevée au type de produits proposés, et déterminer les facteurs qui jouent sur le choix de cette tranche, pour en suite, établir un éventail de qualité qui traduit les besoins des consommateurs pour en fin mieux cibler les consommateurs.

Chapitre 4 : Perception des consommateurs et acceptation sociale des nouveaux produits mis sur le marché

Il est actuellement établi que les premières cibles des entreprises dans le secteur des produits alternatifs sont les populations ayant une prédisposition à cet aliment en question. Ces critères peuvent être de l'ordre culturelles comme par exemple, les populations habituées à consommer des insectes dans leur alimentation seront culturellement plus aptes à accepter des aliments à base d'insectes, dans ce cas, il serait plus judicieux de commencer à commercialiser ces produits dans ces régions, ce qui par la suite, va générer une normalisation et banalisation de la pratique chez les populations les moins aptes à accepter cet aliment et donc la possibilité de généraliser la pratique. Il y a le facteur économique et politique, ce qui a été le cas de la marque américaine *just eat* qui a choisi, en tant que premier marché, le Singapour pour commercialiser leur viande cultivée. Ce choix qui n'est pas anodin s'est fait principalement à cause de l'expression du gouvernement singapourien en faveur de toute innovation portant sur le domaine alimentaire à baisser la dépendance du pays pour l'importation des produits alimentaires et également un travail de sensibilisation de la population Singapourienne pour ce type de produit. Ils se sont engagés à faciliter les modalités d'octroi des autorisations de commercialisation sur son territoire. Il était donc clair que cette communauté était prédisposée à mieux accepter les aliments alternatifs et que leur perception pour ce type d'aliment était plus favorable que par exemple les consommateurs américains, qui pour la plupart ne voient pas l'intérêt de changer leur alimentation qui est déjà bien riche en viande rouge, dans ce cas le résultat de l'équation serait défavorable à la viande *in vitro* comparée à la viande conventionnelle.

Le terme néophobie alimentaire est souvent utilisé pour référer à ce phénomène de réticence à consommer de nouveaux aliments, il signifie littéralement « Peur de manger des aliments nouveaux ». Il peut avoir une double signification, mais dans la perspective phylogénétique, il renvoie à la méfiance face aux aliments nouveaux et inconnus. Il est théoriquement lié à un dilemme dont les humains étant omnivores font face: Il doit, pour des raisons biologiques rechercher à varier ses aliments afin d'avoir tous les nutriments dont il a besoin pour sa survie, et en même temps, les aliments inconnus peuvent être potentiellement dangereux. Son rapport à l'alimentation oscille donc, entre la crainte de l'inconnu, la prudence, la résistance à l'innovation, l'angoisse de l'incorporation. En d'autres termes, la néophobie, et la recherche de nouveauté, la tendance à l'exploration, le besoin de changement, c'est-à-dire la néophilie (Rozin, 1976 ; Fischler, 1979). L'évolution contemporaine des pratiques alimentaires et surtout des modes de production renforcerait la néophobie et Fischler parle ainsi d'OCNI : Objets Comestibles Non Identifiés (Rochedy et Poulain, 2015).

Chapitre 4 : Perception des consommateurs et acceptation sociale des nouveaux produits mis sur le marché

La meilleure façon de contrer cette méfiance vis-à-vis des nouveaux aliments est la communication, en effet, plus les consommateurs en connaissent d'avantage sur le produit en question, en allant des matières premières utilisées et leur provenance jusqu'à la technologie de fabrication, moins il aura peur et sera moins hostile, étant donné qu'il sera familiarisé, et l'idée de consommer des nouveaux aliments sera banalisée (Rozin, P.Millman, L.Nemeroff .1986).

Selon certaines études, informer les consommateurs sur le produit a un léger impacte positif sur leur choix, plus particulièrement sur les effets positif sur le bien être animale et sur l'environnement que pourrait avoir ce mode de consommation à long terme. Il est claire que cette information prend plus de valeur aux yeux des concernés si elle vient d'autorités scientifiques tel que des organisations internationales et autres.

3. Conclusion

En conclusion, il est absolument essentiel d'engager le consommateur dans un processus d'information et de se focaliser sur un message claire et à porté de tous le monde pour changer la perception méfiante ou retissant des consommateurs vis-à-vis des aliments alternatifs si on veut les normaliser dans le paysage alimentaire et avoir un impacte considerable et ceci, à long terme.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le système alimentaire actuel pose de nombreux problèmes sur différents plans, plusieurs gouvernements et Organisations scientifiques se joignent à dire que nos habitudes alimentaires actuelles ne sont pas bénéfiques sur de nombreux points et qu'il est possible d'améliorer les méfaits directe et indirecte de ce système établi depuis l'avènement des civilisations , ce changement sera sur certains points radicale et sur d'autre superficiel et l'objectif étant d'implanter un but commun a toutes les communautés , celui de mettre la durabilité dans les critères et normes de toutes les prochaines avancées , cette politique commune est déjà bien connue et expliquée , beaucoup de campagnes de sensibilisations ont été entreprises dans ce sens pour éclaircir les raisons de cette politique et les actions a entreprendre au niveau individuel ou plus largement industriel .

Cela dit , il ne faut pas perdre de vue la complexité de la question , il est pratiquement inconcevable de parler de solutions lorsque on réfère à l'une des possibles sources alternatives de protéines , il s'agirait plutôt d'un ensemble de possibilité qu'il faudrait développer en parallèle les unes des autres , tout en essayant d'améliorer la source du problème en lui-même , c'est-à-dire l'industrie des viandes et autres produits d'origine animale . en élargissant le choix en matière de sources de protéines , on laisse en quelques sortes du temps au systèmes d'élevages actuels de se renouveler de manière à être plus durable et moins fatale à l'environnement , sans pour autant mettre en danger la sécurité alimentaire et la disponibilité des protéines globalement , ce qui engendrera un système alimentaire plus flexible grâce aux choix et possibilités qu'il offre selon les conditions individuelles et plus vastes en ce qui concerne les conditions propres de chaque région , mais aussi un système qui pèse moins sur l'environnement et les conditions politiques et économiques des pays en proposant des alternatives moins couteuses en terme de ressources naturelles et donc moins cher sur le prix du produit.

Plusieurs difficultés sont relevés et cela sur plusieurs plans , techniques , économiques et sociologiques , cela dit , il est plus aujourd'hui plus que jamais possible d'avancer vers un système alimentaire sain globalement , et particulièrement dans le volet des protéines alternatives.

Références bibliographiques

Références bibliographie

A

- Alcorta, A., Porta, A., Tárrega, A., Alvarez, M. D., Vaquero, M. P. (2021). Foods for Plant-Based Diets: Challenges and Innovations. *Foods*, 10(2), 293.
- Arnold V . H. , Joost V .I . ,Harmke K., Esther M., Afton H., Giulia M., Paul V. ; Edible insects: future prospects for food and feed security ; *food and agriculture organization of the united nations, Rome, 2013*

B

- Becker, E. W. (2007).Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances*, 25(2), 207–210.
- Benjaminson, M. ., Gilchrist, J. ., Lorenz, M. (2002). In vitro edible muscle protein production system (mpps): stage 1, fish. *Acta Astronautica*, 51(12), 879–889.

C

- Capelli, B., Cysewski, G. R. (2010).Potential health benefits of spirulina microalgae. *Nutrafoods*, – 9(2), 1926.
- Černá, M. (2011).Seaweed Proteins and Amino Acids as Nutraceuticals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 297–312.
- Chronakis, I. S., Madsen, M. (2011).Algal proteins. *Handbook of Food Proteins*, 353–394.
- Cooney, C. L., Rha, C., Tannenbaum, S. R. (1980). Single-Cell Protein: Engineering, Economics, and Utilization in Foods. *Advances in Food Research* Volume 26, 1–52.

D

- Datar, I., Betti, M. (2010). Possibilities for an in vitro meat production system.*Innovative Food Science &Emerging Technologies*, 11(1), 13–22.

Bibliographie

- Drewnowski, A. (2021). Plant-based milk alternatives in the USDA Branded Food Products Database would benefit from nutrient density standards. *Nature Food*, 2(8), 567–569.
- Dupont, J., Fiebelkorn, F. (2020). Attitudes and acceptance of young people toward the consumption of insects and cultured meat in Germany. *Food Quality and Preference*, 103983.

F

- FAO. (2020), l'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2020. Transformer les systèmes alimentaires pour une alimentation saine et abordable. Rome, FAO
- Fleurence, J., Morançais, M., Dumay, J. (2018). Seaweed proteins. *Proteins in Food Processing*, 245–262.
- Food and Agriculture Organization (2013). Food Balance Sheets; *Food and Agriculture Organisation of the United Nations: Rome, Italy*,

G

- GAIN and the institute of agriculture and trade policy (IATP). (2018). Emissions impossible: How big meat and dairy are heating up the planet. *Climate*.
- García-Garibay, M., Gómez-Ruiz, L., Bázquez, E. (1999). SINGLE-CELL PROTEIN / Yeasts and Bacteria. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2027–2034.
- George, A. Shaji. (2020). The development of lab-grown meat which will lead to the next farming revolution. *Proteus* (Shippensburg, Pa.). 11. 1-25.

H

- Harnedy, P. A., FitzGerald, R. J. (2011). BIOACTIVE PROTEINS, PEPTIDES, AND AMINO ACIDS FROM MACROALGAE1. *Journal of Phycology*, 47(2), 218–232.
- Henning Steinfeld, Pierre Gerber, Tom Wassenaar, Vincent Castel, Mauricio Rosales, Cees de Haan. (2009), l'ombre portée de l'élevage : impacts environnementaux et options pour leur atténuation, *Organisation des nations unies pour l'alimentation (FAO), Rome*.

Bibliographie

- Huang, Y. T., Kinsella, J. E. (1986). Functional properties of phosphorylated yeast protein: solubility, water-holding capacity, and viscosity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34(4), 670–674.

J

- Jean-François Hocquette. (2016). La viande artificielle : utopie ou future réalité ?.Notes Académiques de l'Académie d'Agriculture de France(N3AF), 5, pp.1-6.

K

- Kriss Spalvins, Lauma Zihare, Dagnija Blumberga (2018), Single cell protein production from waste biomass: comparison of various industrial by-products, *Energy Procedia* (147) ,409-418.
- Kyriakopoulou, K., Dekkers, B., van der Goot, A. J. (2019). Plant-Based Meat Analogues.*Sustainable Meat Production and Processing*, 103–126.

L

- Lee, Y.-K.(1997). *Journal of Applied Phycology*, 9(5), 403–411.
- Lemken, D., Spiller, A., Schulze-Ehlers, B. (2019). More room for legume – Consumer acceptance of meat substitution with classic, processed and meat-resembling legume products. *Appetite*, 104412.
- Jean-Louis Cuq. (2018). Les protéines végétales alternatives aux protéines animales. Comment accroître leur niveau de qualité ? ; *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier*, Toulouse.
- Litchfield, J. H. (1980). Microbial Protein Production. *BioScience*, 30(6), 387–396.

M

- M. Tziva, S.O. Negro, A. Kalfagianni, M.P. Hekkert, (2020),*Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes*,*Environmental Innovation and Societal Transitions* 35 (2020) 217–231

Bibliographie

- Marc Dufumier. (2015). Enjeux alimentaires mondiaux et agricultures familiales, *Bulletin de l'association de géographes français*, 92-3 | 2015, 413-
- Masojídek, J., Torzillo, G. (2014). Mass Cultivation of Freshwater Microalgae. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*

N

- Nicolas Ouédraogo, Aly Savadogo, Marius K. Somda, Cheikna Zongo, Alfred S. Traore, .(2012). Essai de production de protéines d'organismes unicellulaires par des souches de levures à partir de résidus de tubercules de patate douce et d'igname, *BASE* [En ligne], 16 4, 463-467
- Nigam, P. (1999). SINGLE-CELL PROTEIN | Mycelial Fungi. *Encyclopedia of Food Microbiology*, 2034–2044.

P

- Patarra, R. F., Paiva, L., Neto, A. I., Lima, E., Baptista, J. (2010). Nutritional value of selected macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 23(2), 205–208.
- Piornos, J. A., Burgos-Díaz, C., Ogura, T., Morales, E., Rubilar, M., Maureira-Butler, I., Salvo-Garrido, H. (2015). Functional and physicochemical properties of a protein isolate from Alu Prot -CGNA: A novel protein-rich lupin variety (*Lupinus luteus*). *Food Research International*, 76, 719–724.
- Post, M. J. (2018). Proteins in cultured beef. *Proteins in Food Processing*, 289–298. *Proteins-An Overview, Curr. Rese. Agri. Far.* 1(4), 9-12

R

- Rochedy, A. Poulain, J. (2015). Approche sociologique des néophobies alimentaires chez l'enfant. *Dialogue*, 209, 55-68.
- Rozin, P.; Millman, L.; Nemeroff, C. (1986). Operation of the laws of sympathetic magic in disgust and other domains. *J. Personal. Soc. Psychol.* 50, 703.

S

- Saeed, M. S., Saeed, A., Adnan, M., (2020). Production and Utilization of Single Cell
- Sawicka B., Umachandran K., Nasir N.A., Skiba D. (2020) Alternative and New Protein Sources. In: Egbuna C., Dable Tupas G. (eds) *Functional Foods and Nutraceuticals*. Springer, Cham
- Schifferstein, H. N. (2020). Changing food behaviors in a desirable direction. *Current Opinion in Food Science*, 33, 30–37.
- Semba, R. D. (2016). E-Mail The Rise and Fall of Protein Malnutrition in Global Health.
- Sethi, S., Tyagi, S. K., Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 53(9), 3408–3423.
- Siegrist M. & Sütterlin B.. (2017). Importance of perceived naturalness for acceptance of food additives and cultured meat, *Appetite*
- Simon Billing , Heidi Spurrell.(2018) . The Protein Challenge 2040 Initiative at Forum for the Future, *New Protein Sources , SIGHT AND LIFE* | London, United Kingdom , Volume. 32(1)
- Skotnicka, M., Karwowska, K., Kłobukowski, F., Borkowska, A., Pieszko, M. (2021). Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. *Foods* , 10(4), 766.

T

- Tantamango-Bartley Y., Jaceldo-Siegl K., Fan J., Fraser G.(2013).Vegetarian diets and the incidence of cancer in a low-risk population. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention*.;22(2):286–294
- Tuomisto, H. L., Teixeira de Mattos, M. J. (2011).Environmental Impacts of Cultured Meat Production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123.
- Tuso, P. (2013). Nutritional Update for Physicians: Plant-Based Diets. *The Permanente Journal*, 17(2), 61–66.

U

- Ugalde, U. O., Castrillo, J. I. (2002). Single cell proteins from fungi and yeasts. *Applied Mycology and Biotechnology*, 123–149

V

- Van der Weele, C., Tramper, J. (2014). Cultured meat: every village its own factory? *Trends in Biotechnology*, 32(6), 294–296.
- Van Krimpen, M.; Bikker, P.; Van der Meer, I.; Van der Peet-Schwering, C.; Vereijken, J. (2013). Cultivation, Processing and Nutritional Aspects for Pigs and Poultry of European Protein Sources as Alternatives for Imported Soybean Products; *Wageningen UR Livestock Research: Lelystad, The Netherlands, 2013*; 48.
- Van Loo, E. J., Caputo, V., Lusk, J. L. (2020). Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat, and plant-based meat alternatives: Does information or brand matter?. *Food Policy*, 101931.
- Verbeke, W., Marcu, A., Rutsaert, P., Gaspar, R., Seibt, B., Fletcher, D., Barnett, J. (2015). “Would you eat cultured meat?”: Consumers’ reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. *Meat Science*, 102, 49–58.

W

- WIEBE, M. G. (2004). Quorn™ Myco-protein - Overview of a successful fungal product. *Mycologist*, 18(1), 17–20.

Z

- Zafar, Muhammad Aqib, Amjad & Saeed, Muhammad & Farag, Mayada & Alagawany, Mahmoud. (2021). Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition. *Aquaculture*. 531. 735885.
- Zeece, M. (2020). Food colorants. *Introduction to the Chemistry of Food*, 313–344.

Résumé

Depuis des décennies, les problèmes liés aux modes de consommation et au système alimentaire mondial font poser des questions sur le devenir de l'alimentation humaine dans le futur. La malnutrition due à plusieurs facteurs dont le réchauffement climatique, les contextes politiques et la pauvreté de certaines régions, sont le sujet d'inquiétudes grandissantes. Pour toutes ces raisons, des possibilités d'alternatives alimentaires sont étudiées, notamment pour l'apport d'un nutriment particulièrement difficile d'accès dans les régions pauvres du globe, les protéines animales.

Dans ce sens, ce travail tente de mettre en lumière les raisons d'une possible transition vers un système alimentaire globale flexible, concernant les sources d'apport des protéines à valeur biologique proche ou identique à celle des protéines animales.

Les différentes sources proposées et leur intérêt nutritionnel sont les algues, les POU, la viande cultivée et les insectes.

Parmi les challenges rencontrés, l'intégration de ces protéines dans l'alimentation conventionnelle. Cette intégration doit se faire de manière étudiée de façon à cerner l'acceptation et la vision des consommateurs par rapport à ces aliments nouveaux. Ils doivent s'intégrer facilement aux habitudes alimentaires et donc, être suffisamment familiers.

En conclusion, les problèmes liés au secteur de l'élevage et plus particulièrement aux pratiques des élevages intensifs, suscitent des changements profonds dans le système alimentaire de manière globale.

Mots clé : Protéines alternatives. POU. Insectes. Algues. Viande cultivée. Substituts de viande.

Abstract

For decades, problems related to consumption patterns and the global food system have raised questions about the future of human food. Malnutrition due to several factors including global warming, political contexts and poverty in some regions are a matter of growing concern. For all these reasons, the possibilities of food alternatives are being explored, in particular for the supply of a nutrient that is particularly difficult to access in poor regions of the world, animal proteins.

In this sense, this work attempts to shed light on the reasons for a possible transition to a flexible global food system, concerning the sources of protein intake with a biological value close to or identical to that of animal protein.

The different sources proposed and their nutritional value are algae, POU, cultivated meat and insects.

Among the challenges encountered, the integration of these proteins into conventional food. This integration must be done in a studied manner in order to identify the acceptance and the vision of consumers with regard to these novel foods. They should easily fit into eating habits and therefore be sufficiently familiar.

In conclusion, the problems linked to the livestock sector, and more particularly to intensive farming practices, are causing profound changes in the food system as a whole.

Key words: Alternative proteins. SCP. Insects. Algae. Cultured meat. Meat substitutes.