

Table des matières

<u>LISTE DES ABRÉVIATIONS:</u>	6
RESUME	7
<u>1. INTRODUCTION :</u>	9
<u>2. CADRE DE RÉFÉRENCE</u>	10
<u>2.1.1 ENTOMOPHAGIE, DÉFINITION:</u>	10
<u>2.1.2 LES INSECTES EN ALIMENTATION HUMAINE:</u>	10
<u>2.1.3 COMPOSITIONS NUTRITIONNELLES DES INSECTES:</u>	15
<u>2.1.4 PERSPECTIVES NUTRITIONNELLES GÉNÉRALES:</u>	21
<u>2.1.5 INTÉRÊTS ÉCOLOGIQUES LIÉS À L'ÉLEVAGE D'INSECTES:</u>	25
<u>2.1.6 INTÉRÊTS GUSTATIFS DES INSECTES ET PRÉPARATIONS CULINAIRES COURANTES:</u>	28
<u>2.1.7 INTÉGRATION DES INSECTES DANS L'ALIMENTATION OCCIDENTALE:</u>	36
<u>2.1.8 RISQUES LIÉS À LA CONSOMMATION D'INSECTES:</u>	39
<u>2.1.9 NOTIONS D'ÉLEVAGE:</u>	42
<u>2.2.1: PRINCIPES DE TRANSFORMATION INDUSTRIELLE:</u>	46
<u>2.2.2: INTÉGRATION DES INSECTES EN SUISSE:</u>	48
<u>2.2.3: POSITIONNEMENT DIÉTÉTIQUE EXISTANT EN SUISSE:</u>	50
<u>2.2.4: PRÉSENTATION DE 3 ENTREPRISES QUI COMMERCIALISENT DES INSECTES EN SUISSE POUR L'ALIMENTATION HUMAINE:</u>	51
<u>2.2.5: IMPACT AUPRÈS DES CONSOMMATEURS SUISSES:</u>	55
<u>3. PROBLÉMATIQUE</u>	56
<u>3.1 JUSTIFICATION DE LA RECHERCHE:</u>	56
<u>3.2 QUESTIONS DE RECHERCHE:</u>	57
<u>3.3 HYPOTHÈSES:</u>	58
<u>4. BUT ET OBJECTIFS:</u>	59
<u>4.1 BUT:</u>	59
<u>4.2 OBJECTIFS:</u>	59
<u>5. MÉTHODE:</u>	60

<u>5.1 DESIGN DE LA RECHERCHE:</u>	60
<u>5.2 PROCÉDURE ET DÉROULEMENT:</u>	61
<u>6. RÉSULTATS:</u>	68
<u>6.1 COMPOSITIONS NUTRITIONNELLES:</u>	68
<u>6.2: ANALYSE SENSORIELLE DES PRODUITS À BASE D'INSECTES:</u>	74
<u>7. DISCUSSION</u>	77
<u>7.1 RAPPEL DES RÉSULTATS</u>	77
<u>7.2 MISE EN PERSPECTIVE PAR RAPPORT AU CADRE DE RÉFÉRENCE:</u>	81
<u>7.3 BIAIS, LIMITES ET POINTS FORTS :</u>	83
<u>7.4 CONSEILS POUR LA PRATIQUE DIÉTÉTIQUE :</u>	85
<u>8. CONCLUSION</u>	86
<u>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :</u>	87
<u>ANNEXES</u>	94

Liste des abréviations:

Kcal: kilocalories

NAP: niveau d'activité physique

AGS: acides gras saturés

AGPI: acides gras polyinsaturés

AGMI: acides gras monoinsaturés

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

NVS: Nutrient Value Score

SSN: société suisse de nutrition

HEdS : Haute école de santé (Genève)

AET : Apport énergétique total

RESUME

Contexte:

Il existe près de 2000 espèces d'insectes comestibles référencées de par le monde qui sont consommées par près de 2 milliards d'individus. La production d'insectes à l'échelle industrielle est considérée comme une possibilité d'alimentation durable car elle engendre moins de gaz à effet de serre et nécessite moins de ressource que la production de bétail. Les compositions nutritionnelles des insectes varient entre les espèces et au sein des mêmes espèces. Des facteurs comme l'alimentation et le stade de développement ont une influence majeure sur la composition nutritionnelle. Les insectes fournissent au moins autant d'énergie et de protéines par 100 grammes que d'autres produits animaux, soit :

Energie : 293 – 762 kcal / 100 g (poids sec)

Protéines : 13% - 77% (poids sec)

Trois espèces d'insectes sont admises sur le marché suisse depuis le 1^{er} mai 2017. Il s'agit du vers de farine, du grillon domestique et du criquet migrateur. La consommation d'insectes sur le plan national se situe pour l'heure encore dans un marché de niche et en des portions inférieures à une portion usuelle de produits d'origine animale.

Problématique :

Les compositions nutritionnelles des insectes légalisés en suisse ne sont pas documentées dans la table de composition suisse des aliments. Les diététiciens suisses ne sont que peu sensibilisés à la thématique de l'entomophagie.

But et objectifs :

Documenter la thématique de l'entomophagie par une revue narrative à l'égard des diététiciens. Etudier les compositions nutritionnelles des insectes légalisés en Suisse avec une analyse d'études quantitatives qui comparent les compositions nutritionnelles. Compléter la recherche en incluant des valeurs nutritionnelles disponibles sur les sites qui commercialisent des insectes en Suisse. Effectuer une recherche qualitative avec une analyse sensorielle de 3 produits à base d'insectes disponibles sur le marché suisse.

Méthodes :

Pour la recherche quantitative, les insectes analysés doivent provenir d'élevages. Ils doivent être à un stade de développement comparable à celui des insectes admis en suisse. Les études ne sont pas retenues si les articles présentent uniquement des moyennes de compositions nutritionnelles qui incluent d'autres espèces d'insectes dans le calcul des valeurs présentées.

Résultats :

Vers de farine	Grillons domestiques	Criquets migrateurs
Données de la littérature		
Energie : 306 kcal – 577 kcal	Energie : 153 kcal – 455 kcal	Energie : 480 kcal – 500 kcal
Protéines : 21 g – 68 g	Protéines : 15 g – 75 g	Protéines : 51 g – 71 g
Lipides : 15 g – 27 g	Lipides : 4.5 g – 25 g	Lipides : 10 g – 11 g
Glucides : non spécifié	Glucides : non spécifié	Glucides : 5 g – 6 g
Compositions disponibles sur le marché suisse		
Energie : 542 - 550 kcal	Energie : 444 - 465 kcal	Energie : 557 – 559 g kcal
Protéines : 45.1 – 48.9 g	Protéines : 57.3 – 64.2 g	Protéines : 48 g
Lipides : 34.9 – 37.2 g	Lipides : 20.9 – 21.5 g	Lipides : 38 g
Glucides : 5.4 – 5.8 g	Glucides : 2.7 – 5.5 g	Glucides : 1 g

Lors de l'analyse sensorielle, les produits à base d'insectes ont été décrits avec une saveur rappelant la saveur umami. L'aspect et la texture des produits ont été comparés à des produits végétariens. La perception de fragments d'insectes a engendré une sensation de dégoût face aux produits.

Discussion :

Les compositions nutritionnelles issues de la littérature présentent des variations importantes. L'alimentation des insectes est le facteur majeur qui a influencé les résultats. L'analyse sensorielle est sujette à trop de biais pour pouvoir être pertinente (biais de sélection, biais de désirabilité sociale).

Conclusion :

Il n'est pas possible de se positionner clairement sur les compositions nutritionnelles des insectes en Suisse à l'aide d'études réalisées sur des insectes d'élevages internationaux. Afin d'obtenir des résultats plus pertinents, il serait intéressant de comparer exclusivement des valeurs issues d'analyses d'échantillons de production helvétique.

1. INTRODUCTION :

Vous avez probablement déjà tous consommé indirectement des insectes. Ils ont pu être utilisés comme colorant dans le yaourt que vous appréciez peut-être tant, ou ils ont servi à faire le miel de votre tartine du matin. Quelques fragments d'insectes peuvent même s'être retrouvés piégés dans vos conserves de légumes, comme vos purées de tomates. Il se peut aussi qu'il y en ait eu dans les céréales, donc peut-être au final dans votre pain. Vous avez ainsi sûrement déjà mangé des insectes sans le savoir. (1-2)

Vous ressentez peut-être du dégoût à cette idée. Il se peut qu'a priori vous ne vous imaginiez pas pouvoir manger des insectes, ou que vous ne considériez simplement pas cela comme un aliment. (2)

Cette sensation est culturelle car les insectes ne sont traditionnellement pas intégrés dans l'alimentation occidentale. Ils peuvent renvoyer à des représentations symboliques de saleté et de pourriture, qui sont des freins à la consommation. (3)

Les insectes sont pourtant consommés par environ 2 milliards d'individus dans le monde. Vous en avez peut-être vu sur les marchés lors d'un voyage en Asie, en Amérique du Sud ou en Afrique, là où les insectes sont culturellement intégrés dans l'alimentation. Ils contribuent activement à l'équilibre alimentaire de ces populations par leur forte teneur en nutriments tels que les protéines, les acides gras essentiels ainsi que les vitamines et minéraux. Les insectes y sont aussi appréciés pour leur goût, ce qui en fait un met de choix dans les cultures qui y sont habituées. (3-4)

La croissance démographique mondiale impose de réfléchir à la suffisance alimentaire des populations. L'élevage de bétail ayant un bilan écologique coûteux, il convient de trouver d'autres sources de protéines alimentaires dont la production est moins délétère sur l'environnement. La FAO recommande ainsi l'élevage d'insectes à grande échelle comme approche de lutte contre la malnutrition. (4)

Les cultures occidentales ont ainsi progressivement légiféré sur l'intégration des insectes dans l'alimentation. La Suisse est le 1^{er} pays sur le continent européen à réglementer 3 espèces d'insectes comme denrée alimentaire. (5)

Ce travail de Bachelor propose de documenter la thématique de la consommation d'insectes à travers une perspective nutritionnelle, en ciblant sur la situation suisse. Le cadre de référence permet de s'informer sur la thématique de la consommation d'insectes d'une manière générale. Une recherche spécifique de littérature apporte un regard sur les compositions nutritionnelles des insectes légalisés comme denrée alimentaire en Suisse. Une analyse sensorielle de quelques produits à base d'insectes disponibles sur le marché suisse, couplé à un focus group, permet de renforcer le travail de positionnement diététique. Ce travail est conclu par une discussion avec des conseils pour la pratique diététique.

Je vous souhaite une agréable lecture.

Damir Scheidegger

2. Cadre de référence

2.1.1 Entomophagie, définition:

Le terme d'entomophagie est éthymologiquement issue des termes grecs « entoma », qui signifie « insectes », et à « -phage » qui veut dire « mangeur ». L'entomophagie désigne ainsi le fait de se nourrir d'insectes. Bien que ce terme soit surtout employé dans l'étude de l'alimentation animale, l'entomophagie peut également s'utiliser en alimentation humaine. (2)

2.1.2 Les insectes en alimentation humaine:

Origine de l'entomophagie:

L'entomophagie humaine est ancestrale: des analyses isotopiques des os et de l'émail des dents prélevés sur des restes d'australopithèques semblent montrer que leur régime alimentaire pouvait contenir des insectes. La consommation d'insectes pourrait donc remonter à des millions d'années. (3)

Au cours de l'histoire, l'alimentation humaine s'est diversifiée sur le globe terrestre en fonction des milieux géographiques, des ressources disponibles ainsi que des méthodes de chasse, de culture et d'élevage développées. (6)

Ainsi, les populations des régions tempérées, comme en Europe, ont principalement rejeté l'utilisation des insectes comme denrée alimentaire. (4)

Plusieurs perspectives sont à prendre en compte pour tenter de comprendre d'une manière générale le choix des civilisations occidentales de ne pas avoir intégré les insectes dans leur régime alimentaire:

- Historiquement, la zone européenne semble avoir été une région où l'agriculture s'est rapidement tournée vers l'élevage de mammifères comme principale source de nutriments d'origine animale. L'avantage de ce type d'élevage réside non seulement dans la quantité de nutriments apportés par la viande par rapport au poids de l'animal, mais également dans une production complémentaire, comme les produits laitiers, la laine, le cuir et tous les autres produits issus des mammifères. Ces avantages pourraient hypothétiser le choix originel des civilisations occidentales à privilégier l'élevage de mammifères à la collecte d'insectes sauvages. (4)
- Une autre piste suggère que les insectes qui vivent dans les régions tropicales sont plus gros et qu'ils vivent en groupes plus importants. La quantité amassée est donc plus intéressante. Certains insectes y sont disponibles toute l'année, alors que dans les zones tempérées les espèces doivent hiberner pour se protéger du froid. Ils sont

alors moins facilement repérables et ils ne se développent plus durant cette période, ce qui rend la collecte moins fructueuse et moins intéressante. (4)

- Un troisième aspect réside dans la dimension culturelle. Le christianisme, qui a prohibé la consommation de la majorité des insectes, sauf la classe des sauterelles et des grillons, peut être un facteur d'influence important des occidentaux à ne pas avoir considéré les insectes comme une denrée alimentaire. (6)
Parce-qu'ils peuvent se nourrir de céréales, les insectes ont été associés à des nuisibles qui détruisent les récoltes agricoles. Ils ont ainsi véhiculé une image culturellement négative. (4)
- Une dernière perspective considère la nature symbolique des insectes. Ils renvoient à la pourriture des aliments et à la putréfaction des corps, donc à quelque chose qui n'est pas considéré comme commestible mais plutôt comme quelque chose de sale et à éviter. (2)
Les multiples crises sanitaires qui ont frappé l'Europe au cours des siècles ont pu renforcer la crainte de consommer quelque chose qui renvoie inconsciemment à la saleté. (4)

Consommation d'insectes dans le monde:

L'entomophagie peut sembler impensable pour certains mais c'est une réalité qui concerne actuellement près de 2 milliards de personnes. Il existe environ 2000 espèces d'insectes qui sont répertoriées comestibles à travers le monde. (Figure 1)

Les insectes sont consommés majoritairement par des populations d'Asie, d'Afrique, d'Australie et d'Amérique du Sud. (4)

Les insectes les plus couramment intégrés dans l'alimentation appartiennent à l'ordre des Lépidoptères, des Coléoptères, des Orthoptères, des Isoptères, des Hyménoptères et des Hémiptères.

On y retrouve plus concrètement les chenilles et les papillons, les scarabées, les criquets, les grillons, les termites, les fourmis, les abeilles, les guêpes et les punaises. (7) (Tableau 1)

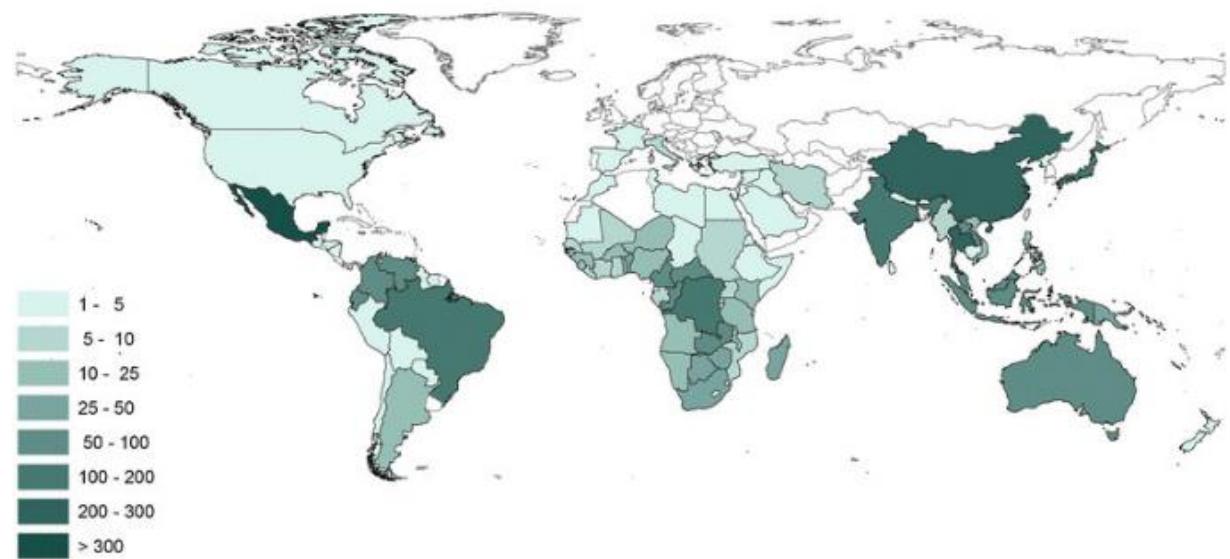
Les insectes ne sont pas consommés traditionnellement dans les régions les plus développées du monde. En revanche, les cultures occidentales utilisent depuis des millénaires des produits dérivés des insectes, comme le miel avec les autres produits de la ruche, ou bien la soie issue des vers qui la produisent. (8)

On rencontre aussi depuis l'ère industrielle d'autres produits dérivés des insectes, comme par exemple l'additif alimentaire E124, qui est un colorant rouge carmin issu des cochenilles (*Dactylopius coccus*). Ce colorant est utilisé par les industries alimentaires, mais aussi par les industries textiles et pharmaceutiques. (2,8,9)

Il semblerait qu'une fraction négligeable d'insectes se retrouve dans les denrées alimentaires industrialisées, comme les soupes, les purées de tomate, les conserves de légumes, etc.

Ce phénomène est dû à la présence d'insectes dans les récoltes (ex: oeufs de larves sur les céréales) (1, 2, 4, 8)

Figure 1: Répartition géographique des espèces d'insectes comestibles, par pays. (10)



Source: Centre for Geo Information, Wageningen University, based on data compiled by Jongma, 2012.

Tableau 1: Répartition des insectes les plus consommés dans le monde: (4, 7)

Ordre	Exemples avec dénomination courante	Représentation quantitative par rapport au total des insectes consommés	Zones de consommation principales
Coléoptères	Scarabées	31%	Angola, Congo, Ghana, Papouasie Nouvelle-Guinée, Philippines, Thaïlande, Colombie, Mexique
Lépidoptères	Chenilles, Papillons	18%	Angola, Nigéria, Soudan, Zimbabwe, nord et centre de l'Australie, Papouasie nouvelle guinée, Chine, Thaïlande, Mexique
Hyménoptères	Cigales, Cochenilles	14%	Philippines, Chine, Thaïlande, Papouasie Nouvelle-Guinée, Colombie, Mexique
Orthoptères	Criquets, Grillons	13%	Malawi, Soudan, Zimbabwe, Philippines, Thaïlande, Papouasie Nouvelle-Guinée, Colombie, Mexique
Hémiptères	Punaises	10%	Chine, Thaïlande, Mexique, Papouasie Nouvelle-Guinée
Isoptères	Termites	3%	Angola, Cameroun, Kenya, Nigéria, Zimbabwe, Philippines, Colombie
Odonates	Libellules	3%	Non spécifié
Diptères	Mouches	2%	Non spécifié
Autres	Non spécifié	5%	Non spécifié

2.1.3 Compositions nutritionnelles des insectes:

Problématique générale:

La composition nutritionnelle des insectes est extrêmement variable en fonction des espèces et au sein d'un même groupe. Des facteurs comme l'alimentation, l'âge et l'environnement de l'insecte peuvent modifier sa composition nutritionnelle, ce qui rend difficile la généralisation des données. Les espèces qui traversent plusieurs stades de métamorphose présentent des variations de composition particulièrement importantes au cours de leur développement. C'est le cas par exemple des fourmis, des punaises et des abeilles. (4)

Energie:

Les besoins énergétiques moyens des individus adultes (25-65 ans) en santé avec un facteur d'activité léger ($NAP = 1.4$) peuvent être estimé compris entre 1700 - 1900 kcal par jour pour les femmes et 2200 - 2400 kcal par jour pour les hommes. (11)

D'une manière globale, il semble que certaines espèces d'insectes soient une source importante d'énergie car ils sont riches en protéines et en lipides. (12)

Une analyse de 78 espèces d'insectes au Mexique révèle des densités énergétiques comprises entre 293 - 762 kilocalories pour 100 grammes d'insectes séchés. (13)

Une revue de littérature qui analyse des bases de données de compositions nutritionnelles propose des teneurs médianes comprises entre 128 - 499 kcal par 100 grammes de produit cru. (*données incluant les vers à soie, les abeilles, les criquets, les vers palmistes, les chenilles du mopane et les vers de farine*) (14)

En comparaison avec d'autres produits d'origine animale: (15)

- La viande crue apporte environ 145 kcal par 100 grammes.
(*moyenne entre boeuf, veau, porc, mouton, gibier, volaille, agneau, sans les abats*)
- Les poissons à l'état cru fournissent une moyenne de 137 kcal par 100 grammes.
(mesure sur des poissons d'eau douce et de mer, sans précision).
- Les oeufs de poules apportent en moyenne 142 kcal par 100 grammes.
- Le lait représente en moyenne 62 kcal par 100 ml, une portion de 250 ml (un verre moyen) apportant ainsi environ 155 kcal.
- Les fromages apportent en moyenne entre 324 - 400 kcal par 100 grammes, une portion usuelle de 30 - 60 grammes représentant donc un apport de 108 - 217 kcal sur la moyenne des valeurs précédentes.
(mesure entre fromages à pâtes molles, à pâtes mi-dures et dures, sans précision)

Bien qu'il existe de fortes variations entre les compositions nutritionnelles des insectes, la comparaison précédente suggère que la densité énergétique d'une portion de 100g d'insectes crus et au moins équivalente, voire supérieur, à celle d'une portion comparable issue d'autres produits animaux.

Protéines et acides aminés:

Les protéines sont des macromolécules de tailles variables constituées d'acides aminés. Elles assurent des fonctions structurales, de reconnaissance et/ou d'interaction entre les tissus. C'est la composition en acides aminés qui définit la caractéristique de la protéine au sein de l'organisme. Bien qu'il existe de nombreux acides aminés, 20 d'entre eux sont utilisés pour la synthèse des protéines et 9 sont indispensables à l'être humain. On parle alors d'acides aminés essentiels pour caractériser ces 9 acides aminés indispensables. Il s'agit de la méthionine, de la lysine, du tryptophane, de la thréonine, de la phénylalanine, de l'isoleucine, de la valine, de la leucine et de l'histidine.

La consommation journalière d'une quantité suffisante de protéines est nécessaire pour le maintien de nombreuses fonctions de l'organisme, comme par exemple pour permettre le maintien de la masse musculaire ou pour favoriser la croissance.

La qualité des protéines alimentaires est déterminée selon leur composition en acides aminés, mais aussi selon leur digestibilité, c'est à dire leur capacité d'utilisation par l'organisme. (16)

Les protéines d'origine animale possèdent globalement une excellente digestibilité. On retrouve par exemple environ 94% de digestibilité pour les protéines issues de la viande de boeuf, et environ 92% de digestibilité pour les protéines des oeufs cuits (17-18)

Les besoins protéiques moyens des individus adultes (25-64 ans) en santé avec un facteur d'activité léger ($NAP = 1.4$) peuvent être estimé à 0.8 gramme de protéine par kilo de poids corporel par jour. Ainsi un adulte de 70 kilos aurait un besoin de 56 grammes de protéines par jour. (11)

En Suisse, selon l'enquête MenuCh effectuée entre 2014 et 2015, la consommation moyenne de protéines par habitant est de 111 grammes par jour. Cet apport élevé est relié à une consommation importante de protéines d'origine animale. (19)

Les insectes sont globalement une source intéressante de protéines avec une composition en acides aminés essentiels qui correspond généralement aux besoins humains, même si la teneur en protéines varie fortement selon les espèces. Le stade de développement influence la teneur en protéines des insectes, les formes adultes ayant tendance à en contenir davantage. L'alimentation est un facteur d'influence important concernant la teneur en protéines. Une analyse de sauterelles au Nigeria montre que les spécimens qui ont été nourris avec du son, qui contient une proportion importante d'acides gras essentiels, avaient presque deux fois plus de protéines au final que le groupe contrôle nourri avec du maïs. (4) Une étude décrit des teneurs en protéines qui varient entre 13% – 77% (mesure réalisée sur des insectes séchés). (20)

Cependant, il n'existe que peu de données concernant les teneurs précises en acides aminés et sur la digestibilité des protéines qui proviennent des insectes. (21)

La digestibilité des protéines d'insectes est cependant estimée comprise entre 76% – 96% selon une étude réalisée sur des insectes élevés au Mexique. (13)

En comparaison avec d'autres produits d'origine animale: (15)

- La viande crue apporte environ 21.5 grammes de protéines par 100 grammes. (*moyenne entre boeuf, veau, porc, mouton, gibier, volaille, agneau, sans les abats*)
- Les poissons à l'état cru fournissent une moyenne de 20 grammes de protéines par 100 grammes. (mesure sur des poissons d'eau douce et de mer, sans précision).
- Les oeufs de poules apportent en moyenne 12 grammes de protéines par 100 grammes.
- Le lait représente en moyenne 3.5 grammes de protéines par 100 ml, une portion de 250 ml (un verre moyen) apportant ainsi environ 8.5 grammes de protéines.
- Les fromages apportent en moyenne entre 20 - 27 grammes de protéines par 100 grammes, une portion usuelle de 30 - 60 grammes représentant donc un apport de 7 - 14 grammes de protéines. (calculée sur la moyenne des valeurs précédentes) (mesure entre fromages à pâtes molles, à pâtes mi-dures et dures, sans précision)

Lipides et qualité des acides gras:

Les lipides apportés par l'alimentation se trouvent sous plusieurs formes et assurent des fonctions différentes au sein de l'organisme. Les triglycérides servent par exemple à la production d'énergie, tandis que les phospholipides assurent un rôle structural en constituant notamment les membranes cellulaires. La quantité de lipides de l'aliment et la qualité des acides gras qui le compose sont un facteur important pour apprécier l'intérêt nutritionnel d'un produit alimentaire. (16)

Les recommandations suisses proposent d'adopter pour des individus adultes (*19-65 ans*) une proportion de 30% de lipides dans l'apport énergétique total. Chez un homme adulte aux besoins énergétiques de 2300 kcal/jour cela correspond à environ 80 grammes de gras sur la journée. (11)

Les lipides présents dans les denrées alimentaires d'origine animale comportent différentes proportions d'AGS, d'AGMI et d'AGPI.

Les AGS assurent un rôle important dans la dépense énergétique et ils participent à la constitution des phospholipides, même s'il n'est pas indispensable d'en consommer. Ils sont particulièrement présents dans les graisses d'origine animale et dans certaines graisses végétales comme celle de palme ou de coco. De part leur résistance aux températures de cuisson élevées et leur propriété en tant qu'exhausteur de goût, les AGS sont largement utilisés par les industries agro-alimentaires. Néanmoins, un excès d'AGS dans l'alimentation est associé à la mortalité cardiovasculaire. (16)

De ce fait, les recommandations suisses conseillent de conserver un apport d'AGS inférieur à 10% de l'apport énergétique total. (22)

Chez un homme adulte aux besoins énergétiques de 2300 kcal/jour cela correspond à moins de 25 grammes de graisse saturée par jour.

Les AGMI sont présents en quantité importante dans le régime alimentaire humain. Ils sont essentiellement utilisés comme source d'énergie. Ils devraient représenter la part principale des lipides dans l'alimentation. (16)

Les recommandations suisses proposent d'avoir un ratio d'AGMI dans l'alimentation tournant autour de 10-15% de l'apport énergétique total, et au maximum 20%.

Chez un homme adulte aux besoins énergétiques de 2300 kcal/jour cela correspond à environ entre 25 - 40 grammes d'AGMI sur la journée. (22)

Parmi les types d'AGPI, 2 d'entre eux sont considérés comme essentiels, c'est-à-dire que l'organisme ne peut les synthétiser. Ces acides gras sont indispensables pour la croissance et pour l'entretien des fonctions de tous les tissus: ils doivent ainsi absolument être apportés par l'alimentation. Il s'agit de l'acide linoléique (18:2 n-6) et de l'acide α -linolénique (18:3 n-3), respectivement plus couramment connu sous les noms d'oméga-6 et d'oméga-3. Les oméga-6 ont des propriétés inflammatoires lorsqu'ils sont consommés en excès. Ils s'avèrent présents en forte quantité dans l'alimentation des pays occidentaux. Les oméga-3 ont, au contraire des oméga-6, des propriétés anti-inflammatoires. On les retrouve plus fréquemment dans les graisses de poissons, mais aussi dans les huiles végétales telles que celle de colza, de noix ou de lin. (16)

Les recommandations suisses conseillent d'entretenir un apport alimentaire d'oméga-6 entre 2.5% - 9% de l'apport énergétique totale, et celui des oméga-3 entre 0.5% - 2%. Chez un homme adulte aux besoins énergétiques de 2300 kcal/jour cela correspond à environ 7 - 23 grammes d'oméga-6 et 1.5 - 5 grammes d'oméga-3. (22)

Les insectes sont riches en lipides, notamment en AGPI et en AGMI. Ils contiennent entre 10% et 60% de lipides. Certains insectes contiennent également les acides gras essentiels oméga-3 et oméga-6. (20)

La composition en lipides de l'insecte est la teneur la plus variable de ses macronutriments. Les formes larvaires ont généralement tendance à être plus riches en graisses que les formes adultes, sauf pour le criquet qui est plus gras adulte qu'à l'état de nymphe. (4)

En comparaison avec d'autres produits d'origine animale: (15)

- La viande crue apporte environ 6.6 grammes de lipides par 100 grammes. (*moyenne entre boeuf, veau, porc, mouton, gibier, volaille, agneau, sans les abats*)
- Les poissons à l'état cru fournissent une moyenne de 6.2 grammes de lipides par 100 grammes. (mesure sur des poissons d'eau douce et de mer, sans précision).
- Les oeufs de poules apportent en moyenne 10.3 grammes de lipides par 100 grammes.
- Le lait représente en moyenne 3.3 grammes de lipides par 100 ml, une portion de 250 ml (un verre moyen) apportant ainsi environ 8 grammes de lipides.
- Les fromages apportent en moyenne entre 27 - 32 grammes de lipides par 100 grammes, une portion usuelle de 30 - 60 grammes représentant donc un apport de 9 - 18 grammes de lipides. (calculée sur la moyenne des valeurs précédentes) (mesure entre fromages à pâtes molles, à pâtes mi-dures et dures, sans précision)

Glucides:

Les glucides servent d'approvisionnement en glucose, qui est le substrat principal de la production d'énergie. (16)

Les recommandations suisses conseillent un apport en glucides de l'ordre de 45% - 55% de l'apport énergétique total. Chez un homme adulte cela représente un apport journalier de 260 - 315 grammes de glucides. (23)

Les insectes ne contiennent que peu de glucides. La répartition de la teneur glucidique des insectes peut varier de 1% de leur masse totale jusqu'à 10% chez certaines espèces, (24)

Il n'y a pas de glucides dans les produits d'origine animale précédemment comparés. (15)

Fibres:

Le terme de "fibres" renvoie aux fibres alimentaires qui ne sont pas digérées par les enzymes digestives. Elles proviennent surtout des végétaux mais on peut aussi les retrouver dans d'autres composants comme la carapace des crustacés. Les fibres assurent divers rôles. Elles sont satiétogènes, c'est-à-dire qu'elles permettent de se sentir plus rapidement rassasié. Elles donnent de la consistance aux selles et elles interviennent dans la qualité du transit par leur action stimulante. Elles servent également à nourrir le microbiote présent dans les intestins. (16)

Les recommandations suisses concernant les fibres conseillent une ingestion journalière de 30 grammes de fibres pour un adulte. (11)

Cette quantité est atteinte par la population suisse autour des 27 grammes par jour, soit légèrement en dessous de la recommandation initiale. (25)

Les insectes contiennent une quantité significative de fibres, majoritairement sous forme de chitine qui constitue l'essentiel de leur exosquelette. Il s'agit d'une fibre insoluble dérivée du

glucose qui ressemble à la cellulose présente dans les plantes. De par sa ressemblance moléculaire avec la cellulose, la chitine porte la représentation de ne pas être digérable par l'organisme humain. (4)

Néanmoins, de la chitinase a été retrouvée dans le liquide gastrique humain. Cette enzyme permet de scinder la chitine en composants digestibles. Par contre, la chitinase semble être plus présente au sein des populations qui vivent dans les pays tropicaux que chez les individus des régions tempérées. Ainsi, une étude réalisée sur des italiens décrit que près de 20% des sujets étudiés n'ont pas de chitinase. (26)

Il n'y a pas de fibres dans les denrées animales précédemment comparées. (15)

Micronutriments:

Les micronutriments, soit les vitamines et les minéraux, sont présents et utilisés dans l'organisme en quantité infime. Ils permettent de nombreuses réactions biochimiques et ils sont ainsi indispensables pour le bon fonctionnement du corps. Ils se retrouvent dans différents groupes d'aliments. Ainsi, une alimentation équilibrée et variée permet de couvrir les besoins de l'ensemble des micronutriments. Une carence en micronutriments peut avoir de graves conséquences sur la santé. (16)

Les insectes sont riches en plusieurs micronutriments, tel que le fer, le cuivre, le sélénium, le phosphore, le magnésium, le manganèse, la vitamine B2, la vitamine B5, la vitamine B8 et dans certains cas en vitamine B9. (4)

Les denrées d'origine animale apportant de nombreux micronutriments, les populations qui suivent un régime écartant un ou plusieurs groupes alimentaires sont plus susceptibles de développer des carences, notamment en fer et/ou en vitamine B12. C'est par exemple le cas des personnes végétaliennes et de certains végétariens. (16)

2.1.4 Perspectives nutritionnelles générales:

Lutte contre la malnutrition :

Le monde connaît aujourd’hui de nombreux défis, dont celui de nourrir une population toujours croissante. Celle-ci devrait atteindre les quelques 9.6 milliards d’habitants en 2050. (4)

La demande pour des aliments riches en protéines et en énergie, comme les produits animaux, est supposée s’accroître afin de pouvoir palier à l’augmentation de la population. (21)

Ainsi, la croissance de la demande en viande devrait s’augmenter de 29%, passant d’environ 40 kg de viande par personne et par année en 2013 à 51.5 kg en 2050. De ce fait, la production de viande devrait atteindre 494 millions de tonnes en 2050, ce qui représente une augmentation de 206 millions de tonnes par rapport à 2013. (27)

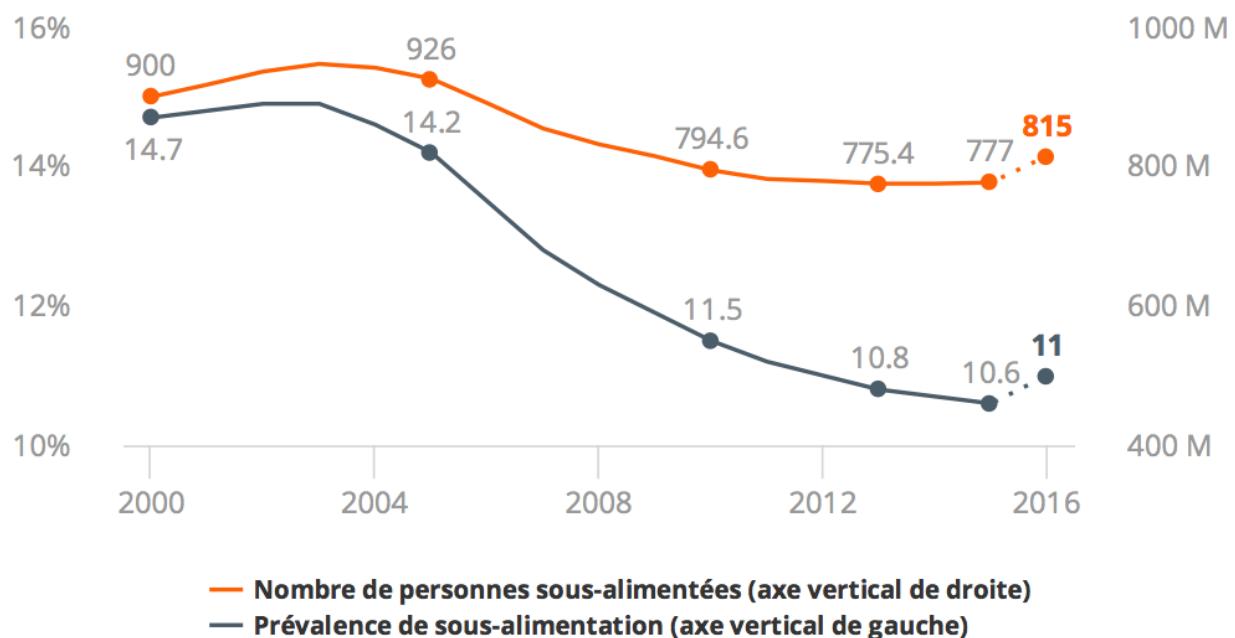
Les insectes peuvent être globalement considérés comme de bonnes sources de protéines, de macronutriments et de micronutriments. Leur densité énergétique peut être appréciée comme étant au moins équivalente à celles des autres denrées d’origine animale, dans une portion comparable. (4)

Dans certaines populations, comme par exemple en Afrique centrale, la consommation d’insectes permet d’équilibrer l’alimentation. Elle sert en outre à compléter les acides aminés déficients des céréales (lysine), des légumineuses et du soja (méthionine, tryptophane). Les insectes apportent également d’autres nutriments, tel que le fer et la vitamine B12, indispensable dans certaines populations qui ont peu accès aux produits animaux. Les insectes sont donc une denrée alimentaire précieuse, autant pour la densité énergétique élevée qu’ils apportent, mais aussi pour leur teneur en protéines, leur concentration en micronutriments, ainsi que la qualité de leurs acides aminés et de leurs acides gras. (4)

Dans certains groupes ethniques, les insectes représentent ainsi environ entre 5% - 10% de l’apport énergétique total par année. Ils contribuent de manière conséquente à l’apport en protéines, en acides gras, en vitamines et en minéraux nécessaires à ces populations. (3)

Selon la FAO, le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde est en augmentation. Les estimations sont passées de 777 millions de personnes en 2015, à 815 millions 2016. Cette augmentation serait notamment reliée à la présence de conflits armés, comme au Yémen, en Somalie ou au Nigéria. La famine peut aussi être couplée à la sécheresse des territoires et aux perturbations climatiques. Ce sont les régions rurales des pays touchés par ce type de crises qui sont le plus à risque de souffrir d’un manque de ressources alimentaires. (28)

Figure 2: Graphique de la FAO présentant l'évolution de la malnutrition mondiale entre 2000 et 2016. (28)



Source : SOFI 2017. *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde*

Afin de palier à la prévalence mondiale de la malnutrition, le développement de l'utilisation d'aliments riches en nutriments est nécessaire. Parmi les pistes potentielles, l'utilisation des insectes est proposée comme une alternative aux autres produits d'origine animale. (3)

Le NVS est un outil d'évaluation nutritionnelle développée par le Programme mondial concernant l'alimentation des Nations Unies. Cet outil permet d'évaluer globalement le degré d'intérêt nutritionnel des denrées alimentaires présentes dans les paniers de ravitaillement de l'aide humanitaire, en prenant en compte à la fois les macronutriments et les micronutriments de l'aliment. Une collaboration scientifique anglaise et japonaise a utilisé cet outil avec des données de littérature provenant de 12 variétés d'insectes qu'ils ont comparés avec des données concernant différentes pièces de viande. L'étude décrit par cette expérience que les insectes peuvent avoir un degré d'intérêt nutritionnel comparable à la viande en ce qui concerne la lutte contre la malnutrition. (14)

Lutte contre la surnutrition :

L'étude de Payne et al. précédemment citée utilise un autre outil, le modèle Ofcom, qui sert à apprécier le potentiel nutritionnel d'une denrée alimentaire dans la lutte contre la problématique de la surnutrition. L'outil évalue la proportion en énergie, en sucres totaux, en sodium et en graisse saturée au sein d'un aliment. L'étude décrit par cette analyse que les insectes ne sont pas plus avantageux que la viande quand il s'agit de lutter contre le surpoids, l'obésité et les maladies liées à la surcharge pondérale comme le diabète ou les maladies cardiovasculaires. (14)

La surnutrition est une problématique croissante dans les sociétés occidentales, particulièrement aux Etats-Unis. En Suisse, selon le 6^e rapport suisse sur la nutrition, près de 37.6% des hommes et 20.8% des femmes sont en surpoids et 8.7% des hommes et 7.8% des femmes sont obèses. La tendance est croissante depuis les 3 dernières décennies. (25)

Nous pouvons nous interroger sur le bénéfice de la consommation d'insectes en Occident dans le cas où elle serait comparable à la consommation de viande. (14)

Alimentation animale :

En Europe, la raréfaction des terres agricoles et la dépendance en sources de protéines pour l'alimentation animale a conduit les industries alimentaires à s'intéresser à l'élevage d'insectes. (3)

Les insectes sont naturellement présents dans l'alimentation des poules et des poissons. Ils peuvent de ce fait être utilisé dans l'aquaculture pour substituer une partie des poissons qui servent de nourriture aux poissons qui sont élevés. Cette pratique dans l'aquaculture est encore sous-estimée dans le monde, la quantité d'insectes utilisés pouvant varier. Concernant l'élevage de volailles, l'alimentation des bêtes requiert des apports en protéines animales ou de végétaux sources de protéines, afin de compléter les acides aminés déficients de leur alimentation de base. Ainsi les insectes peuvent servir à compléter l'alimentation des volailles en diminuant les importations de viande, de poisson ou de végétaux riches en protéines comme les légumineuses ou le soja. De plus, la chitine présente dans les insectes aurait des effets positifs sur le bon fonctionnement du système immunitaire des poules, ce qui permettrait de diminuer les antibiotiques utilisés dans les élevages. (4, 8)

Des insectes dans l'espace:

Les insectes sont également étudiés pour une utilisation durant les missions spatiales en tant que source alimentaire. Ils peuvent être élevés au sein même des stations spatiales, hors de la gravité. Les insectes permettraient également de recycler certaines matières organiques et de produire des nutriments pour la fertilisation du sol. Ces caractéristiques seraient utiles pour de longues missions spatiales, comme le trajet jusqu'à Mars. (29)

Végétarisme :

Les insectes peuvent être intéressants pour les populations végétariennes de part leur apport en protéines, en fer et en vitamine B12. Les végétariens pouvant consommer du poisson, des œufs, et/ou des produits laitiers selon leurs choix alimentaires, il n'est pas possible de dire que tous les végétariens pourraient être intéressés par les insectes. (4)

2.1.5 Intérêts écologiques liés à l'élevage d'insectes:

Alimentation durable:

La FAO décrit en 2014 l'alimentation durable comme étant un concept nouveau qui peut être défini de la sorte:

Les régimes alimentaires durables ont peu d'impact sur l'environnement. Ils contribuent à la sécurité nutritionnelle et à une vie saine pour les générations présentes et futures. L'alimentation durable protège et respecte la biodiversité et les écosystèmes. Elle est culturellement acceptable et accessible. Elle est économiquement équitable. Elle est nutritionnellement adéquate, en étant à la fois sûre et saine pour les individus. L'alimentation durable permet d'optimiser les ressources naturelles et humaines. (30) (traduction libre)

La production d'insectes, par son faible impact sur l'environnement, peut être considérée comme une possibilité d'alimentation durable en alimentation humaine. (4)

Problématique écologique entourant la production de viande:

L'élevage de bétail, en incluant les cultures fourragères, utiliserait environ 70% des terres agricoles, soit 33% des terres du monde. Il faudrait 77 millions de tonnes de protéines animales et végétales pour produire 58 millions de tonnes de protéines d'origine animale consommées par les humains. (31)

La production mondiale de viande est croissante. Elle est estimée en 2018 à 326.82 millions de tonnes, soit une hausse de 3.04% par rapport à 2016. (32)

Elle est en outre en lien direct avec environ 18% de la production de gaz à effet de serre, ce qui est plus que pour le secteur des transports. (31)

La hausse de la demande en viande à pour conséquence une augmentation proportionnelle de la demande en protéines végétales. Il faut en moyenne environ 6 kilos de protéines végétales pour obtenir 1 kilo de protéines animales de haute qualité nutritionnelle. (33)

Ce sont les pays occidentaux qui consomment le plus de denrées animales. La tendance n'est pas nouvelle. En 1975, la consommation moyenne en protéines d'un américain était de 96 grammes par jour, dont 66 grammes provenaient de sources animales. A la même époque, la consommation journalière moyenne en protéines d'un asiatique était estimée à 56 grammes, dont seulement 8 grammes étaient issus des animaux et le reste provenait des végétaux. (33)

La demande est aujourd'hui en hausse pour les populations asiatiques. Ce phénomène est relié à l'augmentation de l'urbanisation et à l'influence de la mondialisation. (4)

Avantages environnementaux liés à l'élevage d'insectes:

L'élevage d'insectes est considéré comme intéressant par rapport à la viande sur le plan écologique pour plusieurs raisons:

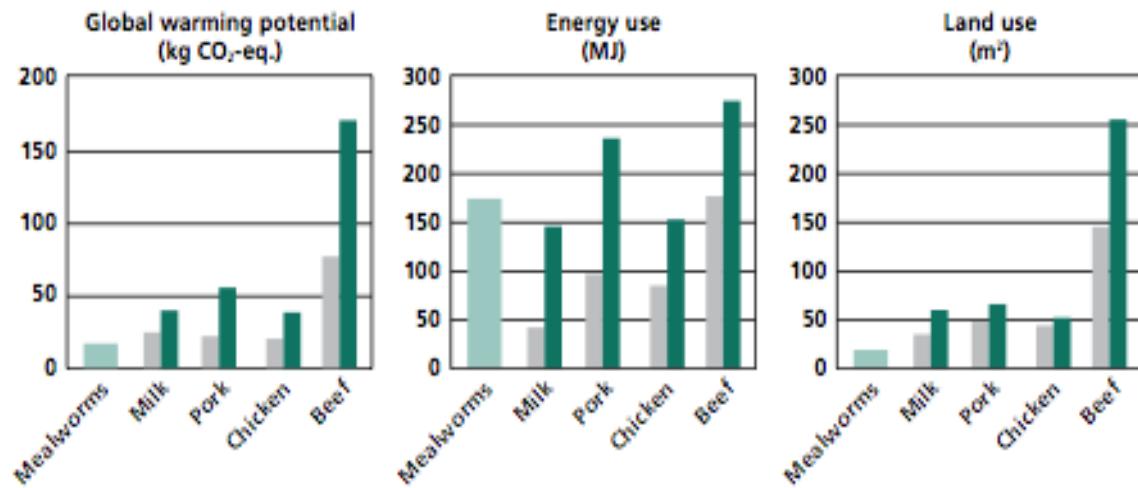
- Les insectes requièrent moins d'espace, de nourriture et significativement moins d'eau que les autres animaux d'élevage. Pour produire un kilo d'insectes Il faut notamment 10 fois moins de fourrage que pour l'équivalent en viande de bœuf. (4)
- Les insectes ont une capacité de conversion de leur nourriture en biomasse supérieure, c'est-à-dire qu'ils transforment plus facilement leurs apports alimentaires en masse physique. (4)
- Ce type d'élevage émet par rapport aux autres moins de gaz à effet de serre et moins d'ammoniaque. (4)
- Les insectes se reproduisent et se développent plus rapidement que les mammifères, les poissons et les volailles. (4)

L'utilisation des insectes comme source de protéines alimentaires humaine et animale pourrait donc contribuer à réduire l'empreinte écologique. Cela permettrait d'augmenter le nombre de calories produites en utilisant moins de ressources. (31)

Une étude compare l'impact écologique de l'élevage de vers de farine (*Tenebrio molitor*) par rapport à d'autres denrées d'origine animale. (Figure 3)

Ainsi, la production de protéines de vers semble avoir moins d'impact sur le réchauffement climatique que les autres denrées animales, notamment 2 fois moins que le lait, 2.5 fois moins que la viande de porc, 1.8 fois moins que le poulet et 8.5 fois moins que la viande de bœuf. (34)

Figure 3: Comparaison de la production de gaz à effet de serre, de l'utilisation d'énergie et de terrains pour la production de 1kg de protéines alimentaires. (mesures entre vers de farine, lait, porc, poulet et boeuf) (34)



Source: Oonincx DGAB, de Boer IJM. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – a life cycle assessment. 2012.

2.1.6 Intérêts gustatifs des insectes et préparations culinaires courantes:

Goût des insectes:

Les insectes sont consommés dans le monde non seulement pour leur intérêt nutritionnel, mais aussi pour leurs qualités gustatives. Ce type de denrée alimentaire est en effet considéré comme un met de choix dans les cultures qui y sont habituées. (4)

Le goût des insectes peut varier selon l'espèce. Ainsi, les vers de farine sont par exemple décrits comme ayant un arôme de noisette, les grillons un arôme de popcorn et les criquets un arôme de poulet. (35)

La perception du goût d'un aliment est cependant une perception subjective qui est influencée par de multiples facteurs, autant sur les plans physiologiques (gustation, olfaction rétro nasale, sensibilité chimique trigéminale) que psycho-sociaux (culture, messages hédoniques, représentations).

Il n'est de ce fait pas possible d'attribuer clairement pour tous la même perception du goût des insectes, mais il est par contre possible de se renseigner sur des pistes d'interprétation gustatives. (36)

Un avis personnel d'un membre de l'entreprise Essento, qui commercialise des insectes, décrit que selon lui l'arôme des insectes se développe, comme d'autres aliments, lorsqu'ils sont lentement rôtis avec peu ou sans matières grasses. La chaleur révèle les arômes de noisette des vers et le goût iodé des grillons.

(Annexe 1)

Préparations culinaires traditionnelles:

Les pays habitués à la consommation d'insectes ont développés plusieurs techniques d'acquisition et de préparation de cette denrée alimentaire.

Les insectes doivent d'abord être lavés avant d'être préparés, dans le but d'enlever les restes de terre et autres déchets. Certaines espèces peuvent nécessiter une préparation supplémentaire, comme par exemple un évidage de leurs entrailles. Les insectes sont ensuite préparés rôtis, bouillis et/ou frits. Ils peuvent accompagner des plats de légumes et/ou de céréales. Certains insectes sont traditionnellement cuits dans leur propre huile. (4, 37, 38)

Dans certaines régions urbaines, comme à Bangkok, les insectes sont vendus pour l'essentiel dans les rues à des étals ambulants ou fixes. Ils sont apprêté juste frits, nature ou avec quelques épices, et ils sont consommé tel quel. Certains peuvent être présentés sur des pics de sorte à former des brochettes, comme les sauterelles par exemple.

D'autres marchands de nourriture à base d'insectes peuvent proposer des plats d'insectes frits en sauce, servi par exemple avec du riz et/ou des légumes. (4, 38)

Figures 4: Étal de rue proposant des insectes frits prêts à être consommés, Bangkok 2018



Crédit Photo: Julien Wexsteen : Bangkok; 2018.



Crédit Photo: Julien Wexsteen : Bangkok; 2018.

Impact de la préparation culinaire sur la qualité nutritionnelle:

La cuisson des insectes semble pouvoir altérer leur qualité nutritionnelle, même si les études concernant cette thématique sont encore peu nombreuses. (4)

Une étude in vitro qui analyse la digestibilité des protéines et le contenu vitaminique de 2 espèces d'insectes, des termites (*Macrotermes subhylanus*) et des sauterelles (*Ruspolia differens*) décrit que les traitements thermiques ont une influence sur la digestibilité des protéines. Selon l'étude, les protéines des insectes ont une digestibilité diminuée ou augmentée, donc variable, en fonction du processus de cuisson subi. En effet certaines températures peuvent défaire les chaînes polypeptidiques des protéines en améliorant ainsi la fonction des enzymes digestives, ce qui augmente la digestibilité. Néanmoins, certaines températures peuvent conduire à la création de ponts disulfur entre les protéines, ce qui diminue leur digestibilité. Les cuissages par ébullition et par rôtissage ont augmenté le contenu en tanins et en phytates des sauterelles, ce qui a pour conséquence une diminution de la digestibilité des protéines. L'étude décrit que la digestibilité des protéines d'insectes après cuisson reste néanmoins comparable aux protéines issues d'autres denrées animales après une cuisson similaire.

L'étude analyse également l'impact sur le contenu vitaminique et elle décrit une diminution générale de la teneur en vitamines avec la cuisson. L'étude souligne une diminution significative des vitamines particulièrement sensibles à la chaleur, comme par exemple la vitamine C et la vitamine B2.

Les résultats ont varié selon les 2 espèces d'insectes analysés, ce qui laisse supposer que la généralisation aux quelques 2000 espèces comestibles n'est pas possible. (39)

Une autre étude analyse la qualité de l'huile extraite de la larve *Rhyncnopnorus phoenicis* après différentes techniques de préparations culinaires. L'étude décrit que le fait de faire bouillir les larves pendant 20 minutes augmente l'acidité de leur huile par rapport aux autres groupes, dont le groupe contrôle (cru). Une proportion relativement élevée d'acides gras libres furent trouvés dans le groupe bouilli. (40)

L'acidité d'une huile est définie par sa concentration en acides gras libres, exprimé en pourcentage sur 100 grammes d'huile. Cela reflète l'état de dégradation de l'huile et cela renvoie donc à un gage de qualité des acides gras présents. L'acidité d'une huile se ressent non pas par une impression acide direct, mais par un effet sur les sensations organoleptiques. Cela peut se traduire par exemple par un goût de moisissure. (41)

Le groupe de larves qui a été préparé grillé est celui qui a l'huile la moins acide. Les groupes aux températures de cuisson plus élevées que la température d'ébullition (100 °C) ont présenté une dénaturation de leurs enzymes. Ce phénomène a engendré une limitation de l'hydrolyse enzymatique des triglycérides et donc de la production d'acides gras libres.

Dans les produits grillés et rôtis, toutes les huiles d'insectes avaient finalement un niveau d'acidité inférieur à l'huile d'olive (2%). Seul les larves qui ont été bouillies ont présenté un niveau d'acidité de leur huile plus élevé. (40)

Si l'on compare brièvement les résultats à une étude qui analyse la qualité des acides gras de la viande de bœuf après cuisson, on remarque que l'ébullition augmente également l'oxydation des acides gras de la viande par rapport à la cuisson au grill. Cette étude décrit

également que le niveau d'AGPI décline avec la cuisson par rapport à de la viande crue, sans altérer le ratio oméga-6/oméga-3. (42)

La technique de cuisson connue pour dégrader le moins la qualité nutritionnelle d'un aliment est la cuisson au four à micro-ondes ou la cuisson à la vapeur. (16, 43)

Durant mes recherches je n'ai pas trouvé de documentation concernant le préparation d'insectes à la vapeur ou au four à micro-ondes.

Les insectes semblent principalement préparés en friture, comme décrit au point sur les préparations culinaires traditionnelles. La technique de la friture et son impact sur la qualité nutritionnelle est décrite ci-dessous :

Friture:

La technique de la friture consiste à utiliser de la matière grasse pour cuire un aliment. On distingue les fritures plates, par exemple une friture à la poêle, des fritures dites profondes, qui nécessitent de plonger l'aliment dans une grande quantité de matière grasse. La friture est utilisée afin de faire monter la température de l'aliment pour qu'il caramélise par réaction de Maillard et que son goût en soit modifié. La température atteint en général entre 170-200 °C. Durant ce procédé, l'aliment perd des lipides dans le bain de friture. Le poisson perd par exemple des lipides plutôt insaturés et fragiles. Durant la cuisson il y a une diminution des composés fragiles de l'aliment, comme par exemple la vitamine E ou la provitamine A qui sont détruites par les hautes températures. Les acides gras insaturés, qui résistent mal à la hausse des températures, sont progressivement oxydés pour former des composés volatils, potentiellement néfastes pour la santé.

La friture a également pour conséquence la retenue d'une grande quantité de matière grasse au sein même de l'aliment. Les pommes de terre chips retiennent ainsi environ 36% à 47% de lipides lors d'une friture. Les aliments frits sont donc plus gras que lorsqu'ils sont préparés par une autre technique de cuisson. (43)

Un regard sur les portions:

Durant mes recherches de littérature, je n'ai pas trouvé d'exemple quantitatif de portion d'insectes qui soit traditionnellement consommée. J'ai néanmoins pu obtenir des photos qui présentent un achat d'insectes prêts à la consommation. La portion, servie pour une personne, provient d'un étal de rue à Bangkok. Les insectes sont servi entiers et frits. (Figure 5)

En parallèle, pour avoir une représentation de ce qui est disponible sur le marché européen, j'ai réalisé une représentation quantitative de portions de vers de farine (*Tenebrio molitor*). (Figure 6)

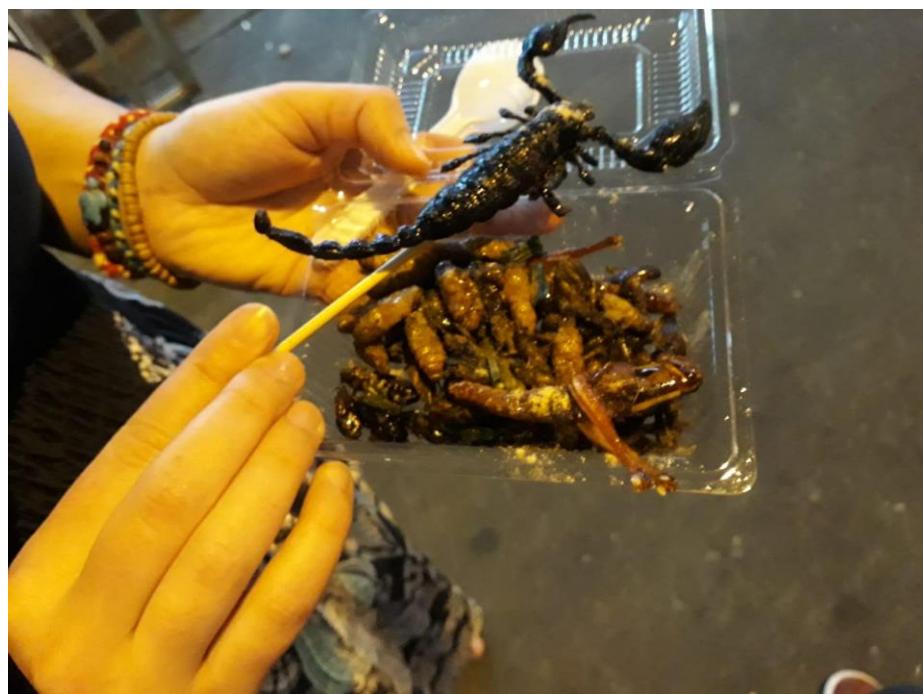
Les insectes proviennent d'une entreprise suisse (Gourmetbugs). Ils sont vendus par boîte de 40 grammes, à l'état lyophilisé mais prêt à la consommation.

Ils peuvent par exemple être ajoutés à une salade, consommés en l'état ou juste revenus à la poêle. (44)

Une autre entreprise suisse, Essento, précise que les vers de farine lyophilisés prennent environ 3-4 fois leur poids après rehydratation si l'on désire une texture plus tendre. (35)

Un membre de l'entreprise Essento, a été interrogé via un questionnaire sur son impression concernant les portions d'insectes. Il suggère qu'une portion de vers de farine lyophilisés tourne autour des 2 à 10 g dans un contexte de dégustation pour un consommateur curieux de goûter aux insectes, même s'il est difficile d'affirmer la quantité. Apprêté en pesto ou en pâte à tartiner, la portion d'insectes peut tourner selon lui autour des 20 à 30 grammes. (Annexe 1)

Figure 5 : Portion d'insectes pour une personne vendus prêts à la consommation et provenant d'un étal de rue, Bangkok, 2018.



Crédit Photo : Julien Wexsteen ; Bangkok : 2018.



Crédit Photo : Julien Wexsteen ; Bangkok : 2018.

Figures 6 : Représentation quantitative de portions de vers de farine lyophilisés

Les insectes ont été acheté en ligne auprès de l'entreprise Gourmetbugs (CH). Les valeurs nutritionnelles ont été calculées selon les informations figurant sur l'étiquetage. Pour avoir approximativement l'équivalent en protéines d'un steak, il faudrait consommer la portion f)



a)
5 grammes

Energie : 27 kcal

Protéines : 2.5 g

Lipides : 2 g (AGS : 0.5 g)

Glucides : 0.3 g (sucres : 0.3 g)

Fibres : 0.2 g



b)
10 grammes

Energie : 54 kcal

Protéines : 5 g

Lipides : 4 g (AGS : 1 g)

Glucides : 0.6 g (sucres : 0.6 g)

Fibres : 0.4 g



c)
15 grammes

Energie : 81 kcal

Protéines : 7.5 g

Lipides : 6 g (AGS : 1.5 g)

Glucides : 1 g (sucres : 1 g)

Fibres : 0.6 g



d)
20 grammes

Energie : 108 kcal

Protéines : 10 g

Lipides : 8 g (AGS : 2 g)

Glucides : 1.2 g (sucres : 1.2 g)

Fibres : 0.8 g



e)
30 grammes

Energie : 163 kcal

Protéines : 15 g

Lipides : 12 g (AGS : 3 g)

Glucides : 1.8 g (sucres : 1.8 g)

Fibres : 1.2 g



f)
40 grammes

Energie : 217 kcal

Protéines : 20 g

Lipides : 16 g (AGS : 4g)

Glucides : 2.4 g (sucres : 2.4 g)

Fibres : 1.6 g

2.1.7 Intégration des insectes dans l'alimentation occidentale:

La recherche mondiale de nouvelles sources de protéines alimentaires, dont la production est moins délétère sur l'environnement, a conduit les pays développés à s'intéresser à l'élevage d'insectes.

La FAO propose même dans un rapport de 2013 de réaliser des élevages à grande échelle en réponse à la problématique de la faim dans le monde. (4)

Malgré les freins à la consommation en Occident, les insectes se sont rapidement répandu sur le marché. Ainsi, en 2015 il y avait 50 entreprises qui proposaient des insectes à la vente en ligne. (8)

La croissance dans le secteur est positive: les Etats-Unis ont par exemple enregistré une augmentation du nombre de leurs élevages de 200% entre 2012 et 2015. (8)

Ce n'est pas la première fois qu'un nouvel aliment gagne en popularité dans les cultures occidentales. Par exemple aux Etats-Unis, la consommation de pizza était quelque chose de rare avant 1950. En 1989, Domino's Pizza ouvrait son 5000ème restaurant. La pizza est aujourd'hui largement consommée et intégrée dans la culture américaine.

Le cas est similaire à l'intégration des sushis, qui furent proposés aux Etats-Unis dès 1960 et dont la popularité est aujourd'hui internationale. Le cas des sushis est intéressant car, contrairement aux pizzas, les sushis sont constitués de poisson cru, ce qui est était culturellement considéré comme un aliment à éviter. Les insectes peuvent entrer dans cette catégorie culturelle d'aliments considérés comme impropre à la consommation, comme ce fut le cas pour le poisson cru. Un facteur qui a facilité l'intégration populaire des sushis est la promotion du poisson, et donc des sushis, comme étant un aliment sain, car il est source d'acides gras essentiels. L'avenir nous révélera si les insectes gagnent en popularité comme ce fut le cas pour les sushis. (8)

Les insectes sont plus facilement acceptés par les occidentaux lorsqu'ils sont dissimulés et qu'ils ne sont pas perceptibles dans le plat. On peut par exemple utiliser des poudres d'insectes pour fabriquer des tortillas, des pâtes, des bars, des snacks ou des imitations de viande comme des boulettes. Il est également possible de réaliser des préparations liquides, comme des smoothies ou des shakes.

On retrouve en Occident les insectes majoritairement à l'état de produits transformés. (8)

Intégration en Europe:

L'utilisation des insectes est surtout mise en pratique concernant l'alimentation animale, même si l'intérêt pour l'intégration dans l'alimentation humaine est grandissant. Les phénomènes liés à la mondialisation ont permis une découverte et un intérêt pour l'aspect gustatif et écologique des insectes. (4)

La réglementation de la Commission européenne concernant la mise sur le marché d'insectes comestibles était régi avant 2018 par le règlement n° 258/97 sur les nouveaux aliments. Les interprétations de ces lois n'étaient pas suffisamment claires entre les pays avant la révision du règlement, en vigueur dès janvier 2018. Auparavant, seule la Belgique, les Pays-Bas et le Royaume-Uni proposaient des produits à base d'insectes à la consommation. En France par exemple, il était possible de vendre aux consommateurs des insectes entiers et non en morceaux, ce qui rendait impossible la commercialisation de préparations à base d'insectes. L'entreprise française Ynsect proposait alors des produits comme des grillons séchés et épicés.

La nouvelle réglementation de la Commission européenne considère désormais l'insecte comme denrée alimentaire et autorise la mise en vente sur le marché d'insectes et de préparations à base d'insectes. Les insectes élevés et commercialisés doivent néanmoins présenter un historique de consommation dans l'alimentation humaine avant 1997, ou bien ils peuvent bénéficier d'une autorisation communautaire à titre de nouvel aliment, ce qui nécessite de démontrer scientifiquement la sûreté de l'insecte pour l'alimentation humaine. Aucune commercialisation d'insectes n'est possible sur le territoire européen sans un accord préalable venant de la Commission européenne. (45)

Freins liés à la consommation:

Plusieurs facteurs compliquent l'intégration des insectes dans l'alimentation des civilisations occidentales. La sensation de dégoût liée à l'idée de manger des insectes est la barrière principal à l'entomophagie occidentale. On peut expliquer l'origine du dégoût par des influences psychologiques et culturelles : (4)

Barrière psychologique:

Le dégoût est lié à la néophobie alimentaire. Il s'agit de l'aversion alimentaire que les enfants peuvent expérimenter durant leur développement, généralement avant 6-7 ans. La néophobie alimentaire conduit à éviter des aliments qui sont alors considérés comme dégoûtant. Ce dégoût pour un aliment peut persister à l'âge adulte. Certaines études suggèrent que plus la néophobie alimentaire d'un individu est importante, plus cette personne sera dégoûtée à l'idée de manger des insectes. (46)

Le dégoût est une réaction innée. La réaction de rejet est principalement renforcée par des questionnements internes comme « Qu'es-ce que c'est ? » ou « D'où est-ce que ça vient ? ». (47)

Barrière culturelle:

Le dégoût pour un aliment est influencé non seulement par les émotions internes de l'individu, mais aussi par sa culture. La culture différencie ce qui est supposé être comestible et ce qui ne l'est pas. La culture est façonnée par l'histoire, l'environnement, la structure de la société et les systèmes politico-économiques. (48)

La consommation d'insectes peut-être reliée à la perception inconsciente d'un comportement primitif, ce qui est rejeté par les normes sociales. (49)

On peut également identifier la perception inconsciente d'un risque sanitaire entourant la consommation d'insectes. La majorité des occidentaux perçoivent en effet les insectes comme quelque chose de sale et d'impropres à la consommation. Manger des insectes serait ainsi rattaché à prendre un risque pour sa santé. (50)

L'acceptation ou le rejet de l'entomophagie est essentiellement une question de culture. (51)

2.1.8 Risques liés à la consommation d'insectes:

Comme pour les autres denrées alimentaires, il existe des risques en lien avec la consommation d'insectes, notamment d'un point de vue allergène, microbiologique, toxicologique et zoonotique. Les différents risques nécessitent des mesures de précaution pour pouvoir consommer des insectes en sécurité, avec un risque pour la santé comparable à celui d'autres denrées d'origine animale. (4)

Risque allergène :

L'exosquelette et la carapace des insectes peuvent induire des réactions allergiques, car la chitine est une molécule au potentiel allergène. Les personnes qui sont allergiques aux mollusques, aux arachnides et aux crustacés, comme les crevettes ou les crabes, devraient s'abstenir de consommer des insectes par risque de réaction allergique. (4)

Risque microbiologique :

Comme toute denrée d'origine animale, les insectes peuvent présenter des risques microbiologiques. En cause, la consommation de l'insecte parfois dans son entier, avec ses intestins et son microbiote. La qualité du microbiote intestinal de l'insecte, et donc des risques liés à sa consommation par l'humain, est variable selon les espèces, leur stade de développement, leur environnement et en fonction de leur alimentation. (12)

Une étude analyse en 2017 la composition bactérienne de vers de farine et de grillons domestiques. Les échantillons proviennent de différents élevages situés en Belgique et aux Pays-Bas. Les insectes sont à différents stades de développement. L'étude décrit que les vers de farine ont un microbiote fortement variable entre les échantillons analysés, contrairement aux grillons dont la composition est plus uniforme. L'espèce bactérienne relevée la plus présente dans les vers de farine appartient au genre Spiroplasma, qui est significativement présente dans tous les échantillons analysés. Des variétés de ce type de bactérie semblent avoir un rôle protecteur pour l'insecte contre les entomopathogènes. Les Spiroplasma ne sont normalement pas considérés comme des pathogènes alimentaires, mais certaines variétés semblent avoir en revanche un potentiel pathogène pour les insectes et les humains. (52)

Le deuxième type de bactérie le plus abondamment retrouvé appartient au genre *Erwinia*, qui est considéré comme un phytopathogène qui peut infester notamment les fruits et les légumes. Ce type de bactérie peut potentiellement être apporté à l'origine par l'alimentation, ce qui pourrait expliquer sa présence dans l'insecte. Cette bactérie a été reportée comme étant un organisme potentiellement nuisible en plus de sa caractéristique de phytopathogène. Il n'y a néanmoins pas de rapport jusqu'à 2017 considérant le genre *Erwinia* comme une menace pour la santé humaine. (52)

D'autres bactéries, moins abondantes mais démontrées plus dangereuses, ont été retrouvées dans cette étude qui analyse le microbiote des vers de farine et des grillons. Parmi ces bactéries se sont notamment retrouvées des *Entérobactéries*, dont la catégorie des *Cronobacter* et des *Clostridium*, qui sont des pathogènes infectieux pour l'être humain. (52)

Par exemple l'infection par Cronobacter peut, entre autre, causer des méningites aux enfants et des pneumonies à l'adulte. Les complications de ces infections peuvent avoir de graves conséquences pour la santé. (53)

Le genre *Pseudomonas* a également été retrouvé en abondance dans les échantillons de l'étude. Cette bactérie infectieuse peut se développer à des températures basses, ce qui produit par exemple un risque lors de la simple conservation de l'insecte au réfrigérateur.

La consommation de vers de farine semble donc pouvoir comporter un risque infectieux d'origine bactérienne. (52)

L'étude relève que les grillons domestiques analysés présentent essentiellement des bactéries de type *Bacteroidetes*, qui se retrouvent déjà naturellement dans l'intestin humain. Néanmoins, ce type de bactéries peut agir comme un pathogène, notamment lorsqu'il se retrouve hors de l'intestin. La consommation de grillons supposerait donc une bonne maîtrise des règles d'hygiène afin de limiter les risques infectieux. (52)

Risque toxicologique :

On peut identifier des risques toxicologique liés à la préparation de l'insecte et/ou à des contaminations par son environnement. (4)

Certaines espèces d'insectes comestibles peuvent être toxiques si elles ne sont pas préparées correctement. C'est par exemple le cas d'une sauterelle d'Afrique, *Zenocerus variegatus*, qui est consommée au Cameroun et au Nigéria et qui doit être préparée d'une manière spécifique: en réchauffant les insectes premièrement dans de l'eau tiède avant de changer l'eau pour la cuisson. (4)

Concernant les aspects liés à l'environnement, le premier risque concerne la présence de métaux lourds au sein de l'insecte. Certaines parties de son organisme, comme le tissu adipeux, l'exosquelette, le système digestif ou les organes génitaux sont qualifiés de bio-accumulateurs, c'est-à-dire qu'ils stockent facilement des contaminants comme les métaux lourds. Une étude décrit par exemple que les vers de farine peuvent accumuler une teneur importante de plomb et de cadmium dans leur organisme lorsqu'ils se nourrissent de matière organique qui provient de sols contaminés par ces métaux. (54)

Un autre risque toxicologique environnemental réside dans la contamination des insectes par les pesticides de leur environnement et de leur nourriture. Certaines espèces, comme les criquets, peuvent présenter des teneurs importantes qui peuvent être problématiques lorsqu'elles sont consommée en forte quantité. (4)

Les risques de contamination liés à l'environnement sont un risque majeur en lien avec les collectes traditionnelles d'insectes dans la nature. L'élevage présente de ce fait l'avantage de pouvoir mieux contrôler les composés chimiques qui sont présents dans les insectes. (4)

Risque zoonotique:

L'élevage animalier comporte des risques de zoonoses. Il s'agit d'infections que les animaux peuvent transmettre aux humains et vice-versa. On pense par exemple au virus H5N1 responsable de la grippe aviaire. Il y a actuellement une augmentation des zoonoses, en lien notamment avec l'intensification des élevages animaliers. Ce phénomène est dû à la forte densité d'animaux confinés dans un espace restreint, ce qui est propice à la propagation des infections. Les animaux d'élevage intensif doivent alors recevoir des traitements médicamenteux à titre préventif, ce qui peut inclure des antibiotiques. Cette pratique est corrélée avec le phénomène de résistance aux antibiotiques qui est à ce jour une problématique de santé globale. (4)

Sur un plan taxonomique, les insectes sont plus éloignés des humains que les autres animaux. Il y aurait donc moins de risque de transmission d'infections zoonotiques des insectes à l'humain. Néanmoins, le risque d'infections zoonotiques pourrait être augmenté par une mauvaise gestion des conditions d'hygiène ou par des contacts entre insectes d'élevages et insectes sauvages. (4)

2.1.9 Notions d'élevage:

Elevage traditionnel:

La plupart des insectes mangés dans le monde sont collectés dans la nature.

Il existe cependant des élevages rudimentaires, comme en Thaïlande et au Vietnam où les insectes tels que les criquets sont simplement élevés dans un abri au fond du jardin. Les insectes peuvent être nourris avec des restes alimentaires tel que des restes de légumes ou du riz. Ils peuvent recevoir également de l'herbe et de la nourriture pour volailles ou autres animaux. L'eau y est généralement apportée dans des bouteilles en plastique ou alors elle est disposée sur des assiettes. Des pierres sont alors déposées sur les assiettes pour éviter que les insectes ne se noient. Des boîtes en carton et des branches feuillues peuvent servir à créer des abris et à aménager l'espace. (4)

Elevage industriel:

Seules quelques espèces sont élevées pour l'instant à l'échelle industrielle. Les vers de farine et les criquets sont élevés à l'origine en Europe et en Amérique du Nord comme nourriture pour animaux domestiques.

Les insectes élevés pour l'alimentation humaine devraient recevoir une alimentation de qualité fourragère, voire comparable à celle destinée aux humains. La qualité de l'alimentation est importante pour son influence sur la composition nutritionnelle et microbiologique. L'utilisation de restes alimentaires pour nourrir les insectes d'élevages requiert plus d'études pour pouvoir se positionner sur la qualité de cette pratique. De plus, selon le rapport de la FAO, les pesticides et l'utilisation d'antibiotiques ne devraient pas être utilisés. (4)

La production d'insectes est encore onéreuse. La production de vers de farine coûterait 4.8 fois plus que la production de poulet. En cause notamment les coûts relatifs aux frais de production qui seraient plus chers concernant les insectes. (4)

Une des méthodes pour diminuer les coûts relatifs à la production d'insectes consisterait à atteindre une mécanisation de la chaîne de production à au moins 80%. Ce taux de mécanisation permettrait d'atteindre des rendements suffisants en volume d'insectes pour pouvoir les vendre à un prix plus bas, ce qui les rendrait économiquement plus compétitifs sur le marché par rapport aux autres denrées d'origine animale. (8)

Le type d'élevage va dépendre de l'espèce. Ainsi, certains insectes, comme les grillons et les sauterelles, ont besoin de profiter d'un espace en 3 dimensions pour pouvoir grimper, sauter et/ou voler. D'autres espèces, plus terrestres, peuvent à contrario être élevées uniquement sur une surface plate tel que le fond d'un bac, ce qui est le cas pour les vers de farine. Pour les insectes élevés sur des surfaces plates, il est possible d'empiler les bacs d'élevage afin de rentabiliser l'espace utilisé. Une image représentant ce type d'aménagement en bacs se trouve en Figure 7. (Figure 7)

Une fois arrivés au stade de développement désiré, les insectes peuvent être récupéré de manière mécanique, par des machines de tri ou des tuyaux d'aspirations pour les insectes volants. (8)

Dans certains cas, les insectes sont ensuite nettoyés à l'eau. Lorsqu'ils sont collectés puis directement traités par un traitement thermique ou congélation, il n'y a pas systématiquement besoin de les nettoyer. Le nettoyage est cependant recommandé pour l'élevage à l'échelle industrielle, par principe de précaution. (8)

Les caisses d'élevage doivent permettre un entretien hygiénique complet tout en fournissant un accès aisé aux insectes. Les insectes morts et les déchets devraient être collectés de manière hebdomadaire par une entreprise chargée de leur destruction. (8)

Elevage du Tenebrio molitor:

Les méthodes d'élevage d'insectes pouvant varier selon les espèces, je vous propose en exemple de porter un regard plus ciblé sur une variété largement commercialisée aux Etats-Unis et en Europe, le vers de farine (*Tenebrio molitor*).

Les vers sont généralement élevés dans des bacs. Les larves y sont réparties ensemble selon leur stade de développement pour éviter au maximum le cannibalisme entre les larves. Les adultes sont regroupés pour la reproduction. Les bacs ont généralement des dimensions approximatives de 65 x 50 x 15 cm, ce qui est suffisamment profond pour empêcher les vers de s'échapper. Les bacs sont empilés afin de rentabiliser l'espace. (Figure 7)

Des changements relevés dans la consommation alimentaire des vers peuvent être utilisés comme indicateur de problèmes potentiels. (8)

Les vers de farine peuvent techniquement être nourris uniquement avec du son de blé, mais cela leur apporte moins de nutriments intéressants comme les vitamines et les acides gras essentiels. Une alimentation enrichie améliore de manière significative la durée de croissance, la survie des larves, la capacité à convertir la nourriture en biomasse et la fécondité des adultes, sans parler de l'impact sur la composition nutritionnelle. L'alimentation des vers de farine est ainsi enrichie aux Etats-Unis par l'ajout de légumes, tels que des carottes, de la salade et des pommes de terre. (8)

La pratique est similaire en Suisse, où les insectes de chez Essento sont nourris avec des carottes, des pommes et des flocons d'avoine, dans le but d'améliorer la qualité nutritionnelle des insectes. L'entreprise transmet que les insectes sont nourris également selon leurs préférences et selon les ressources disponibles. Le fourrage est de qualité biologique et il provient de la région. (Annexe1)

Les vers absorbent l'eau en petite quantité dans le sol et dans les légumes. Ils peuvent survivre sans ajout d'eau par un taux d'humidité à 75%. Les éleveurs vaporisent néanmoins de l'eau dans les bacs afin de s'assurer d'une humidité suffisante. (8)

La durée de développement des vers est variable selon les élevages. La croissance est en effet directement influencée par des facteurs tel que la température, la nutrition, le taux d'humidité, l'âge des parents, la durée de photoexposition et le taux d'oxygène. Ces facteurs tendent à rendre difficile la généralisation des méthodes d'élevage, qui peuvent varier selon les entreprises. (8)

En Chine, un élevage de vers de farine produit plusieurs milliers de tonnes par année et offre quelques précisions sur les conditions précises d'élevage:

Les vers y sont élevés dans une température comprise entre 25-30 °C et avec un taux d'humidité compris entre 50-70%. La quantité d'eau apportée aux vers par la nourriture est optimale lorsqu'elle tourne autour des 18% (son de blé + légumes divers). Les légumes donnés aux vers doivent être lavés et séchés au préalable afin d'éliminer les traces de pesticides des aliments, mais aussi la poussière et tout contaminant potentiel. (8)

La densité d'élevage optimale des larves tourne autour des 1.18 larves par cm².

Chaque jour, une centaine de larve consomme environ 6-10 grammes de son de blé et 0.6 - 0.1 grammes de légumes frais. La nourriture est distribuée 2 fois par jour et les aliments doivent être retirés immédiatement s'ils commencent à flétrir. Le temps total de croissance des larves tourne autour de 45 à 60 jours. Les larves peuvent ensuite être collectées et transformées selon diverses méthodes abordées au point suivant. (8)

Figure 7: Dispositif d'élevage en bacs des larves de *Tenebrio molitor*. (8)



Source: Dossey A, Morales-Ramos J, Guadalupe Rojas M. *Insects as sustainable food ingredients. Production, processing and food applications*. Academic Press ; 2016.

2.2.1: Principes de transformation industrielle:

Avant d'être remis aux consommateurs, les insectes doivent subir des processus de transformation primaires. On identifie entre autre un traitement par congélation, un traitement thermique ou un équivalent afin d'éliminer les germes nuisibles de l'insecte. Des traitements secondaires, tel que l'assèchement du produit, ou sa réduction en poudre et/ou sa mise en forme en produits transformés, sont des étapes qui vont influencer la manière de consommer l'insecte. Ces procédés ont leurs avantages concernant l'amélioration de l'acceptation du produit par les consommateurs. Néanmoins, les procédés de transformations ont des répercussions sur la qualité nutritionnelle des insectes. (4)

Traitements primaires:

Congélation:

L'étape de congélation est directement effectuée dans les élevages comme méthode de mise à mort des insectes. Il s'agit de la méthode la plus utilisée. Les insectes des régions tempérées pouvant hiberner, la mort par le froid est considérée comme douce car les insectes s'endorment progressivement à mesure que la température baisse. Une température suffisamment basse provoque la mort de l'insecte, comme ce serait le cas dans la nature.

La congélation des insectes doit se faire rapidement, afin d'éviter le développement bactériologique, qui est optimal dans des températures comprises entre 4.5 à 60°C. (8)

Traitement thermique:

Le traitement thermique des insectes est pratiqué comme méthode de mise à mort dans les élevages qui n'ont pas accès au traitement par congélation. C'est par exemple le cas des régions qui élèvent les insectes de manière traditionnelle, où les insectes sont plongés dans de l'eau en ébullition. Cette pratique est néanmoins controversée en occident car les insectes pourraient percevoir la douleur de la mise à mort par la chaleur.

Lorsque la température est suffisamment élevée, il y a un effet de préservation de la denrée alimentaire par la destruction de ses micro-organismes et de ses enzymes. La chaleur, lorsqu'elle est trop intense, a néanmoins un impact sur les propriétés chimiques et physiques de l'insecte. De ce fait, la mise à mort de l'insecte par la chaleur n'est pas recommandée. Un traitement thermique peut être néanmoins envisagé par les industries qui maîtrisent suffisamment la température et le temps d'exposition de sorte à ne pas trop dégrader la qualité nutritionnelle des insectes.

Il existe des alternatives au traitement thermique qui sont efficaces sur le plan microbiologique. Il est par exemple possible d'utiliser le traitement par acidification (rajout d'acide citrique ou d'un autre acide), mais aussi des méthodes d'irradiation ou de traitement par gestion de la pression. (8)

Traitements secondaires:

Séchage:

Les insectes peuvent être conservés entiers ou sous forme de pâte en utilisant une technique de séchage. Cela permet de réduire les coûts liés à la réfrigération et au maintien en zone réfrigérée. Plus l'insecte prend de temps à sécher, plus le risque de développement bactérien est important. De plus, l'exosquelette des insectes est naturellement conçu pour retenir l'eau, ce qui rend le séchage plus long et difficile. Une technique de séchage rapide est donc à privilégier. (8)

La méthode la plus couramment utilisée pour sécher les insectes consiste à les faire torréfier entiers. Cette étape permet de consommer les insectes directement ou de les réduire en poudre pour fabriquer des produits dérivés. Cependant, cette technique est moins réalisée à l'échelle industrielle car elle est plus coûteuse que les autres méthodes de séchage. De plus, la torréfaction est une étape longue qui peut de ce fait dégrader les qualités nutritionnelles, physiques et organoleptiques de l'insecte. (8)

Une autre technique pour faire sécher les insectes en entier consiste à utiliser la lyophilisation. Cette technique est celle qui préserve le mieux les propriétés chimiques et physiques des aliments. Cette méthode est cependant très onéreuse car elle est longue et elle consomme beaucoup d'électricité. Elle n'est donc pas privilégiée par tous les industriels. (8, 43)

Il existe encore une multitude d'autres techniques pour sécher les aliments, comme le séchage par atomisation, le séchage en tambour, le séchage en plateaux, le séchage à la vapeur ou encore la déshydratation. Les avantages et les inconvénients des méthodes varient selon l'objectif désiré: consommation de l'insecte en entier, réduit en poudre ou en pâte.

L'objectif principal est de privilégier une méthode de transformation rapide qui dégrade peu les qualités nutritionnelles, physiques et organoleptiques des insectes tout en étant la plus économique possible. (8)

Broyage:

La majorité des préparations industrielles qui contiennent des insectes utilisent la matière première sous forme de poudre ou de pâte. Un broyage efficace consiste à réduire la matière première en particules de tailles uniformes, ce qui crée une texture homogène. Les insectes contiennent une proportion variable d'eau: entre 50-70% selon les espèces. Cette caractéristique nécessite de prendre en considération les étapes de transformations primaires afin de broyer l'insecte au moment le plus approprié, de sorte à avoir la meilleure texture possible. De ce fait on distingue le broyage dit "sec" qui s'applique à des insectes complètement séchés de sorte à créer une poudre, du broyage dit "humide" qui va servir à créer une forme plus liquide, comme une pâte par exemple. (8)

2.2.2: Intégration des insectes en Suisse:

Espèces admises:

En Suisse, l'élevage et la commercialisation de 3 espèces d'insectes est légale depuis le 1er mai 2017. Les insectes sont ainsi reconnus à titre de "nouvel aliment". Les insectes qui sont autorisés pour l'instant sont des espèces endémiques. (55-56)

Les espèces admises sont les suivantes:

- Vers de farine, sous sa forme larvaire (*Tenebrio molitor*)
- Grillon domestique, sous sa forme adulte (*Acheta domesticus*)
- Criquet migrateur, sous sa forme adulte (*Locusta migratoria*)

Cadre législatif:

L'introduction des insectes comme denrée alimentaire est présentée dans l'ordonnance du DFI sur les nouvelles sortes de denrées alimentaires du 16 décembre 2016 (Etat le 1er mai 2018). (56)

L'ordonnance précise que la dénomination spécifique de l'insecte doit présenter son nom commun et son nom scientifique. Si l'insecte est utilisé comme ingrédient au sein du produit, la dénomination spécifique de la denrée doit le préciser. L'étiquetage de la denrée alimentaire qui contient des insectes doit être étiquetée conformément à l'art. 11 de l'ordonnance du DFI concernant l'information sur les denrées alimentaires du 16 décembre 2016. (56-57)

Les insectes doivent provenir d'un élevage autorisé par la Confédération. Ils peuvent être remis aux consommateurs moulus, coupés ou entiers. (56)

Il n'est pas possible de commercialiser d'autres espèces sans une autorisation préalable de la Confédération. Pour pouvoir commercialiser un nouvel insecte il faut pouvoir présenter un dossier d'évaluation, qui démontre l'inocuité de l'insecte pour l'alimentation humaine. (56)

Il n'est pas autorisé d'isoler des composants des insectes, comme par exemple d'extraire les protéines. Pour cela, une autorisation est nécessaire en tant que nouvel aliment. (55)

Les insectes sont considérés comme des animaux de rente. Leur production et leur commercialisation doit de ce fait respecter les législations relatives à l'élevage de bétail, soit: (55)

- Loi fédérale sur les denrées alimentaires et les objets usuels (LDAI1 ; RS 817.0) (58)
- Ordonnance sur les denrées alimentaires et les objets usuels (ODAI0Us1 ; RS 817.02) (59)
- Ordonnance du DFI sur les nouvelles sortes de denrées alimentaires1 (RS 817.022.2) (56)
- Ordonnance sur les denrées alimentaires d'origine animale (ODAIAn1 ; RS 817.022.108) (60)
- Ordonnance sur l'hygiène dans les activités liées aux denrées alimentaires (OHyg1 ; RS 817.024.1) (61)
- Ordonnance du DFI concernant l'information sur les denrées alimentaires (OIDAI1 ; RS 817.022.16) (57)
- Ordonnance sur les médicaments vétérinaires du 18 août 2004 (OMédV2 ; RS 812.212.27) (62)
- Ordonnance du 25 mai 2011 concernant les sous-produits animaux (OESPA3 ; 916.441.22) (63)
- Ordonnance du 26 octobre 2011 sur la production et la mise en circulation des aliments pour animaux (ordonnance sur les aliments pour animaux, OSALA4 , RS 916.307) (64)
- Ordonnance du 23 novembre 2005 sur la production primaire (OPPr6 ; RS 916.020) (65)
- Ordonnance du DEFR du 23 novembre 2005 concernant l'hygiène dans la production primaire (OHyPPr7 ; RS 916.020.1) (66)
- Ordonnance sur les échanges d'importation, de transit et d'exportation d'animaux et de produits animaux avec les États membres de l'UE, l'Islande et la Norvège (OITE-UE8 ; RS 916.443.11) (67)

Pour ne pas trop s'étendre sur tous les textes législatifs, nous pouvons simplement retenir que la production d'insectes n'est pas soumise à un texte législatif spécifique, mais qu'elle doit respecter les normes de contrôle de qualité concernant la production de bétail. Les contrôles effectués permettent de maîtriser la gestion des risques sanitaires en lien avec la consommation d'insectes. (55-67)

2.2.3: Positionnement diététique existant en Suisse:

Il n'existe à ce jour que très peu de positionnement diététique en Suisse concernant la consommation d'insectes. Dans sa newsletter de juin 2017, la SSN informe que la société de nutrition ne dispose pas de données assez complètes pour pouvoir se positionner de manière précise sur la valeur nutritionnelle des insectes. La SSN estime cependant que pour chaque espèce d'insecte commercialisée en Suisse: (68)

- La consommation de 100 grammes apporte environ 20 grammes de protéines, ce qui est comparable à de la viande ou à du poisson.
- La teneur en lipides du vers de farine est la plus élevée des 3 espèces admises, avec environ 10 grammes pour 100 grammes de produit, ce qui est comparable à une côtelette.
- Les insectes sont intéressants pour leur teneur en fer, en zinc et en vitamine B12.
- Les insectes peuvent contribuer à l'apport en fibres alimentaires, à raison d'environ 2 à 5 g de fibres par 100 grammes de produit.
- Par leurs caractéristiques nutritives, les insectes peuvent être placés dans le groupe "viande, poisson, oeuf et tofu" de la pyramide alimentaire suisse.
- Une portion d'insecte non séchée peut être estimée dans les 100 grammes pour apporter suffisamment de nutriments par rapport à de la viande, même s'il faudrait pouvoir prouver que cette quantité est réaliste en tant que portion alimentaire.

Les insectes ne figurent pas dans la table de composition nutritionnelle suisse des aliments. Les données facilement accessibles aux consommateurs sont les informations nutritionnelles fournies par les entreprises et par l'étiquetage des produits à base d'insectes. (15)

La thématique des insectes n'est pas enseignée par la filière HEdS Nutrition et diététique de la HES-SO de Genève. Les diététiciens-nes qui y sont formés ne sont donc pas familiarisés avec le concept d'entomophagie.

2.2.4: Présentation de 3 entreprises qui commercialisent des insectes en Suisse pour l'alimentation humaine:

Entomos AG :

Entomos est une entreprise basée dans le canton de Lucerne.

L'entreprise élève des insectes destiné pour l'alimentation humaine. Entomos élevait des insectes pour l'alimentation animale, mais cette activité s'est arrêtée dès mai 2018, après 10 ans de production. L'entreprise a choisi de s'orienter dans la production d'insectes comestibles directement pour les humains. Entomos est la 1^{ère} entreprise suisse à s'être lancée dans l'élevage des insectes pour l'alimentation humaine. Les insectes de chez Entomos sont vendus aux consommateurs via le site de Gourmetbugs.ch

L'entreprise élève également insectes pour la recherche et pour des utilisations médicales (ex : larves de mouche pour le traitement des plaies chroniques) (69)

Essento Food AG :

L'entreprise Essento, qui est basée à Zürich, est une entreprise suisse dont le but est la commercialisation et la promotion des insectes dans l'alimentation humaine. L'entreprise a œuvré à la mise en place de la base légale qui permet de commercialiser des insectes comme denrée alimentaire en Suisse. Essento fournit une centaine de commerces et une trentaine de restaurants sur tout le territoire du pays. (35)

Essento a réalisé des produits à base d'insectes qui sont actuellement vendu dans une soixantaine de Coop, en plus du site internet d'Essento. Ce chiffre devrait augmenter prochainement (Annexe 2)

Des insectes congelés sont aussi disponibles sur le site de Farmy.ch (35)

Les produits à base d'insectes créés par Essento sont les suivants:

- **Essento Insect Burger** : un paty qui remplace la viande d'un burger traditionnel à base de vers de farine (31%), contenant également du riz, des légumes, des œufs, de l'huile de tournesol et des épices. (35)

L'étiquetage nutritionnel révèle qu'une pièce de 85 grammes représente : (35)

- 191.3 kcal
- 9.0 grammes de protéines
- 9.7 grammes de lipides dont 1.9 grammes d'AGS
- 16.3 grammes de glucides dont 0.7 grammes de sucres simples
- 1.5 grammes de fibres
- 480 milligrammes de sodium.

Si on compare les apports énergétiques représentés par ce produit avec un paty végétarien nature de la marque Délicorn, vendu également chez Coop, on remarque que les apports en énergie, en lipides et en glucides sont plus élevés dans le burger aux insectes. L'apport en protéines et en fibres est plus élevé dans le burger végétarien. (*Burger nature Délicorn, 85 grammes = 156 kcal ; 14.4 grammes protéines ; 6.8 grammes lipides ; 7.6 grammes glucides et 3.4 grammes fibres*). (15)

Le burger aux insectes est ainsi plus calorique, plus gras et il apporte moins de protéines que le burger végétarien.

En comparaison avec un steak de viande hachée de bœuf, de chez Coop dans la gamme Naturaplan Bio, on remarque que le steak de viande est presque équivalent mais légèrement inférieur en terme d'énergie que le burger aux insectes. A quantité égale, le steak haché de bœuf apporte 70% de plus de protéines et 30% de moins de lipides que celui aux vers de farine. Le steak de bœuf ne contient pas de fibres et il représente moins de 2 grammes de glucides. (*Steak de bœuf haché Naturaplan Bio, 85 grammes = 182 kcal ; 15.3 grammes protéines ; 12.7 grammes lipides ; 1.7 grammes glucides ; 0 grammes fibres*) (15)

Le burger aux insectes apporte donc presque autant de calories, mais plus de lipides et moins de protéines qu'une portion équivalente de ce steak haché.

- **Essento Insect Balls** : ce produit est sous forme de boulettes d'imitation de viande. Il contient des vers de farine (24%), des pois chiches, de la farine de blé, des oignons, des œufs, de l'ail et des épices. (35)

Une pièce de 17 grammes représente : (35)

- 36 kcal
- 2.2 grammes protéines
- 1.1 grammes de lipides dont 0.2 grammes d'AGS
- 3.8 grammes de glucides dont 0.2 grammes de sucres simples
- 0.7 grammes de fibres
- 80 milligrammes de sodium

Si on compare les valeurs énergétiques de ces boulettes d'insectes avec un falafel, à une quantité égale soit 17 grammes, on remarque que les teneurs en énergie, en lipides et en fibres sont pratiquement égales, mais que le falafel apporte presque 2 fois plus de protéines.

(*Cornatur Crispy Falafel Nugget, 17 grammes = 42 kcal ; 4.2 grammes protéines ; 1.5 grammes lipides ; 2.5 grammes glucides ; 0.7 grammes fibres*) (15)

La consommation d'un falafel est donc plus intéressant en terme de protéines que la consommation d'une boulette d'insectes. La comparaison avec des boulettes de viande hachée n'est pas faite ici car cet aliment a déjà été comparé précédemment.

- **Essento Insect Bar** : une barre fruitée énergétique qui contient de la farine de grillons (10%) et des fruits secs. (35)

La composition nutritionnelle de la barre aux insectes n'est pas comparée avec un produit traditionnel, car l'aliment ne sert pas de substitut potentiel au groupe protéique présent dans l'assiette du consommateur.

- **Collations Essento**: des vers de farine lyophilisés au sel ou au curry et des grillons au paprika. Les insectes sont ajoutés entiers à un mélange d'oléagineux. (35)

La composition nutritionnelle des collations Essento ne sont pas comparées avec un produit traditionnel, car l'aliment ne sert pas de substitut potentiel au groupe protéique présent dans l'assiette du consommateur.

Essento commercialise également des insectes lyophilisés épices qui peuvent servir à l'apéritif ou comme élément de dégustation. (35)

D'autres produits, non disponibles dans le commerce direct pour les consommateurs, sont destinés aux entreprises de restauration et de gastronomie. (Annexe 2)

Essento participe activement à la promotion de l'entomophagie en intervenant dans des conférences scientifiques, comme par exemple durant la Journée clinique des HUG qui a eu lieu le 22 mars 2018 et dont je me suis inspiré pour rédiger mon questionnaire. (Annexe1) L'entreprise met en valeur le goût des insectes, en plus des aspects durables et nutritifs qu'ils représentent. Essento propose des ateliers culinaires et un livre de cuisine pour s'initier à la préparation des insectes. (35)

Avec une forte présence sur le marché et dans les médias, Essento est une référence en terme d'entomophagie helvétique.

VerSoGood :

L'entreprise VerSoGood est basée dans la région genevoise. Elle propose la dégustation d'insectes qu'elle vend via un foodtruck ou qu'elle livre aux consommateurs. Les insectes sont proposés frits et nature, ou apprêté dans un plat culinaire comme par exemple des rouleaux de printemps aux vers de farine ou de la soupe aux grillons. VerSoGood propose un service traiteur où les insectes sont apprêtés de manière gastronomique et attractive (Figure 8)

VerSoGood travaille activement dans la promotion des insectes comme denrée alimentaire palatable, en proposant des conférences de présentation et de dégustations aux entreprises et/ou aux particuliers. (70)

Figure 8 : Exemple d'insectes intégrés dans une préparation culinaire attrayante, proposée par VerSoGood. Ici des vers de farine grillés servi avec des pommes de terre au basilic, sous forme de tapas. (70)



2.2.5: Impact auprès des consommateurs suisses:

Profil type :

Un sondage réalisé en 2017 par la Haute école spécialisée bernoise (HAFL) auprès de 600 habitants suisses, suggère avant la mise sur le marché des insectes que seuls 9% des personnes interrogées étaient décidées à goûter des insectes. Un tiers des sondés préférait attendre de voir, sans être opposé à l'idée. Le reste des sondés était opposé à l'idée de goûter aux insectes. Les arguments en lien avec l'aspect durable et écologique des insectes ainsi que les bénéfices pour la santé sont les arguments les plus motivants pour les personnes qui hésitent à goûter. (71)

Des éléments de profil type de consommateurs transparaissent dans le sondage : (71)

- Les personnes intéressées à goûter proviennent généralement d'un milieu de formation élevé.
- Elles font attention à leur santé.
- Elles prêtent une attention au goût des aliments.
- Elles apprécient généralement les produits de la mer : poisson, fruits de mer, sushis.
- Elles goûtent volontiers des aliments nouveaux.

Les individus interrogés qui refusent catégoriquement de goûter aux insectes ont généralement ces éléments de profil type : (71)

- Elles aiment la viande.
- Elles n'apprécient pas particulièrement les produits de la mer.
- Elles sont réticentes face à la nouveauté.
- Elles ont généralement un niveau de formation et des revenus plutôt bas.
- Elles privilégiennent le rapport qualité-prix aux aspects santé.

Mise sur le marché:

Les insectes n'ont pas été disponibles sur le marché directement à la date d'entrée en vigueur de l'ordonnance sur les nouveaux aliments. L'application concrète de la législation a retardé la date de mise en vente, puisque les insectes élevés en Suisse qui sont destinés à l'alimentation humaine doivent provenir de la 4^e génération. Afin d'importer des insectes, la législation suisse sur les denrées alimentaires doit être applicable. Les insectes importés doivent être issus d'un élevage contrôlé par les autorités sanitaires du pays producteur. Les insectes et les produits à base d'insectes se sont donc retrouvés plus tardivement sur le marché suisse, soit depuis la fin du mois d'août 2017. (72)

Depuis la commercialisation des insectes, l'entreprise Essento annonce que les ventes ont rencontré un pic en début de lancement avant d'atteindre un plateau et de se stabiliser, ce qui est très satisfaisant aux yeux de l'entreprise. (Annexe1)

3. Problématique

3.1 Justification de la recherche:

Voilà près d'une année qu'il est possible de trouver des insectes comestibles sur le marché suisse. Il existe encore peu de recul et d'études sur la consommation et l'intégration des insectes en Suisse.

Comme mentionné précédemment, la thématique de l'entomophagie n'est pas enseignée à la filière Nutrition et diététique de la HEdS Genève. Les diététiciens-nes sont amenés en pratique à informer les consommateurs sur la qualité nutritionnelle des denrées alimentaires disponibles sur le marché. Les diététiciens-nes ne sont pas encore formés à répondre aux questions en lien avec cette thématique, ce qui crée une lacune potentielle dans les savoirs professionnels.

La table de composition suisse des aliments ne contient pas d'information sur les insectes comestibles. Les seules données aisément accessibles sur la composition nutritionnelle des insectes sont celles qui figurent sur le site internet des entreprises qui commercialisent des insectes, ainsi que sur l'étiquetage des produits disponibles. Il est donc difficile en tant que diététicien-ne de pouvoir actuellement se positionner sur les insectes légalisés en Suisse.

3.2 Questions de recherche:

Afin de pouvoir réaliser ma recherche, il est essentiel de pouvoir formuler dans un premier temps une question de recherche en lien avec la problématique énoncée, sous la forme d'un modèle "PICO" (acronyme désignant la population, l'intervention, la comparaison et l'issue).

Dans le cadre de ce travail, deux questions de recherches sont établies :

Concernant les compositions nutritionnelles:

Quelles sont les compositions nutritionnelles moyennes des vers de farine (*Tenebrio molitor*), des grillons domestiques (*Acheta domesticus*) et des criquets migrateurs (*Locusta migratoria*) disponibles en Suisse ?

P: vers de farine, grillons domestiques, criquets migrateurs

I: valeurs de compositions nutritionnelles d'insectes vendu en Suisse

C: valeurs de compositions nutritionnelles moyennes issue de la littérature

O: compositions nutritionnelles (macronutriments et micronutriments)

Concernant la qualité organoleptique des insectes:

Quel est le goût et le plaisir perçu lors de la dégustation de produits à base d'insectes et d'insectes cuisinés disponibles en Suisse ?

P: produits industriels à base d'insectes (Essento Burger, Essento Balls, Essento Bar)

I: analyse sensorielle avec focus group

C: insectes intégrés dans une préparation culinaire (Homemade)

O: impression organoleptique des produits

3.3 Hypothèses:

En lien avec le contenu présenté dans le cadre de référence, j'énumère ici quelques hypothèses concernant les résultats de ma recherche de littérature et de mon analyse sensorielle.

Hypothèse n°1:

Les insectes disponibles en Suisse ont une composition nutritionnelle comparable aux autres denrées d'origine animale concernant la teneur en énergie et en protéines.

Hypothèse n°2:

La consommation d'insectes en Suisse n'est pas comparable à la consommation de viande ou de poisson en terme de portion alimentaire. (100-120 grammes par personne)

Hypothèse n°3:

Les produits à base d'insectes sont plus facile à goûter car on ne voit pas les insectes, il est cependant difficile d'identifier le goût des insectes. Les insectes servis entiers ont un goût plus facilement identifiable, mais l'aspect est un frein à la consommation.

4. But et objectifs:

4.1 But:

Le but de ce travail de recherche est de documenter l'aspect nutritionnel des insectes en Suisse en analysant les valeurs nutritives des insectes légalisés comme denrée alimentaires, ainsi que la perception sensorielle des produits à base d'insectes.

4.2 Objectifs:

Afin de répondre au but et à la problématique, plusieurs objectifs sont à réaliser.

L'objectif général est de documenter la thématique de l'entomophagie d'un point de vue global avec un focus sur la situation suisse.

Les objectifs spécifiques sont les suivants:

- Comparer les valeurs nutritionnelles issues de la littérature concernant les insectes légalisés en Suisse avec les valeurs fournies par les entreprises qui commercialisent des insectes sur le marché helvétique.
- Réaliser une analyse sensorielle avec un focus group en lien avec des produits à base d'insectes disponibles sur le marché suisse dans le but de décrire les sensations organoleptiques de ces produits.

5. Méthode:

Afin de répondre aux questions de recherche, une méthodologie de type narrative est adoptée.

La recherche narrative permet de documenter une thématique avec une méthodologie plus libre et moins rigoureuse que pour des recherches systématiques. Ce type de recherche permet d'apporter une vision globale concernant une thématique, ce qui permet de fournir des pistes de réflexion pour la pratique clinique ou de dégager des inconnues pour de futures recherches. Les revues narratives ne cherchent pas à analyser tous les articles qui traitent de la même question.

On considère qu'une revue narrative a un faible niveau de preuve (grade C) car elle est plus sujette à la subjectivité de son auteur. (73)

5.1 Design de la recherche:

La recherche de littérature narrative portant sur les compositions nutritionnelles est une recherche de type quantitative. Des revues systématiques qui comparent des compositions nutritionnelles sont utilisées.

L'analyse sensorielle des produits à base d'insectes et des insectes préparés font partie d'une recherche qualitative. Une grille d'analyse sensorielle est utilisée pour la dégustation des produits analysés. Les résultats sont discutés en groupe, à travers une méthode dite de "focus group". Le focus group est une technique de recherche qualitative qui permet aux membres d'un groupe de s'exprimer sur une thématique. Les données recueillies permettent de documenter et de comparer des impressions et des opinions sur un sujet donné. (74)

5.2 Procédure et déroulement:

Synthèse générale des étapes de réalisation:

- 1 Recherche et lecture libre
2. Identification de la problématique
3. Définition des variables d'intérêt
4. Recherche documentaire ciblée avec la problématique
5. Rédaction du cadre de référence
6. Sélection et/ou recherche de la littérature spécifique
7. Analyse de la qualité des articles sélectionnés
8. Recueil de compositions nutritionnelles d'insectes disponibles sur le marché suisse
9. Elaboration et analyse des tableaux de synthèse
10. Acquisition des insectes pour l'analyse sensorielle
11. Sélection et formation des participants pour l'analyse sensorielle
12. Analyse sensorielle des produits, focus groupe
13. Synthèse des résultats d'analyse sensorielle
14. Discussion des résultats
15. Rédaction des conseils pour la pratique diététique et conclusion

Etape 1 : Recherche et lecture libre

Une recherche initiale permet de s'informer de la thématique. L'entomophagie humaine n'étant pas enseignée à la HEdS, tout est à découvrir. Des livres, des articles scientifiques, des articles de presse ainsi que des reportages sont visionnés dans le but de s'imprégner au maximum de la thématique. Les références des articles scientifiques sont consultées afin de remonter à d'autres articles dans le but d'avoir des informations nouvelles ou d'approfondir des points intéressants. Cette étape a été réalisée lors de la rédaction du protocole (Annexe 3)

Etape 2: Identification de la problématique

La justification de la problématique est détaillée au point 3.1

Les éléments du cadre de référence permettent de se positionner par rapport à la problématique et la recherche spécifique.

Etape 3: Définition des variables d'intérêt

Les variables d'intérêts sélectionnées pour la recherche de littérature spécifique sur les compositions nutritionnelles sont les suivantes:

Macronutriments et fibres: ces variables doivent être systématiquement retenues. Les teneurs en AGS, en AGMI et en AGPI sont retenues lorsqu'elles sont exposées dans les articles mais elles ne doivent pas systématiquement y figurer.

- Energie (en kcal)
- Protéines (en g)
- Lipides (en g)
- Glucides (en g)
- Fibres (en g)

Micronutriments: les teneurs en vitamines et en minéraux sont retenues lorsqu'elles sont présentées dans les articles. Les valeurs retenues sont répertoriées en milligrammes. Au moins un article doit contenir les micronutriments suivants:

- Fer (en mg)

Les variables d'intérêt pour la recherche qualitative sont les suivantes :

- Aspect
- Odeur
- Bruit
- Texture
- Goût

Etape 4: Recherche documentaire ciblée avec la problématique

Les articles pertinents issus de la recherche de littérature initiale sont retenus dans le but de documenter le cadre de référence. Des informations issues de la presse, de reportages et de texte de lois sont retenu lorsque les sources scientifiques sont manquantes et/ou que les informations sont pertinentes.

Etape 5: Rédaction du cadre de référence

Le cadre de référence est rédigé dans une démarche allant d'une vision macro à une vision plus micro. La thématique de la consommation d'insectes est présentée d'une manière générale avant de cibler sur l'intégration occidentale, puis sur la situation en Suisse. Cette démarche a pour but d'apporter des éléments de compréhension globale qui permettent de mieux se positionner par rapport à la problématique.

Des photos de portions alimentaires de vers de farine sont réalisées dans le but d'hypothétiser la partie scientifique lacunaire. Un complément photographique de portions d'insectes est apporté via une connaissance actuellement en voyage dans un pays asiatique. Un questionnaire est rédigé et envoyé auprès de l'entreprise Essento pour apporter une perspective professionnelle enrichissante concernant la thématique. L'échange

d'informations avec Essento s'est effectué par e-mail et il figure complété en annexe. (Annexe 1, Annexe 2)

Etape 6: Sélection et/ou recherche de littérature spécifique

Critères d'inclusion :

Les revues de compositions nutritionnelles qui sont sélectionnées doivent utiliser des valeurs extraites de bases de données. Les données présentées doivent être exclusives à l'insecte étudié. Si les données sont manquantes, des revues d'analyse d'échantillons peuvent être intégrées. Les insectes doivent provenir d'élevage. Leur stade de développement doit être comparable à ce qui est mis en pratique en Suisse (stade larvaire pour les vers de farine, stade adulte pour les criquets et les grillons). La nature des insectes pour l'analyse doit être à l'état séché.

Critères d'exclusion :

Les articles dont le design ne correspond pas aux critères d'inclusion ne sont pas retenus. Les articles qui présentent uniquement des teneurs moyennes qui incluent toutes les espèces d'insectes analysées ne sont pas sélectionnées.

Démarche :

Les revues sont pré-sélectionnées selon leur titre, puis en fonction de leur abstract. Au moins une des 3 espèces d'insectes autorisées en Suisse doit figurer dans la revue pour qu'elle soit retenue.

Les revues sont issues d'une recherche internet de littérature sur Pubmed, ScienceDirect et Google Scholar. Les mots clés utilisés pour la recherche sont les suivants:

- Tenebrio molitor
- Acheta domesticus
- Locusta migratoria
- Food composition
- Food Data
- Nutritional values

Le nombre d'articles retenus (N=) au final pour:

- Tenebrio molitor: N= 2
- Acheta domesticus: N= 2
- Locusta migratoria: N= 1

Les articles retenus sont les suivants :

Rumpold et al. (2012) (75)

Payne et al. (2015) (76)

Mohamed EHA. (2015) (77)

Etape 7: Analyse de la qualité des articles sélectionnés

Une grille d'analyse est utilisée pour interpréter la qualité des revues sélectionnées. La grille utilisée est la grille AMSTAR, qui est employée en recherche quantitative pour analyser la qualité de la méthodologie des revues systématiques. (78)

Etape 8: Recueil de compositions nutritionnelles d'insectes disponibles sur le marché suisse

Les valeurs de compositions nutritionnelles utilisées pour la comparaison avec la recherche de littérature spécifique sont issues d'insectes entiers lyophilisés natures disponibles sur les sites internet de Gourmetbugs et d'Essento (1 produit par commerce). Les compositions des 3 espèces d'insectes disponibles sont extraites sur les sites internet des entreprises. Le tableau de synthèse rassemble les données afin de permettre une analyse comparative à titre de documentation.

Etape 9: Elaboration et analyse des tableaux de synthèse

Un tableau de synthèse des compositions nutritionnelles extrait les données de littérature et les compare avec les produits disponibles sur le marché. Celui-ci est présenté dans les résultats au point 6.

Les produits sélectionnés sont lyophilisés de sorte à pouvoir comparer ces valeurs avec les données figurant dans la littérature.

Lorsque la teneur nutritionnelle d'un article est donnée avec une valeur médiane et des écarts-types, seule la valeur médiane est retenue dans le tableau de synthèse final.

Etape 10: Acquisition des insectes pour l'analyse sensorielle

Les produits analysés sont élaborés par l'entreprise Essento et ils sont disponibles chez Coop.

Les produits à base d'insectes retenus sont les suivants:

- Essento Insect Burger, Coop Eaux-Vives, Genève
- Essento Insect Balls, Coop Eaux-Vives, Genève
- Essento Insect Bar, Coop Eaux-Vives, Genève

Ces préparations offrent la possibilité de consommer des insectes dans un produit où on ne remarque visuellement pas/peu qu'il y a des insectes.

Etape 11: Sélection et formation des participants pour l'analyse sensorielle

La recherche quantitative par focus groupe nécessite généralement de comparer plusieurs groupes, un groupe étant composé d'au minimum 4 personnes. Les participants au focus group ne doivent idéalement pas être professionnels du domaine ou s'être renseignés au préalable sur la thématique, dans le but d'avoir un maximum de réactions spontanées. Il est conseillé de se baser sur des études pour déterminer les critères de sélection des participants. Il y a normalement un modérateur qui anime la discussion et un observateur qui note par mots clés les éléments relevés dans la discussion. (74)

Les participants sélectionnés proviennent de mon entourage. Durant ce focus groupe je suis à la fois dans le rôle de modérateur, d'observateur et de participant.

Les caractéristiques des participants sont les suivantes:

- Hommes: N=3
- Femmes: N=2
- Âge médian: 28 ans
- Niveau de formation: moyen à élevé
- Alimentation: plutôt flexitarienne (base de végétarisme avec de la viande selon les occasions)
- Connaissance des participants entre eux: oui
- Nombre de participant familiarisé avec la thématique: 1
- Nombre de participants ayant déjà goûté des insectes : 0
- Nombre de participants curieux de goûter des insectes: 5

Les participants sont initiés à l'analyse sensorielle par moi-même au travers 2 exercices de dégustation qui sont accompagnés d'un apport théorique. L'exercice et l'analyse finale se sont déroulée à la suite, lors d'une soirée entre amis. Les produits dégusté en exercice sont un grain de raisin sec et un morceau de gruyère. Les conditions entre l'exercice et la dégustation finale sont comparables: les participants sont isolés avec les produits à déguster, une grille d'analyse et de quoi écrire. Ils dégustent les produits selon la trame d'analyse sensorielle, qu'ils remplissent en parallèle de l'exercice. La grille d'analyse retenue est une grille d'analyse créée par mes soins. Elle reprend les variables d'intérêt.

Un temps de 30 minutes est accordé pour la dégustation, soit 6 minutes par produit. Lorsque le temps total est imparti, le groupe se rassemble et le focus groupe peut commencer. Chaque participant s'exprime à son tour sur ses impressions selon la grille d'analyse sensorielle, puis le groupe échange librement. La discussion est enregistrée dans le but de pouvoir l'écouter à nouveau lors de la retranscription des résultats.

Etape 12: Analyse sensorielle des produits, focus groupe

Les produits à base d'insectes sont préparés et dégustés natures afin de percevoir un maximum le goût originel du produit. Les préparations chaudes sont grillées dans une poêle anti-adhésive sans matière grasse, toujours dans le but de ne pas modifier le goût de base. Le temps de cuisson indiqué sur l'étiquetage des produits est respecté.

La dégustation des produits transformés s'est effectuée d'abord par le « Essento Insect Balls», puis par les « Essento Insect Burger», et elle s'est terminée par la « Essento Insects Bar ».

Etape 13: Synthèse des résultats d'analyse sensorielle

Les résultats de cette partie pratique sont présentés sous la forme de 3 schémas qui reprennent la grille d'analyse sensorielle. Ils sont présentés dans la partie des résultats au point 6.

Les schémas regroupent les termes descriptifs les plus utilisés, au minimum énoncés par 3 participants pour être inclus. Les résultats ne sont pas quantifiés en terme de pourcentage de réponse en raison du faible nombre de participants. Une voie représentant déjà 20% des avis, la généralisation quantitative de ces données n'est pas pertinente. Des citations de la discussion sont ajoutées si elles sont jugées enrichissantes pour la réflexion.

Etape 14: Discussion des résultats

Les résultats sont analysés dans la partie de la discussion au point 7.

La synthèse de recherche de compositions nutritionnelles et les analyses sensorielles sont comparées et mises en perspective avec le cadre de référence.

Etape 15: Rédaction des conseils pour la pratique diététique et conclusion

Des conseils pour la pratique diététique sous forme de conseils aux consommateurs sont formulés dans la partie finale de ce travail de recherche. Les conseils reposent sur la partie théorique (cadre de référence) en regard de la partie pratique (analyses). Une conclusion termine ce travail et propose des pistes d'études qui seraient intéressantes en lien avec la thématique de l'entomophagie en Suisse.

6. Résultats:

6.1 Compositions nutritionnelles:

Tableau 1 : Synthèse des compositions nutritionnelles du vers de farine (*Tenebrio molitor*) pour 100 grammes

Origine des données	Nature du produit	Energie (kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Fibres (g)	Eau (g)	Vitamines (mg)	Minéraux (mg)
Payne C.L.R. (2015)	Produit séché	306 - 577	21 - 68	15 - 27 22%	Non spécifié	21.4 7.44%	Non spécifié	Vit. A : 16.9 Vit. D : 640 Vit. E : 1.31 Vit. K : 351 Vit. B1 : 0.24 - 0.63 Vit. B2 : 0.81 - 2.13	Calcium : 44.36 - 77.5 Fer : 2.47 – 5.41 Sodium : 51.2 – 140.94 Iode : 0.017 Zinc : 6.05 – 13.65 Potassium : 351 - 895
Rumpold B.A. (2012)				<u>Profil des acides gras :</u> AGS : 3.6					

								Vit. B3 : 4.07 - 10.68	Phosphore : 617 - 748
								Vit. B5 : 2.62 - 6.88	Magnésium 142 - 210
								Vit. B9 : 0.41 – 0.16	Manganèse 0.43 – 1.36
								Vit. B12 : 0.47	Cuivre : 0.91 – 1.60
								Vit. C : 1.2	Sélénium : 0.07
Essento online shop Gourmetbugs	Produit lyophilisé	542 - 550	45.1 – 48.9	34.9 - 37.2 <u>Profil des acides gras :</u> AGS : 9.0 AGMI : 17.3 AGPI : 10.9	5.4 – 5.8	4.9 - 6.5	Non spécifié	Non spécifié	Sodium : 50 - 92

Tableau 2 : Synthèse des compositions nutritionnelles du grillon domestique (*Acheta domesticus*) pour 100 grammes

Origine des données	Nature du produit	Energie (kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Fibres (g)	Eau (g)	Vitamines (mg)	Minéraux (mg)
Payne C.L.R. (2015) Rumpold B.A. (2012)	Produit séché	153 - 455	15.6 – 75.7	4.56 – 25.1 <u>Profil des acides gras :</u> AGS : 2.9	Non spécifié	50 22%	Non spécifié	Non spécifié	Calcium : 99.6 – 132.1 Fer : 6.11 – 6.2 Sodium : 163 - 435 Iode : 0.021 Zinc : 11 – 21.79 Potassium : 505 – 1126.6 Phosphore : 496 – 957.8 Magnésium 51.1 – 109.4 Manganèse 1.66 – 3.7

									Cuivre : 0.75 – 2.01 Sélénium : 0.06
Gourmetbugs Essento Online Shop	Produit séché	444 - 465	57.3 – 64.2	20.9 - 21.5 <u>Profil des acides gras :</u> AGS : 7.85 – 7.9 AGMI : 1.01 AGPI : 7.63	2.7 – 5.5	4.4 - 4.9	Non spécifié	Non spécifié	Sodium : 83

Tableau 3 : Synthèse des compositions nutritionnelles du criquet migrateur (*Locusta migratoria*) pour 100 grammes

Origine des données	Nature du produit	Energie (kcal)	Protéines (g)	Lipides (g)	Glucides (g)	Fibres (g)	Eau (g)	Vitamines (mg)	Minéraux (mg)
Mohamed EHA. (2015)	Produit séché	480-500	51.4 – 71 (42% - 58%)	10.3 – 10.8 (19% - 20%)	4.9 – 6.1 (4% - 5%)	34.3 – 41.6 14% – 17%	Non spécifié	Non spécifié	Fer : 5 Zinc : 8 Phosphore : 295 Manganèse : 0.4 Cuivre : 0.6
Gourmetbugs Essento online shop	Produit séché	557-559	48	38	1	8.4	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié

				<p><u>Profil des acides gras :</u></p> <p>AGS : 13</p> <p>AGMI : 13</p> <p>AGPI : 12</p>				
--	--	--	--	--	--	--	--	--

6.2: Analyse sensorielle des produits à base d'insectes:

Schéma 1 : Synthèse du focus groupe : Essento Insect Burger

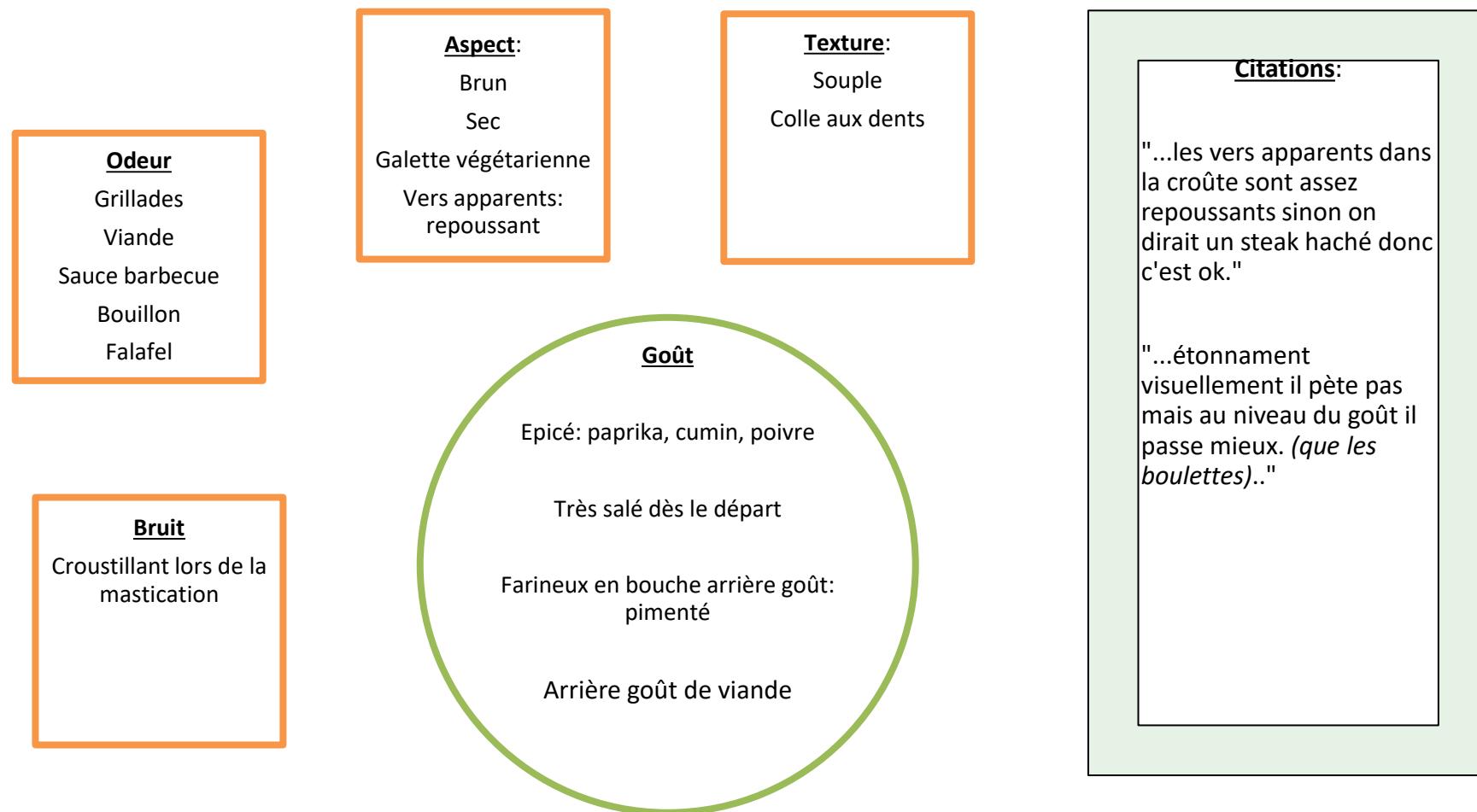


Schéma 2 : Synthèse du focus groupe : Essento Insect Balls

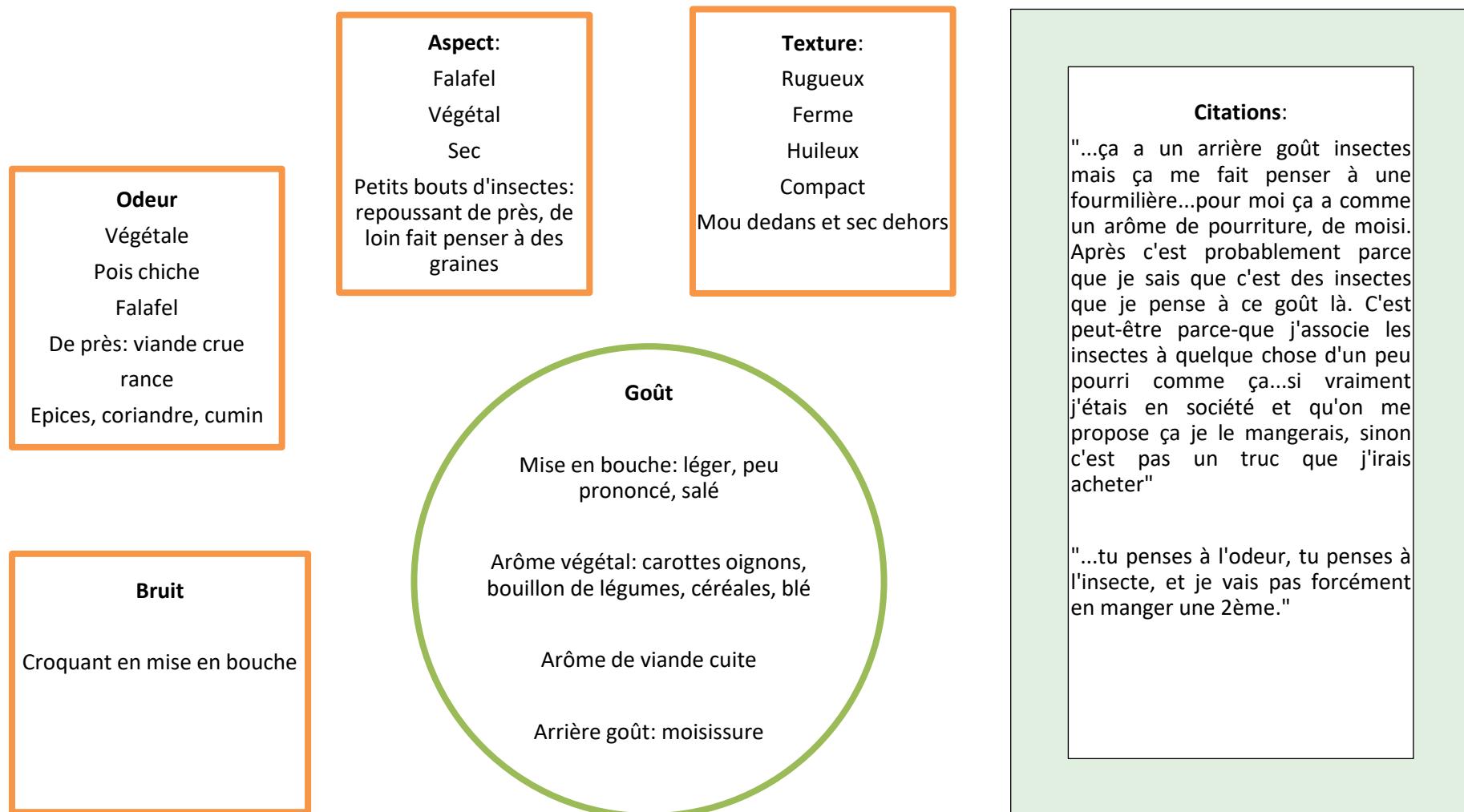
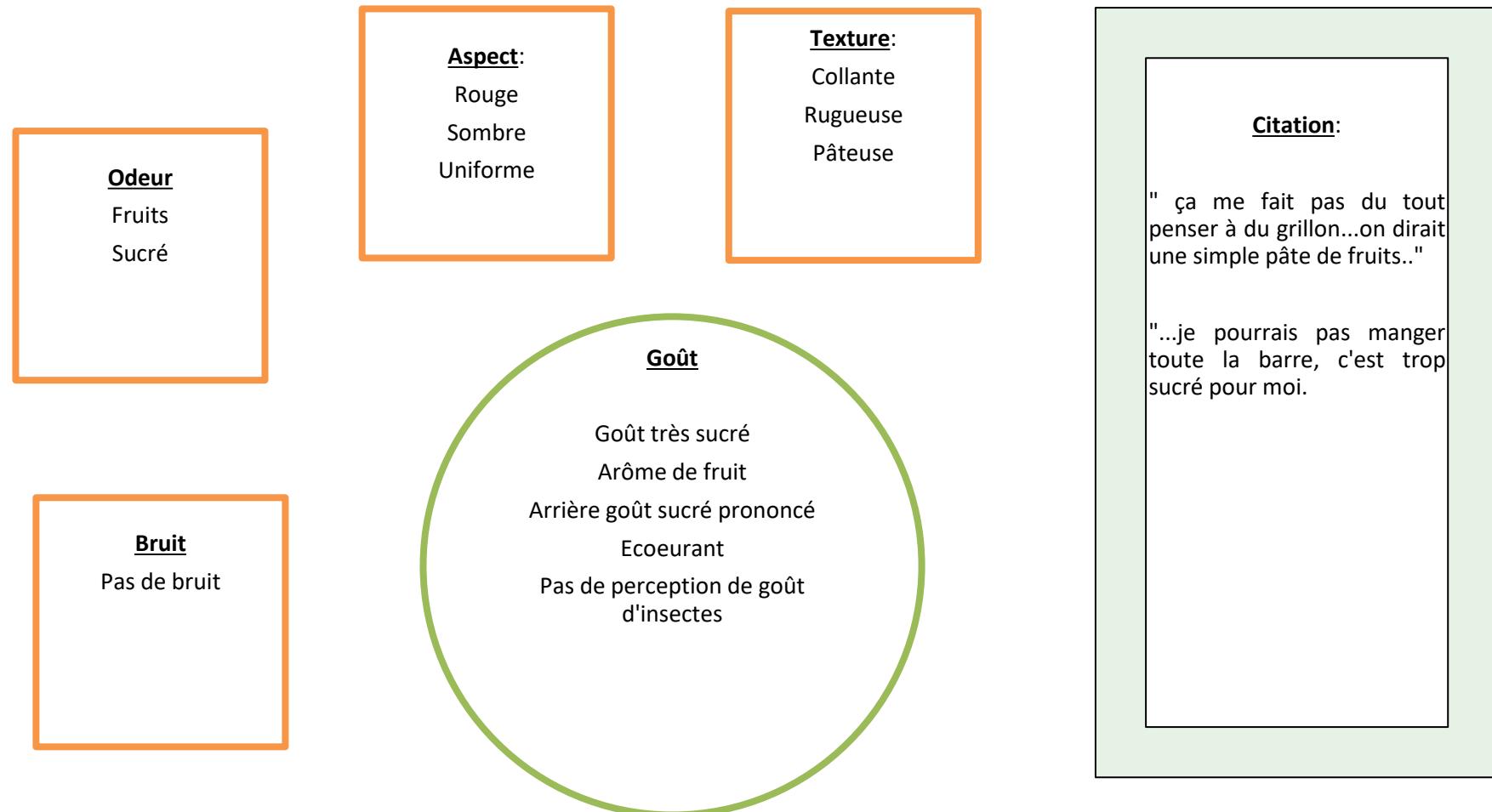


Schéma 3 : Synthèse du focus groupe : Essento Insect Bar



7. Discussion

7.1 Rappel des résultats

Résultats quantitatifs, recherche de littérature :

Variable énergie :

La recherche de littérature révèle des variations de densité énergétique entre les espèces et au sein des mêmes espèces, allant de 271 kcal de différence par 100 g de produit sec entre les vers de farine, 302 Kcal entre les grillons et 20 kcal entre les criquets. Aucune étude ne révèle un apport énergétique inférieur à 153 kcal par 100 g de produit sec. L'apport énergétique le plus élevé est décrit allant jusqu'à 577 kcal par 100 g concernant le vers de farine. Entre les criquets à 153 kcal par 100 g et les vers à 577 kcal par 100 g, il y a une différence de 377%.

Variable protéines :

Elle diffère de 47 g pour les vers, 60 g pour les grillons et 20 g pour les criquets. L'apport protéique le plus bas est décrit à 15.6 g de protéines par 100 g de produit sec chez le grillon. La teneur la plus élevée est décrite à 75.6 g de protéines, également chez le grillon.

Variable lipides :

La teneur en lipides varie de 12 g pour les vers, 20.5 g pour les grillons et 0.5 g pour les criquets. La teneur la plus basse, chez le criquet, est décrite à 4.5 g de lipides par 100 g. L'apport le plus élevé est répertorié chez le vers de farine à 27 g de lipides par 100 g, soit une différence de 600% par rapport au criquet.

Variable AGS :

Les AGS ne sont pas spécifiés pour le criquet. Les teneurs en AGS des vers et des grillons ne sont présentés que par une revue, soit respectivement 3.6 et 2.9 g par 100 g.

Variable glucides :

La teneur en glucides est indiquée uniquement pour les criquets avec une variation de 2.8 g. L'apport glucidique ne représente pas plus de 5% de l'apport énergétique total.

Variable fibres :

L'apport en fibres des vers est énoncé par une seule revue, à raison de 7.44%, soit environ 21 g. L'apport en fibres des criquets est apporté par la même revue que les vers, pour une

teneur de 50 g. L'apport en fibres des criquets est décrit comme variant entre 34.3 g et 41.6 g, soit une variation de 7.3 g. Entre les vers de farine et les criquets il y a une différence de la teneur en fibres de l'ordre de 685%.

Variable vitamines :

Les teneurs en vitamines ne sont décrites que pour les vers de farine. Toutes les vitamines y sont décrites, dont la vitamine B12 avec un taux moyen de 0.47 mg par 100 g.

Variable minéraux :

Les mêmes minéraux ne sont pas analysés pour toutes les espèces sélectionnées. Les minéraux décrits sont les suivants :

- Calcium : décrit pour 2 espèces, avec des variations de 300% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (44 mg pour les vers et 132 mg pour les grillons).
- Fer : décrit pour les 3 espèces, avec des variations de 255% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (2.47 mg pour les vers et 6.3 mg pour les grillons)
- Sodium : décrit pour 2 espèces, avec des variations de 853% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (51 mg pour les vers et 435 mg pour les grillons).
- Iode : décrit pour 2 espèces, les vers et les grillons, sans différence dans les teneurs énoncées. (0.017 mg)
- Zinc : décrit pour les 3 espèces, avec des variations de 300% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (6.05 mg pour les vers et 21.8 mg pour les grillons).
- Potassium : décrit pour 2 espèces, avec des variations de 360% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (351 mg pour les vers et 1126 mg pour les grillons).
- Phosphore : décrit pour les 3 espèces, avec des variations de 325% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (295 mg pour les criquets et 958 mg pour les grillons).
- Magnésium: décrit pour 2 espèces, avec des variations de 36% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (51 mg pour les vers et 142 mg pour les grillons).
- Manganèse: décrit pour les 3 espèces, avec des variations de 925% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (0.4 mg pour les criquets et 3.7 mg pour les grillons).

- Cuivre: décrit pour les 3 espèces, avec des variations de 350% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (0.6 mg pour les criquets et 2.1 mg pour les grillons).
- Sélénium: décrit pour 2 espèces, avec une variation de 16% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (0.06 mg pour les vers et 0.07 mg pour les grillons).

Résultats quantitatifs, comparaison avec des insectes vendus sur le marché suisse :

Les valeurs nutritionnelles des insectes vendus par Essento et Gourmetbugs sont comparables aux valeurs issues de la littérature.

Variable énergie

Les teneurs énergétiques des insectes suisses sont compris dans la moyenne haute des valeurs de littérature, sauf pour les criquets qui sont plus riches d'environ 50 kcal.

Variable protéines

Les teneurs en protéines des insectes suisses se trouvent dans la fourchette des valeurs fournies par la littérature. Les teneurs en protéines ne sont pas inférieurs à la moyenne des valeurs des revues de compositions nutritionnelles.

Variable lipides :

Les insectes suisses sont plus riches en lipides que les valeurs répertoriées dans la littérature. La teneur minimale des vers de farine suisses est 2 fois plus importante que la teneur minimale référencée dans la littérature. La teneur minimale des grillons suisses est 4 fois plus importante que la valeur minimale des revues. La teneur minimale des criquets suisses est 3 fois plus élevée que les données de littérature.

Les AGS présentent des variations de 448% entre les teneurs minimales et maximales répertoriées (2.9 g pour les vers et jusqu'à 13 g pour les criquets).

Les AGMI présentent des variations de 1713% entre les teneurs minimales et maximales répertoriées (1.01 g pour les grillons et jusqu'à 17.3 g pour les vers)

Les AGPI présentent des variations de 157% entre les teneurs minimales et maximales répertoriées (7.63 g pour les grillons et 12 g pour les criquets)

Variable glucides :

Les valeurs glucidiques représentent une variation de 580% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (1 g pour les criquets et jusqu'à 5.8 g pour les vers)

Variable fibres :

L'apport en fibres des insectes varie de % entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (4.9 g pour les vers et 8.4 g pour les criquets)

Variable vitamines :

Elle n'est pas présentée pour les insectes disponibles sur le marché suisse.

Variable minéraux :

Seule la teneur en sodium est indiquée pour 2 espèces d'insectes. On rencontre une variation de 525% entre la teneur minimale et la teneur maximale répertoriée (83 g pour les grillons et jusqu'à 435 g pour les vers)

Résultats qualitatifs, produits à base d'insectes :

Variable Aspect :

L'apparence a été jugée au premier abord comme comparable à un produit végétarien (falafal et galette végétarienne sont des termes qui sont ressortis fréquemment). Le fait de percevoir des bouts d'insectes apparents dans les boulettes et dans le burger a créé un frein à la dégustation car les participants se sont senti repoussés par cette caractéristique.

La barre aux grillons n'a pas rencontré de commentaires négatifs sur son apparence car sa texture était uniforme, sans distinction possible d'insectes dans le produit.

Variable Odeur :

Les participants ont identifiés des odeurs végétales, mais aussi de viande et d'épices. Les boulettes ont été décrites avec une odeur de viande crue rance. La barre aux grillons avait une odeur de fruits.

Variable Bruit :

Le burger et les boulettes ont révélés des bruits croquants et croustillant lors de la mastication. Aucun bruit n'a été révélé pendant la dégustation de la barre aux grillons.

Variable Texture :

La texture a globalement été jugée comme collante et rugueuse. Les boulettes ont été décrites comme huileuse.

Variable Goût :

Les produits ont rencontrés plus de commentaires négatifs que positifs. Les produits ont été jugés avec un goût fort en bouche qui s'apparente à la saveur umami (goût viandeux, sauce soja etc.).

7.2 Mise en perspective par rapport au cadre de référence:

Composition nutritionnelle :

La composition nutritionnelle moyenne des vers de farine, des grillons domestiques et des criquets migrateurs présente des variations importantes entre les espèces et au sein de la même espèce. Ce phénomène est généralisable à tous les insectes, car la composition nutritionnelle est influencée en fonction du stade de développement et de l'alimentation, qui sont des facteurs variables. (4)

La SSN propose des moyennes de composition nutritionnelle en regroupant les 3 espèces admises. (68)

La généralisation des valeurs énergétiques ne semble cependant pas être pertinente en regard des variations possibles entre les espèces et au sein des mêmes espèces. Il pourrait être plus pertinent de proposer des moyennes isolées, et de parler non pas des insectes d'une manière générale, mais de les différencier tel que l'on sépare la viande du poisson.

La densité énergétique des insectes analysés est supérieure à celle des produits animaux comparés par 100 g. (15)

La teneur en protéines est également supérieure à celle des produits animaux comparés. (15)

La composition en acides aminés et la digestibilité des protéines n'ont pas été analysées car il n'y avait pas suffisamment de données comparables dans les revues retenues. Les insectes ayant généralement une composition en acides aminés et une digestibilité comparable aux autres produits animaux, cela laisse hypothétiser que le cas est semblable pour les insectes vendus en Suisse. (4)

L'apport en lipides des insectes analysés est supérieure aux produits animaux comparés. (15)

Les insectes étant traditionnellement préparés en friture, il est possible de faire l'hypothèse que la teneur en lipides finale soit augmentée par rapport aux valeurs initiales. (43)

Il n'y a que peu d'études sur l'impact de la préparation culinaire et de la transformation industrielle sur la qualité nutritionnelle des insectes. (4)

La cuisson par friture a cependant un impact sur la qualité des acides gras, ce qui laisse supposer que la préparation des insectes de cette manière peut avoir un impact délétère sur leur qualité lipidique, surtout pour les insectes riches en AGPI. Les insectes servi en friture pourraient donc être plus riches en lipides et avoir une qualité de leurs acides gras moindre.

La teneur en glucides des insectes analysés est supérieure à la comparaison avec les autres produits animaux. (15)

Les insectes disponibles en Suisse contiennent une teneur élevée en fibres par 100 g, contrairement aux autres produits animaux qui ne contiennent pas de fibres. En Suisse, l'apport en fibres est fourni par la consommation de céréales, de légumineuses, de fruits et de légumes. La consommation moyenne par habitant est proche des recommandations. (19)

La consommation par habitant de fruits et de légumes est inférieure aux recommandations nutritionnelles en vigueur alors que la consommation de denrées animales est supérieure aux recommandations. (19)

L'apport en fibres dans l'alimentation du suisse moyen pourrait donc être amélioré d'une manière intéressante en consommant davantage de végétaux plutôt que d'utiliser d'autres denrées animales comme les insectes.

Les insectes vendus en Suisse sont autant riches en macronutriments, voir supérieur, que les autres denrées animales lorsqu'ils sont consommés en une quantité comparable. La façon d'apprêter les insectes peut impacter leur intérêt nutritionnel.

Dans le cas où les insectes seraient consommés comme la viande dans l'alimentation helvétique en terme de fréquence et de quantité, il est possible de mettre en doute leur intérêt nutritionnel dans la lutte contre le surpoids, l'obésité et les pathologies qui y sont liées, en regard de l'étude de Payne et al. (2015) (14)

La consommation réelle d'insectes ne semble pas être comparable pour l'instant en Suisse à la consommation d'autres produits d'origine animale en terme de portions. La consommation se situe plus actuellement dans une optique de dégustation avec au maximum une trentaine de grammes par personne (Annexe1), même si cette quantité semble élevée par rapport aux portions de vers de farine lyophilisés qui sont proposés dans le cadre de référence. Par exemple si je devais intégrer des vers de farine lyophilisés dans un plat découverte, je mettrai instinctivement moins de 5g par personne, ce qui représente des apports nutritionnels minimes.

Analyse sensorielle :

L'apparence dissimulée des insectes a facilité la découverte et la dégustation des produits, ce qui laisse supposer que les insectes sont plus facilement acceptés lorsqu'ils sont cachés dans un plat, comme ce que suggère la littérature. (4)

La perception de morceaux d'insectes dans le produit a engendré chez des participants une impression de denrée alimentaire moisie avec une sensation de dégoût par rapport au produit. Cette perception correspond aux freins culturels et psychologiques présents chez les occidentaux. (4)

Malgré la présence d'ingrédients connus et appréciés dans les, aucun participant au focus groupe n'a souhaité consommer à nouveau les denrées dégustées. La saveur umami et la perception de morceaux d'insectes a instinctivement engendré une représentation de denrée alimentaire périmée :

"...ça a un arrière goût insectes mais ça me fait penser à une fourmilière...pour moi ça a comme un arôme de pourriture, de mois. Après c'est probablement parce que je sais que c'est des insectes que je pense à ce goût là. C'est peut-être parce que j'associe les insectes à quelque chose d'un peu pourri comme ça...si vraiment j'étais en société et qu'on me propose ça je le mangerais, sinon c'est pas un truc que j'irais acheter"

7.3 Biais, limites et points forts :

Biais et limite de la recherche de littérature :

Un premier biais de recherche est un biais de sélection car les revues n'ont pas été sélectionnées de manière systématique. Le design de la recherche, de type narrative, engendre forcément des biais de sélection d'articles car la sélection est sujette à la subjectivité de l'auteur. J'ai effectué les recherches seul, ce qui a rendu le travail encore plus subjectif car il n'y a pas eu de possibilité de revues par les pairs. Il est probable que des articles pertinents ont échappé à la recherche.

Un second biais concernant les études retenues est un biais de comparaison car toutes les revues n'avaient pas le même design ni les mêmes objectifs de recherche, ce qui a influencé les résultats. Toutes les variables sélectionnées n'ont pas pu être comparables pour les 3 espèces d'insectes analysées. Les variables ont été extraites selon leur présence ou non dans les études et compilées en un tableau de synthèse.

La comparaison avec les produits du commerce est une limite importante à l'étude car les valeurs nutritionnelles indiquées sont également issues de la littérature. Il aurait été plus pertinent d'utiliser des valeurs d'analyse directe pour la comparaison avec les données de littérature.

Biais et limite de l'analyse sensorielle :

Le focus groupe comporte un biais de sélection important car les participants font partie de mon cercle d'amis. Ils n'ont pas été sélectionnés par hasard et ils ont été sensibilisés à la thématique des insectes au préalable en me cotoyant.

Le focus groupe comporte un biais de désirabilité sociale, car ma proximité relationnelle avec les participants peut avoir influencé leur jugement.

L'étude n'est également pas conforme aux normes des focus groupes, car il n'y a qu'un seul groupe qui est analysé. Un vrai focus groupe nécessiterait d'avoir une comparaison entre plusieurs groupes d'avis différents. Ma participation active comme participant est également un biais important dans cette étude.

Pour enrichir les perspectives de l'étude, il pourrait être intéressant de faire un focus groupe sur les produits à base d'insectes dissimulés et un autre focus groupe avec des préparations culinaires courantes qui contiennent des insectes. Cette technique permettrait d'avoir des perspectives sur la différence de perception sensorielle entre des produits alimentaires qui dissimulent les insectes, et des plats contenant des insectes qui sont apprêtés entiers.

Points forts du travail :

Le cadre de référence propose une documentation large de la thématique de l'entomophagie qui permet d'acquérir les connaissances fondamentales à l'appréhension de la problématique. Le travail correspond au design d'une revue narrative, puisque ce type de recherche est là pour documenter une thématique et fournir des pistes de réflexions, sans chercher à répondre précisément à une question, ce qui correspond mon travail.

7.4 Conseils pour la pratique diététique :

Dans la pratique diététique, dans le but d'informer les consommateurs, les informations suivantes semblent intéressantes à transmettre :

- La consommation d'insectes achetés en Suisse ne présente pas de risques pour la santé. Le risque microbiologique est contrôlé comme pour les autres denrées d'origine animale.
- Les insectes consommés ne doivent pas être collectés dans la nature, car ils peuvent contenir des métaux lourds, des pesticides et des toxiques dont la teneur ne peut être contrôlée.
- La composition nutritionnelle moyenne des insectes est comparable aux denrées d'origine animale en quantité semblable. Une portion « dégustation » de quelques grammes n'est pas comparable aux autres denrées animales. Dans un repas « dégustation » il faudrait au moins 40 grammes de vers de farine lyophilisé pour un apport nutritionnel équivalent à celui d'un steak.
- Les personnes allergiques aux mollusques, aux arachniques et aux crustacés, comme les crabes et les crevettes, devraient s'abstenir de consommer des insectes par mesure de précaution en lien avec un risque de réaction allergique croisée.
- Les insectes sont plus facilement acceptés dans un repas lorsqu'ils sont dissimulés. Le fait de voir les insectes peut engendrer une sensation de dégoût qui peut freiner la découverte gustative.
- Afin d'apprécier au mieux le goût des insectes, la préparation en friture semble la plus indiquée.
- Dans le cas où un consommateur apprécierait les insectes au point d'en manger régulièrement et en quantité importante, on peut lui recommander de ne pas consommer tout le temps les insectes en friture mais d'utiliser des techniques culinaires qui préservent mieux les qualités nutritionnelles, comme la cuisson vapeur.

8. Conclusion

Vous avez déjà tous mangé indirectement des insectes, et peut-être que la consommation volontaire est quelque chose qui vous intéresse. Peut-être même que vous y avez déjà goûté. En vous renseignant sur le sujet, vous entendrez probablement que les insectes sont intéressants pour l'environnement dans une optique de développement durable. Ceci est tout à fait vrai car l'élevage d'insectes nécessite moins de ressources que l'élevage de bétail.

Les insectes sont loués pour leur qualité nutritionnelle, ce qui n'est applicable qu'en cas de consommation comparable à une portion courante de produits animaux. En attendant, les insectes sont plus intéressants pour la découverte gustative que pour leur qualité nutritionnelle.

Afin d'apprécier au mieux les insectes lors d'une première expérience gustative, il est préférable de consommer les insectes en un état dissimulé afin d'éviter la sensation de dégoût relative à l'aspect des insectes. Les personnes qui goûtent aux insectes peuvent ne pas désirer réitérer l'expérience car la sensation de dégoût relative à la consommation d'insectes est un frein culturel important.

Les insectes commercialisés en Suisse ne présentent pas de risque pour la santé car leur production est soumise à des contrôles qui permettent de garantir leur inocuité. La représentation que les insectes sont une denrée alimentaire sales n'est donc pas réelle. Cette représentation est uniquement culturelle.

Les insectes disponibles en Suisse ont des compositions nutritionnelles variables entre les espèces et au sein des mêmes espèces. Les données de littérature ne permettent pas un positionnement précis. Afin d'obtenir des teneurs énergétiques fiables, une piste d'étude pourrait être de comparer des analyses d'échantillons fourni par les entreprises qui commercialisent des insectes en Suisse.

Les insectes ne sont pas utiles sur le plan nutritionnel dans une société qui ne manque pas de protéines et qui est en proie à la problématique de l'obésité, comme c'est le cas en Suisse. La tendance serait plutôt de diminuer la consommation d'énergie et de protéines, plutôt que de trouver d'autres sources qui ne remplaceraient pas nécessairement la consommation d'autres produits d'origine animale.

Alors, à quand des röstis aux grillons comme plat national ? Probablement pas pour tout de suite, car seule une minorité de la population helvétique semble intéressée par la consommation d'insectes. L'entomophagie en Suisse est pour l'heure une expérience gustative qui touche un marché de niche. L'avenir nous dira comment évolue la tendance.

Références bibliographiques :

- 1) U.S. Food & Drug Administration. The food defect action levels. Levels of natural or unavoidable defects in foods that present no health hazards for humans. (En ligne). 2018. (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.fda.gov/Food/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/SanitationTransportation/ucm056174.htm>
- 2) Albouy V, Chardigny J-M. Des insectes au menu ? Versailles : Editions Quae ;2016.
- 3) Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe – a review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2014 ;64(3) :147-157.
- 4) Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, et al. Edible insects : future prospects for food and feed security. Rome : Food and Agriculture Organisation of the United Nations ; 2013.
- 5) ArcInfo. Les insectes débarquent dans les assiettes des Suisses. Révolutionnaire ou dégoûtant ? (En ligne). 2017 (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.arcinfo.ch/articles/lifestyle/sante/vous-pouvez-acheter-des-insectes-comestibles-des-aujourd-hui-degoutant-ou-revolutionnaire-une-nouveaute-qui-divise-694968>
- 6) Flandrin J-L, Montanari M. Histoire de l'alimentation. Paris : Fayard ; 1996.
- 7) Bukkens S. The nutritionnal value of edible insects. *Ecology of Food and Nutrition.* 1997 ;36(2-4) :287-319. doi : 10.1080/03670244.1997.9991521
- 8) Dossey A, Morales-Ramos J, Guadalupe Rojas M. Insects as sustainable food ingredients. Production, processing and food applications. Academic Press ; 2016.
- 9) RS 817.022.31 Ordonnance du 25 novembre 2013 sur les additifs admis dans les denrées alimentaires (Ordonnance sur les additifs, OAdd) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20121974/index.html>
- 10) Ko K. Hominin interbreeding and the evolution of human variation. *J of Biol Res-Thessalaniki.* 2016 ;17(23) doi : 10.1186/s40709-016-0054-7
- 11) Valeurs de référence DACH. Société Suisse de Nutrition (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <http://www.sge-ssn.ch/fr/science-et-recherche/denrees-alimentaires-et-nutriments/recommandations-nutritionnelles/valeurs-de-reference-dach/>

- 12) ANSES. Avis de l'Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation d'insectes. Maison-Alfort : ANSES ; 2015.
- 13) Ramos-Elorduy J, Moreno JMP, Prado EE, Perez MA, Otero JL, et al. Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1997;10(2):142-57.
- 14) Payne CLR, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2016;70(3):285-91.
- 15) Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV. Base de données suisse des valeurs nutritives (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018) Disponible : <http://www.valeursnutritives.ch/request?xml=MessageData&xml=MetaData&xsl=Start&lan=fr&pageKey=Start>
- 16) Martin A. Apports nutritionnels conseillés pour la population française : 3^e édition. Paris : Tec&Doc ; 2001.
- 17) Tomé D. Qualité nutritionnelle des protéines de la viande. *Cah Nutr Diét* 2008;43(hors-série 1);1S40-45.
- 18) Vierling E. Aliments et boissons : filières et produits. Montrouge : Doin ; 2008.
- 19) Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV. Résultats sur la consommation alimentaire (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/ernaehrung/menuch/menu-ch-ergebnisse-ernaehrung.html>
- 20) Xiaoming C, Ying F, Hong Z. Review of the nutritive value of edible insects. Edible insects and other invertebrates in Australia : future prospects, proceeding of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Bangkok : 2008.
- 21) Churchward-Venne T, Pinckaers P, Van Loon J, Van Loon L. Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. *Nutr Rev*. 2017 ;75(12) :1035-1045. doi : 10.1093/nutrit/nux057.
- 22) Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV. Information nutrition : Recommandations concernant les lipides (En ligne). (consulté le 26 juillet 2017) Disponible : <http://www.sgpv.ch/wp-content/uploads/recommandations-lipides-1.pdf>

- 23) Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV. Information nutrition : Recommandations concernant les glucides (En ligne). (consulté le 26 juillet 2017) Disponible : <http://www.sgpv.ch/wp-content/uploads/recommandations-glucides-1.pdf>
- 24) Chen. Common edible insects and their utilization in China. Entomological Research ; 2009.
- 25) Keller U, Battaglia R, Beer M, Darioli R, Meyer K, et al. Sixième rapport sur la nutrition en Suisse. Berne : Office fédéral de la santé publique, 2012.
- 26) Paoletti M.G, Norberto L, Damini R, Musumeci S. Human gastric juice contains chitinase that can degrade chitin. Ann Nutr Metab. 2007 ;51 :244-251.
- 27) Wu G, Fanzo J, Miller D, Pingali P, Post M, et al. Production and supply of high-quality food protein for human consumption : sustainability, challenges and innovations. Annals of the New York Academy of Sciences. 2014 ;1321.
- 28) SOFI 2017. L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <http://www.fao.org/state-of-food-security-nutrition/fr/>
- 29) Katayama N, Baba K, Yoshimura T, Yamashita M. Insects for space agriculture and sustainable foods web on Earth. In : 2009 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies. 2009.
- 30) FAO. Assessing sustainable diets within the sustainability of food systems. Mediterranean diets, organic food : new challenges. Research center for food and nutrition. Rome ; 2014.
- 31) Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, et al. Livestock's long shadow (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018) Disponible: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HT>
- 32) Statista. Meat production worldwide, 2016-2018 (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.statista.com/statistics/237644/global-meat-production-since-1990/>
- 33) Pimentel D, Pimentel M. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. Am J Clin Nutr. 2003 ;78(3) :660S-663S.
- 34) Oonincx DGAB, de Boer IJM. Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans – a life cycle assessment. 2012.
- 35) Essento – A table ! Des insectes comestibles (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.essento.ch/fr/>

- 36) Shepherd R, Raats M. *The psychology of food choice*. CABI ; 2006.
- 37) France 24. CENTRAFRIQUE. Les chenilles régalent les papilles (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.youtube.com/watch?v=yrMuvYhj9F8>.
- 38) Docs Kanall. 360° Bangkok, Insectes frits à toute heure (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.youtube.com/watch?v=87aiXKIINPU>.
- 39) Kinyuru JN, Kenji GM, Njoroge SM, Ayieko M. Effect of processing methods on the in vitro protein digestibility and vitamin content of edible winged termite. *Food Bioprocess Technol*. 2010 ;3(5) :778-82.
- 40) Womeni H, Tiencheu B, Linder M, Chouatcho Nabayo E.M, Tenyang N, et al. Nutritional value and effect of cooking, drying and storage process on some functional properties of rhynchophorus phoenicis. *International Journal of Life Science & Pharma Research*. 2012 ;2(3) :203-219.
- 41) AFIDOL. Acidité de l'huile d'olive (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018) Disponible : <http://afidol.org/commercant/acidite-de-lhuile-dolive/>
- 42) Alfaia C.P.M, Alves S.P, Martins S.I.V, Costa A.S.H, Fontes C.M.G.A, et al. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*. 2009 ;114(3) :939-946.
- 43) Vierling E. *Technologies et aspects réglementaires* : Doin ; 2008.
- 44) Insectes comestibles de Gourmetbugs (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018) Disponible : https://www.gourmetbugs.ch/fr_gb/
- 45) Règlement (UE) 2015/2283 du Parlement européen et du Conseil du 25 novembre 2015 relatif aux nouveaux aliments, modifiant le règlement (UE) n° 1169/2011 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant le règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen et du Conseil et le règlement (CE) n° 1852/2001 de la Commission (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE) [En ligne]. OJ L, 32015R2283 déc 11, 2015. Disponible: <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/2283/oj/fra>
- 46) Shepherd R, Raats M. *The psychology of food choice*. CABI ; 2006.
- 47) Rozin P, Vollmecke T.A. Food likes and dislikes. *Annual Review of Nutrition*. 1986 ;6(1) :433-456.

- 48) Mela D.J. Why do we like what we like ? *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81(1) :10-16.
- 49) Vane Wright R.I. Why not eat insects ? *Bulletin of Entomological Research*. 1991 ;81(1) :1-4.
- 50) Yen A.L. Edible insects : Traditional knowledge or western phobia ? *Entomological Research*. 39(5) :289-298.
- 51) Mignon J. L'entomophagie : une question de culture ? (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018) Disponible : <https://orbi.uliege.be/handle/2268/27823>
- 52) Vandeweyer D, Crauwels S, Lievens B, Van Campenhout L. Metagenetic analysis of the bacterial communities of edible insects from diverse production cycles at industrial rearing companies. Geel : Elsevier ; 2017.
- 53) ANSES Agence nationale de sécurité sanitaire, alimentation, environnement, travail. *Cronobacter spp* ; 2011.
- 54) Vijver M, Jager T, Posthuma L, Peijnenburg W. Metal uptake from soils and soil-sediment mixtures by larvae of *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2003 ;54(3) : 277-289.
- 55) Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires OSAV. Lettre d'information 2017/1 : Production et transformation d'insectes à des fins alimentaires. Berne ; 2017.
- 56) RS 817.022.2 Ordonnance du DFI du 16 décembre 2016 sur les nouvelles sortes de denrées alimentaires [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143413/index.html>
- 57) RS 817.022.16 Ordonnance du DFI du 16 décembre 2016 concernant l'information sur les denrées alimentaires (OIDAI) [En ligne]. [consulté le 27 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143397/index.html>
- 58) RS 817.0 Loi fédérale du 20 juin 2014 sur les denrées alimentaires et les objets usuels (Loi sur les denrées alimentaires, LDAI) [En ligne]. [consulté le 27 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20101912/index.html>
- 59) RS 817.02 Ordonnance du 16 décembre 2016 sur les denrées alimentaires et les objets usuels (ODAIous) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143388/index.html>

- 60) RS 817.022.108 Ordonnance du DFI du 16 décembre 2016 sur les denrées alimentaires d'origine animale (ODAIAn) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143409/index.html>
- 61) RS 817.024.1 Ordonnance du DFI du 16 décembre 2016 sur l'hygiène dans les activités liées aux denrées alimentaires (Ordonnance du DFI sur l'hygiène, OHyg) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143394/index.html>
- 62) RS 812.212.27 Ordonnance du 18 août 2004 sur les médicaments vétérinaires (OMédV) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20030705/index.html>
- 63) RS 916.441.22 Ordonnance du 25 mai 2011 concernant les sous-produits animaux (OSPA) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible sur: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20101486/index.html>
- 64) RS 916.307 Ordonnance du 26 octobre 2011 sur la production et la mise en circulation des aliments pour animaux (Ordonnance sur les aliments pour animaux, OSALA) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20092464/index.html>
- 65) RS 916.020 Ordonnance du 23 novembre 2005 sur la production primaire (OPPr) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20051718/index.html>
- 66) RS 916.020.1 Ordonnance du DEFR du 23 novembre 2005 concernant l'hygiène dans la production primaire (OHyPPr) [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20051719/index.html>
- 67) RS 916.443.111 Ordonnance du DFI réglant les échanges d'importation, de transit et d'exportation d'animaux et de produits animaux avec les membres de l'UE, l'Islande et la Norvège (OITE-UE) (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20151240/index.html>
- 68) Juin 2017 [En ligne]. Société Suisse de Nutrition SSN. 2017 [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <http://www.sge-ssn.ch/fr/newsletter-2017/juin-2017/>
- 69) Entomos. Bienvenue chez Entomos AG (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : https://www.entomos.ch/fr_em/
- 70) VerSoGood. Osez les insectes comestibles ! (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : <http://www.versogood.ch/>

- 71) Insectes : la viande du futur ? [En ligne]. Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://www.hafl.bfh.ch/fr/lecole/medias/archives/2017/insectes.html>
- 72) Juliano L. Le Matin. Alimentation : Les insectes comestibles se font désirer. 2017(En ligne). (consulté le 26 juillet 2018) Disponible : <https://www.lematin.ch/suisse/Les-insectes-comestibles-se-font-desirer/story/22110376>
- 73) Bertrand K. De la revue de littérature systématisée à la revue systématique (En ligne). [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible: <https://docplayer.fr/20619475-De-la-revue-de-litterature-systematisee-a-la-revue-systematique.html>
- 74) Touboul P. Recherche qualitative : La méthode des Focus Groupes. Guide méthodologique pour les thèses en Médecine Générale (En ligne). (consulté le 26 juillet 2018). Disponible : https://nice.cnge.fr/IMG/pdf/Focus_Groupes_methodologie_Ptdef.pdf
- 75) Rumpold BA, Schlüter R, Schlueter O.K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. Mol. Nutr. Food. Res. 2013(57) :802-823.
- 76) Payne CLR, Scarborough P, Rayner M, Nonaka K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. Trends in Food Science & Technology. 2016(47) :69-77.
- 77) Mohamed EHA. Determination of nutritive value of the edible migratory locust *Locusta migratoria*, Linnaeus, 1758 (Orthoptera : Acrididae). International Journal of Advanced Pharmacy, Biology and Chemistry. 2015 :4(1).
- 78) Amstar_FR_21012015.pdf [En ligne]. [consulté le 26 juillet 2018]. Disponible : https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/DocuMetho/Amstar_FR_21012015.pdf

Annexes

Annexe 1 : Questionnaire Essento échangé par mail, rempli

Questionnaire Essento Travail de Bachelor HES-SO Nutrition et diététique

Contexte de recherche : mon but est de comparer les informations nutritionnelles moyennes issues de la littérature avec ce qui se trouve sur le marché suisse (insectes entiers, non transformés, crus ou séchés). Je recherche également à documenter l'impact auprès des consommateurs en identifiant les freins liés à la consommation d'insectes ainsi que des pistes d'amélioration.

Les informations suivantes sont reprises de votre présentation durant la journée de nutrition clinique des HUG ainsi que sur votre site internet :

1

Vous conseillez de préparer les insectes blanchis, frits, rôtis ou juste cuits, autant dans des plats salés que sucrés.

Quelle est selon vous la meilleure manière d'apprêter les insectes pour pouvoir en apprécier le goût ?

Le goût est un sens très subjectif, vaste, aux mille facettes. Il est difficile de donner une réponse qui pourra convenir à tout le monde. Selon moi, les insectes développent leurs arômes, comme beaucoup d'aliments, en étant lentement rôtis avec peu ou sans graisse. La chaleur fait venir les arômes de noisette des vers, les arômes iodés, forts, des grillons par exemple. Je trouve que les grillons passent mieux en salé qu'en sucré, les vers et criquets en salé comme sucré. Mais c'est à nouveau personnel. Une glace au miel de citronnier avec des grillons revenus à la poêle avec du jus de lime comme croquant dessus : un délice. Les possibilités sont multiples.

2

Les valeurs nutritionnelles moyennes que vous présentez sur votre site internet sont-elles issues d'analyses d'échantillons directes ou proviennent-elles de la littérature ?

Les deux. Tous nos insectes sont régulièrement analysés (c'est une obligation), ainsi que tous nos produits à base d'insectes. Avec des analyses, nous pouvons savoir si les teneurs de différents nutriments sont bons ou pas. A ce jour, tous nos insectes et produits ont passés les contrôles. Notre site internet présente une moyenne des analyses et de la littérature. Chaque éleveur donne un fourrage différent aux insectes, ce qui influence les valeurs nutritionnelles.

Disposez-vous d'une analyse de composition nutritionnelle de vos insectes plus détaillée en terme de micronutriments ? Si oui, pourriez-vous me partager les données pour que je puisse les comparer dans mon travail avec les résultats issus de la littérature ?

Oui nous en avons. Je vous prie de m'envoyer e-mail avec votre demande, afin que je puisse la faire passer à l'interne et que l'on puisse vous donner tous les documents nécessaires.

3

Vous êtes en partenariat avec environ 100 commerces et 30 restaurants en Suisse.

Pourriez-vous me préciser la répartition générale de vos partenaires sur le territoire ?

Je ne comprends pas votre question. Nous avons des commerces et restaurateurs dans toute la Suisse qui proposent des produits Essento. L'entreprise ayant débuté à Zurich, il est normal que leur nombre soit plus élevé là-bas. Récemment, nous avons eu un restaurant sur Genève qui a proposé des produits à base d'insectes.

4

Vos insectes sont nourris avec des carottes, des pommes et des flocons d'avoine.

Savez-vous si l'alimentation mise en place a pour objectif d'améliorer la qualité nutritionnelle ? (Exemple : teneur en calcium, qualité des acides gras etc)

Oui, l'alimentation a pour objectif d'avoir des insectes aux valeurs nutritionnelles intéressantes, de faire plaisir aux insectes (ils n'aiment pas certaines choses) et d'avoir un fourrage adapté selon les ressources disponibles. Nous disposons uniquement de fourrage en qualité biologique, de la région.

5

Vous avez évoqués le souhait que les fourmis et les larves d'abeille puissent être autorisées également sur le marché suisse.

Savez-vous si des démarches législatives sont en cours, ou bien concernant d'autres espèces comestibles ?

Ces démarches ne sont pas en cours, nous sommes déjà très occupés avec les trois sortes légalisées. Nous essayons de pouvoir proposer des insectes suisses d'ici peu, dès l'été, provenant de Zurich. La proximité est importante pour nous.

Ce ne sont pas des larves d'abeilles, mais les larves d'abeilles mâles, soit les larves des faux-bourdons, tel est le terme exact.

6

Depuis la mise sur le marché suisse de produits à base d'insectes en août 2017, comment diriez-vous que la tendance à la consommation d'insectes a évoluée ?

Comme tout nouveau produit, un gros pic au début, puis une diminution et depuis début 2018, une stabilité dont nous sommes très contents. Nous avons sorti un nouveau produit chez Coop le 25 juin 2018, la demande – importante – sera ainsi remplie concernant les attentes de produits avec des insectes entiers : <https://www.essento.ch/fr/snack-me/>

7

Selon vous quel est le poids de la portion moyenne d'insectes qu'un consommateur suisse peut manger lorsqu'il en apprécie le goût ? Et lorsqu'il découvre l'aliment ?

Tout dépend des insectes qu'il mange, cuits ou lyophilisés par exemple.

Prenez des insectes lyophilisés, secs, en apéro, avec des épices : quelques grammes (2 à 10g ? difficile de dire).

Cuits, je ne peux vous donner de réponse, je ne sais pas. Un pesto ou une pâte à tartiner, 20-30g ?

Je voudrais dire : faites le test vous-même ! Combien en arrivez-vous à en manger, lors d'un apéro, lors d'un repas ? Vous pouvez par exemple commander des insectes entiers lyophilisés, livrés par poste, sur notre webshop : <http://delicious-insects.ch>

Avez-vous connaissance de la portion moyenne consommée au cours d'un repas par un consommateur culturellement habitué à manger des insectes ?

Non.

Annexe 2 : mail de réponse d'Essento avec précisions sur le questionnaire

Bonjour,

Merci pour vos deux lettres!

Concernant les nutriments: j'ai transféré le mail à mon collègue responsable, la réponse devrait arriver d'ici deux semaines, il est en vacances, l'été oblige ;-)

Concernant votre paragraphe, quelques suggestions, commentaires:

Essento a réalisé des produits à base d'insectes qui sont actuellement vendu dans une douzaine de Coop, en plus du site internet d'Essento. Des insectes congelés sont aussi disponibles via le site de Farmy.ch

>>> nous sommes dans une soixantaine de Coop dans tout le pays, 12, c'était au début d'année. Ce chiffre va augmenter d'ailleurs prochainement.

Essento Insect Bar : une barre fruitée énergétique qui contient de la farine de grillons et des fruits

>>> des fruits secs.

A cette liste de produits, vous pouvez ajouter nos nouveaux produits pour les consommateurs (dispo chez Coop): <https://www.essento.ch/fr/snack-me/>

A cette liste de produits, vous pouvez aussi ajouter tous les produits destinés aux restaurateurs, à la gastronomie, des produits que le consommateur ne peut pas acheter dans le commerce de détail, mais peut manger au restaurant ou lors de service traiteur: <http://essento.ch/fr/gastro/>

Un argument fort de vente est la promotion du goût des insectes, en plus des aspects durables et nutritifs qu'ils représentent. Essento propose des ateliers culinaires et .un livre de cuisine pour s'initier à la préparation des insectes.

>>> formulation de la première phrase pas optimale. Deuxième phrase .un livre ... faut de frappe.

Merci beaucoup pour votre intérêt, je reste à votre disposition!

Cordialement,

Timothée Olivier
Essento Food SA
RP & Ventes
+41 76 282 13 51

Consommation d'insectes en Suisse : Perspectives nutritionnelles

Protocole de Travail de Bachelor

**Damir Scheidegger
Genève, décembre 2017**

Directrice TBSc : Laurence Vernay Lehmann

Tables des matières :

1. Résumé	p.3
2. Introduction : justification du thème et but	
2.1.1 Entomophagie	p.4
2.1.2 Intérêt nutritionnel	p.5
2.1.3 Aspect écologique	p.5
2.1.4 Problématique toxicologique/microbiologique	p.5
2.1.5 Intégration des insectes dans l'alimentation occidentale	p.6
2.1.6 Thème du travail de bachelor et définition de la problématique	p.7
2.1.7 But du travail de Bachelor	p.8
2.1.8 Connaissances actuelles en lien avec le domaine étudié	p.8
2.1.9 Justification du thème (présentation des inconnues)	p.8
2.2.1 Questions ouvertes en lien avec le domaine étudié	p.8
2.2.2 Connaissances à acquérir et importance	p.9
2.2.3 Contexte et but	p.9
3. Question de recherche	p.10
4. Méthodes	
4.1 Introduction	p.11
4.2 Justification, rappel méthodologique	p.11
5. Bénéfices et risques	p.14
6. Budget et ressources	p.14
7. Références	
p.15	
8. Annexes	p.17

1. Résumé

Les insectes sont consommés dans le monde entier autant pour leur intérêt nutritionnel que gustatif. L'intérêt européen concernant les insectes dans l'alimentation se développe de plus en plus depuis les dernières années. La consommation d'insectes serait un moyen de faire face aux problématiques nutritionnelles liées à l'augmentation de la population. La consommation d'insectes peut rencontrer des résistances auprès des européens car il n'est pas culturel de manger des insectes.

En Suisse, la vente et la consommation de trois variétés d'insectes est légale depuis le 1^{er} mai 2017. Il s'agit du vers de farine, du criquet migrateur et du grillon domestique. Il n'existe actuellement que peu de positionnement national sur le sujet. Le cadre législatif est posé, la place des insectes dans la pyramide alimentaire est définie par la société suisse de nutrition et les entreprises autorisées par la Confédération peuvent commercialiser les insectes sous diverses formes. C'est à peu près la situation actuelle des données disponibles concernant la consommation d'insectes en Suisse.

Le but de ce travail de Bachelor est de faire le point sur la place que pourraient occuper les insectes dans l'alimentation helvétique. Pour se faire une recherche de littérature et d'enquêtes permettra d'établir un cadre théorique sur les insectes autorisés en Suisse. Des entretiens avec des experts du domaine permettront de faire le lien entre les recherches et la situation helvétique. Le travail se concluera par des hypothèses de réponse à la question de recherche. Des pistes de réflexions pour des études futures seront fournies selon le résultat des recherches en lien avec la thématique.

2. Introduction : justification du thème et but

2.1.1 Entomophagie

L'entomophagie est étymologiquement rattachée au termes grecs "entoma" qui signifie "insectes" et à "-phage" qui veut dire "mangeur". L'entomophagie désigne ainsi le fait de se nourrir d'insectes. (1)

Bien que ce terme soit principalement utilisé dans l'étude de l'alimentation animale, il peut également s'appliquer à l'être humain. Il existe en effet environ 2000 espèces d'insectes comestibles répertoriées à ce jour. Ces insectes entrent dans la culture alimentaire de populations d'Asie, d'Afrique, d'Australie et d'Amérique du Sud. Ils contribuent ainsi activement à l'alimentation de près de 2 milliards de personnes dans le monde, à travers 130 pays et touchent plus de 3000 groupes ethniques. (2)

L'entomophagie humaine n'est pas récente: des analyses isotopiques des os et de l'émail des dents chez des restes d'australopithèques montrent que leur régime alimentaire pouvait contenir des insectes. (3)

L'alimentation humaine n'est pas identique sur tout le globe terrestre. Au cours de l'histoire les milieux géographiques, les méthodes de chasse, de culture et d'élevage ont permis de diversifier l'alimentation des premières civilisations. L'intégration ou non des insectes dans le régime alimentaire est essentiellement basé sur la dimension culturelle. Le christianisme qui a prohibé la consommation d'insectes peut être un facteur expliquant le choix alimentaire des cultures européennes de ne pas avoir inclu ce type de denrée dans leur alimentation. (4)

Les insectes renvoient un certain dégoût en Europe. Ils sont symboliquement rattachés au sol, à la putréfaction des corps et à la pourriture des aliments. Ils ne sont pas considérés culturellement comme étant une denrée alimentaire. (5)

Là où les insectes sont consommés depuis des générations, ils n'ont pas la même place dans la culture alimentaire. Ils peuvent être considérés comme des mets raffinés et comme des sources nutritives importantes. Dans certains groupes ethniques, les insectes apportent environ 5-10% des nutriments consommés par la population. (3)

2.1.2 Intérêt nutritionnel

La composition nutritionnelle des insectes n'est pas uniforme. Les teneurs en nutriments varient selon les espèces avec parfois des différences importantes. D'une manière générale, les insectes peuvent être considérés comme une denrée alimentaire à haute densité énergétique. Ils fournissent une quantité de protéines et de lipides pouvant être importante. Ils contiennent également des vitamines, des minéraux, et des fibres. (6)

Les insectes sont considérés comme une denrée alimentaire avec un fort potentiel dans la lutte contre la famine. Ce qui est intéressant c'est leur teneur en nutriments en rapport à leur fort taux de reproduction et aux faibles ressources que demandent leur élevage. (7)

2.1.3 Aspect écologique

Avec la croissance démographique mondiale, il est d'actualité de trouver un moyen de fournir suffisamment de sources de protéines aux individus. La production de viande ayant un bilan écologique coûteux et les régimes composés uniquement de végétaux comportants également des problèmes écologiques et de santé, il convient de trouver d'autres sources de protéines afin de nourrir toutes les populations. La popularisation de la consommation d'insectes est un des moyens envisagés afin de palier à cette problématique, dans une logique de développement durable. (7)

L'élevage d'insectes produit moins de gaz à effet de serre que l'élevage de bétail et il requiert moins de surface. L'élevage d'insectes demande également moins de ressources alimentaires et d'eau que l'élevage de bétail. (8)

2.1.4 Problématique toxicologique/microbiologique:

La consommation d'insectes n'est pas sans risque pour la santé. Comme toute denrée d'origine animale, les insectes sont susceptibles d'être les vecteurs de bactéries nuisibles à l'être humain. En effet ils sont consommés entiers, avec leurs intestins, ce qui engendre un risque potentiel pour la santé. Parmi toutes les bactéries identifiées, certaines souches d'entérobactéries, de staphylocoques et de clostridium peuvent se retrouver dans les insectes. Le risque microbiologique varie selon l'espèce d'insecte, selon l'élevage et selon les méthodes de préparation. (9)

La réfrigération et la cuisson des insectes permet de diminuer leur densité microbienne. Ces méthodes sont utilisées par les industries afin de pouvoir produire et vendre des insectes sur le marché européen. (10)

Les insectes peuvent également être les vecteurs de champignons et de spores, dont les risques pour l'être humain ne sont pour l'instant que peu étudiés. (9)

Il y a également un risque de transmissions de pesticides via l'alimentation donnée aux insectes. Un des arguments écologiques pour la consommation d'insectes est qu'ils peuvent

être nourris à partir de déchets organiques. Néanmoins, le risque d'absorption des pesticides par les insectes révèle que leur alimentation doit être de qualité contrôlée. (11)

Un problème supplémentaire est le risque concernant la résistance aux antibiotiques propre aux élevages d'animaux. Les insectes étant élevés en grand nombre dans un espace réduit, parmi leurs déjections, les antibiotiques seraient un moyen de limiter la propagation de maladies au sein de l'élevage. En revanche, la résistance aux antibiotiques avec la transmission probable à l'humain de bactéries résistantes aux antibiotiques écarte la possibilité d'utiliser ce type de traitement dans les élevages d'insectes. (12)

2.1.5 Intégration des insectes dans l'alimentation occidentale

L'intérêt pour la consommation d'insectes s'est progressivement développée en Europe. La production et la vente des insectes est régie par la réglementation européenne sur les nouveaux aliments et ingrédients alimentaires. Cette réglementation spécifie que toute nouvelle denrée doit prouver son inocuité pour le consommateur avant d'être disponible sur le marché. Les entreprises souhaitant commercialiser des insectes doivent obtenir une autorisation. (13)

Des pays comme la Belgique et les Pays-Bas autorisent la commercialisation et la vente d'insectes. En France on retrouve la société Ynsect qui produit des insectes comestibles destinés à l'aquaculture et à l'alimentation animale. (14)

La dimension culturelle intervient grandement dans l'intérêt à manger ou non des insectes. Les insectes peuvent dégoûter ou engendrer une certaine curiosité. (15)

Le marketing alimentaire des insectes met en avant la dimension éthique et écologique de cette consommation. (16)

La consommation d'insectes pourrait intéresser certains végétariens qui souhaiteraient diversifier leur alimentation. Les produits avec des insectes dissimulés sont plus facilement acceptés par le public qui souhaite goûter des insectes. (15)

Les produits contenant des insectes cachés sont certes un moyen de faciliter la découverte de cette denrée alimentaire, mais ces produits peuvent également masquer le goût des insectes. Il semblerait que pour favoriser l'acceptation d'un produit dans les habitudes alimentaires d'une population, il faudrait pouvoir distinguer et apprécier le goût particulier d'une denrée alimentaire. Les produits à base d'insectes semblent donc un moyen d'attirer les consommateurs par la curiosité, mais pour une consommation sur le long terme il faudrait pouvoir identifier le goût spécifique aux insectes et l'apprécier. (17)

2.1.6 Thème du travail et définition de la problématique :

La modification législative du 1^{er} mai 2017 concernant les nouvelles sortes de denrées alimentaires autorise désormais la mise sur le marché helvétique de trois espèces d'insectes : le vers de farine (*tenebrio molitor*), le grillon domestique (*acheta domesticus*) et le criquet migrateur (*locusta migratoria*). (18)

Ces insectes peuvent être mangés sous leur forme entière. Ils sont également vendus intégrés dans des produits dérivés contenant les insectes sous forme de farine, dans des burgers et dans des boulettes d'imitation de viande semblables aux produits appréciés des végétariens. Une autre forme de produit dérivé place les insectes entiers dans des préparations facilitant leur acceptation par les consommateurs, sur des tablettes de chocolat ou des hamburgers par exemple. Les produits peuvent être achetés sur internet et dans quelques supermarchés suisses. (16,19)

Les insectes rencontrent une certaine notoriété sur internet. Ils ont la réputation d'être à la fois riches en protéines, en AGPI, en vitamines et en minéraux. Ils fourniraient une alternative avantageuse à la consommation de viande. Les insectes seraient également une denrée alimentaire plus éco-responsable car leur élevage produirait moins de gaz à effet de serre que la viande et ils pourraient être nourris à partir de déchets organiques tel que du composte. Ainsi les insectes seraient une forme de remède aux problèmes de société tel que la gestion des ressources alimentaires et la lutte contre la malnutrition. (2, 16)

Les insectes sont nouveaux sur le marché suisse, et face à tant de vertus potentielles, nous pouvons nous questionner sur la qualité nutritionnelle des insectes disponibles en suisse. Les insectes commercialisés en Suisse sont-ils intéressants au niveau nutritionnel par rapport à la viande ? Comment sont perçus les produits à base d'insectes disponibles sur le marché ?

L'arrivée potentielle des insectes dans les assiettes des consommateurs requiert un positionnement diététique. Le sujet n'est que peu étudié pour l'instant en Suisse, aussi les positionnements existants proviennent majoritairement d'études étrangères. La société suisse de nutrition analyse néanmoins la valeur nutritives des insectes et se positionne sur leur place dans la pyramide alimentaire. (20)

2.1.7 But du travail de Bachelor

Le but de ce travail de recherche est de documenter l'aspect nutritionnel des insectes en Suisse en analysant les valeurs nutritives des insectes légalisés comme denrée alimentaires, ainsi que la perception sensorielle des produits à base d'insectes.

2.1.8 Connaissances actuelles en lien avec le domaine étudié :

L'intérêt des insectes dans l'alimentation humaine n'est pas enseigné à la HEdS. Le sujet est brièvement abordé lors de séminaires de discussion entre les élèves, mais aucun cours spécifique à la thématique n'est prodigué. Les connaissances scientifiques au niveau national restent peu détaillées : les références proviennent surtout d'études réalisées à l'étranger. Cette denrée alimentaire ne figure pas dans la table de composition des aliments du pays mais la valeur nutritive est brièvement abordée sur le site de la société suisse de nutrition. (20-21)

2.1.9 Justification du thème (présentation des inconnues) :

Il n'existe à ce jour aucun positionnement diététique expliqué sur l'intérêt des insectes consommables en Suisse et sur les produits à base d'insectes vendus dans les supermarchés. Il n'est pas possible à ce jour de se positionner sur la valeur nutritionnelle des insectes disponibles en Suisse.

2.2.1 Questions ouvertes en lien avec le domaine étudié :

Plusieurs pistes d'exploration s'ouvrent concernant la thématique des insectes. Il y a premièrement l'intérêt nutritionnel et écologique de la consommation d'insectes au niveau suisse. Il y a également l'impact auprès des consommateurs : savoir si la denrée alimentaire est acceptée et, le cas échéant, quels sont les freins à cette acceptation. La littérature ne révèle pas de pistes concernant l'impact de la chaleur sur les acides gras présents dans les insectes, affectant potentiellement la qualité nutritionnelle du produit.

Plusieurs questions peuvent soulever les inconnues face à cette thématique, par exemple: La production d'insectes en suisse est-elle conforme à ce qui figure dans les recommandations fournies par la littérature ? La consommation d'insectes représente-t-elle un risque potentiel pour la santé des citoyens ? Quels seraient les bénéfices écologiques au niveau national d'utiliser des insectes dans l'alimentation ? La consommation d'insectes a-t-elle un avenir dans la culture alimentaire suisse ou n'est-ce qu'un événement de mode pour de simples curieux ?

2.2.2 Connaissances à acquérir et importance :

Les connaissances à acquérir sont les suivantes:

- Méthode d'élevage et de transformation spécifique à la Suisse: afin de pouvoir comparer avec ce qui est recommandé dans la littérature.
- Pouvoir renforcer le positionnement de la société suisse de nutrition en identifiant une portion d'insectes utilisés pour l'alimentation et se positionner sur la qualité nutritionnelle du produit. L'intérêt de cette recherche est de pouvoir voir si une consommation réelle d'insectes est aussi avantageuse nutritionnellement parlant que ce qui est véhiculé par la littérature.
- Impact écologique de l'élevage d'insectes en Suisse: afin de voir si leur élevage à grande échelle serait bénéfique pour le pays dans une logique de développement durable.
- Impact auprès des consommateurs: dans le but de pouvoir formuler une hypothèse sur la viabilité de cette denrée alimentaire sur le long terme.

2.2.3 Contexte et but :

Afin d'obtenir les connaissances à acquérir pour répondre à la question de recherche, plusieurs voies d'exploration sont nécessaires. Les recherches de littératures et d'enquêtes vont pouvoir permettre de poser un cadre théorique sur la matière. Les articles proviendront de bases de données tel que Pubmed ou encore Google Scholar. Des livres vont également être utilisés. Certains sites internet pertinent au niveau scientifique serviront également à documenter la thématique des insectes.

Des entretiens d'experts du domaine serviront à appuyer les recherches de littérature. Puisqu'il n'y a que peu d'études sur la Suisse en lien avec la consommation d'insectes, les avis d'experts suisses permettront de mieux faire le rapport entre ce qui se trouve dans la littérature internationale et au niveau suisse.

3. Question de recherche

Afin de pouvoir réaliser ma recherche, il est essentiel de pouvoir formuler dans un premier temps une question de recherche en lien avec la problématique énoncée, sous la forme d'un modèle "PICO" (acronyme désignant la population, l'intervention, la comparaison et l'issue).

Dans le cadre de ce travail, deux questions de recherches sont établies :

Concernant les compositions nutritionnelles:

Quelles sont les compositions nutritionnelles moyennes des vers de farine (*Tenebrio molitor*), des grillons domestiques (*Acheta domesticus*) et des criquets migrateurs (*Locusta migratoria*) disponibles en Suisse ?

P: vers de farine, grillons domestiques, criquets migrateurs

I: valeurs de compositions nutritionnelles d'insectes vendu en Suisse

C: valeurs de compositions nutritionnelles moyennes issue de la littérature

O: compositions nutritionnelles (macronutriments et micronutriments)

Concernant la qualité organoleptique des insectes:

Quel est le goût et le plaisir perçu lors de la dégustation de produits à base d'insectes et d'insectes cuisinés disponibles en Suisse ?

P: produits industriels à base d'insectes (Essento Burger, Essento Balls, Essento Bar)

I: analyse sensorielle avec focus group

C: insectes intégrés dans une préparation culinaire (Homemade)

O: impression organoleptique des produits

4. Méthodes

4.1 Introduction

Une recherche PubMed a servi à identifier des articles concernant les insectes autorisés en Suisse. La recherche de littérature est générale. Elle a permis d'identifier des thématiques en lien avec le sujet. Les thématiques ont été hiérarchisées et ciblées selon leur pertinence avec la question de recherche. Les recherchent concernent principalement la valeur nutritionnelle des insectes, leur risque microbiologique, les conditions d'élevage, les conditions de transformation, les conditions de vente, leur intérêt écologique en Suisse, leur prix, les attentes des consommateurs et les freins liés à la consommation. La liste n'est pas exhaustive, aussi une thématique peut-être investiguée selon ce qui est découvert dans la liste des articles choisis.

La recherche d'articles n'est pas systématique. Les articles sélectionnés peuvent être de type quantitatif ou qualitatif. Il s'agit essentiellement de revues de littératures et d'enquêtes. D'autres références ont été recherchées dans les bibliographies des articles sélectionnés sur PubMed. Des livres, des extraits législatifs, des sites internet et des reportages seront également utilisés afin de documenter le sujet. Des entretiens avec des experts serviront à appuyer ou à rectifier la recherche de littérature.

4.2 Justification, rappel méthodologique :

– Sélection des articles / Population étudiée

La législation suisse concernant les insectes sert de base de réflexion pour la recherche de littérature. Seuls les articles concernant les insectes autorisés en Suisse ont été recherchés. La question de recherche a permis d'identifier les MeShTerms servant pour la recherche de littérature. Les MeShTerms utilisés sont les suivants:

- (Edible insect) AND (Tenebrio molitor)
- (Edible insect) AND (Locusta migratoria)
- (Edible insect) AND (Acheta domesticus)
- (Edible insect) AND (consumer acceptance)

Cette recherche a permis d'identifier différents thèmes concernant le sujet, en restant dans l'étude des insectes autorisés en Suisse. Tous les articles ne seront pas retenus. C'est leur pertinence par rapport à la question de recherche qui permet de les retenir ou non.

• Sources bibliographiques / Définition population

Les références des articles sélectionnés seront utilisées afin de trouver d'autres études sur le sujet. Les thématiques retenues sont basées sur leur pertinence.

- **Critères d'inclusion et d'exclusion**

Les critères d'inclusion sont les suivants:

- Articles analysant les compositions nutritionnelles des insectes autorisés en Suisse
- Articles concernant les risques toxicologiques et microbiologiques en lien avec les insectes autorisés en Suisse.
- Enquêtes sur les réactions des consommateurs face aux produits à base d'insectes en Europe.
- Législation suisse concernant les insectes utilisés à des fins alimentaires
- Positionnements européens de sociétés savantes sur les insectes dans l'alimentation humaine
- Articles en lien avec les répercussions environnementales de la consommation d'insectes.

Les critères d'exclusion sont les suivants:

- Articles ne traitant pas des insectes autorisés en Suisse
- Articles concernant des produits élaborés à base d'insectes sans utiliser la matière brute dans le produit (ex: extraction des protéines, etc)
- Articles traitant exclusivement de l'alimentation animale
- Articles datant de plus de 10 ans

- **Déroulement (sélection articles / contact participants)  Extraction des données / Mesures**

Tous les articles de chaque thématique ne sont pas retenus. Seuls seront retenus ceux qui apportent une dimension scientifique à la réflexion par rapport aux autres articles. Les consensus des sociétés savantes seront privilégiés afin d'écartier le plus possible les biais de sélection potentiels lors du choix des articles.

Les articles sélectionnés dans les références des études précédemment retenues seront choisis selon la pertinence de leur titre par rapport à la problématique.

- **Procédures**

Le travail démarre par une recherche de littérature initiale. La sélection des thématiques pertinentes à la problématique permet d'intensifier ou non les recherches dans un domaine particulier. Les lectures d'articles seront associées à des ressources d'autre nature, tel que des livres, des sites internet scientifiques et des reportages. Chaque ressource utilisée doit être pertinente sur le plan scientifique.

- **Variables / Indicateurs**

Les macronutriments des compositions nutritionnelles doivent systématiquement figurer dans les revues. Le fer doit être révélé dans les teneurs des micronutriments.

L'aspect, l'odeur, le bruit, la texture et le goût des produits à base d'insectes sont les variables d'intérêt dans la recherche quantitative.

- **Outils de collecte de données (grilles de lecture / enregistreurs)**

Des grilles de lectures d'analyse de la qualité seront utilisées pour les articles qui ne proviennent pas de consensus scientifiques.

- **Déroulement :**

- **Recueil et saisie de données, supervision**

La recherche de donnée s'effectue seul. La directrice de travail de Bachelor aide à orienter les recherches lors de rencontres régulières.

Les variables seront rassemblées et présentées sur des tableaux selon leur thématique.

- **Logistique, calendrier [SÉP] Analyses**

Selon le modèle de planification Gantt. Les macro-étapes sont planifiées à l'avance et le modèle d'organisation est développé au fur et à mesure. (Annexe I)

- **Qualitatives: contenu**

La recherche qualitative s'effectue par un focus groupe lors d'une dégustation de produits à base d'insectes.

5. Budget et ressources

Le budget n'est pas encore clairement défini. Les ressources suivantes composeront le budget du travail:

- Impression des articles sélectionnés
- Impression du travail de Bachelor et reliure en 4 exemplaires
- Achat d'insectes et de produits à base d'insectes pour dégustation
- Impression d'une feuille format A3 pour le poster relatif au travail

7. Références

- (1) Rey-Debove J, Rey A, directeurs. Le Petit Robert. Paris : Dictionnaires Le Robert ; 1993. Entomophage ; p. 777.
- (2) ANSES. Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à « la valorisation des insectes dans l'alimentation et l'état des lieux des connaissances scientifiques sur les risques sanitaires en lien avec la consommation des insectes. Maisons-Alfort : ANSES ; 2015.
- (3) Mlcek J, Rop O, Borkovcova M, Bednarova M. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – a Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2014 ; 64(1) : 147-157. doi : 10.2478/v10222-012-0099-8
- (4) Flandrin J-L, Montanari M. *Histoire de l'Alimentation*. Paris : Fayard ; 1996.
- (5) Albouy V, Chardigny J-M. *Des insectes au menu ?*. Versailles : Editions Quae ; 2016.
- (6) Novak V, Persijn D, Rittenschober D, Ruth Charrondiere U. Review of food composition data for edible insects. Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) ; 2014.
- (7) Van Huis A (Ed.). *Edible insects: future prospects for food and feed security*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2013.
- (8) Oonincx DGAB, De Boer IJM. Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment. *PLoS ONE.* 2012 ; 7(12). doi :10.1371/journal.pone.0051145
- (9) Vandeweyer D, Crauwels S, Lievens B, Van Campenhout L. Metagenetic analysis of the bacterial communities of edible insects from diverse production cycles at industrial rearing companies. Geel : Elsevier ; 2017.
- (10) Caparros Megido R, Desmedt S, Blecker C, Béra F, Haubrige E, Alabi T, et al. Microbiological Load of Edible Insects Found in Belgium. *Insects.* 2017 ; 8(1). doi : 10.3390/insects8010012
- (11) Houbraken M, Spranghers T, De Clercq P, Cooreman-Algoed M, Couchemant T, De Clercq G, et al. Pesticide contamination of *Tenebrio molitor* (Coleoptera : Tenebrionidae) for human consumption. Ghent : Elsevier ; 2016.
- (12) Osimani A, Garofalo C, Aquilanti L, Milanovic V, Cardinali F, Taccari M, et al. Transferable Antibiotic Resistances in Marketed Edible Grasshoppers (*Locusta migratoria migratorioides*). *Journal of Food Science.* 2017 ; 82(5). doi : 10.1111/1750-3841.13700
- (13) Règlement (CE) n° 258/97 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux

ingrédients alimentaires. 1997.

(14) Ynsect. Premium natural feed. (En Ligne) (Consulté le 20 décembre 2017). Disponible : <http://www.ynsect.com/fr/>

(15) House J. Consumer acceptance of insect-based foods in the Netherlands : Academic and commercial implications. Sheffield : Elsevier ; 2016.

(16) Essento. (En Ligne). (Consulté le 14 décembre 2017). <https://www.essento.ch/fr/>

(17) Caparros Megido R, Sablon L, Geuens M, Brostaux Y, Alabi T, Blecker C, et al. Edible insects acceptance by belgian consumers : promising attitude for entomophagy development. *Journal of Sensory Studies*. 2013 ; 29. doi : 10.1111/joss.12077

(18) Ordonnance du DFI sur les nouvelles sortes de denrées alimentaires. 16 décembre 2016 (Etat le 1^{er} mai 2017).

(19) Coop. Coop propose les premiers burgers aux insectes de la marque Essento. 2017. (En ligne) (consulté le 16 décembre 2017). Disponible : <http://www.coop.ch/fr/groupe-coop/medias/communiques-de-presse/2017/coop-propose-les-premiers-burgers-aux-insectes-de-la-marque-essento.html>

(20) SSN Société Suisse de Nutrition. Désormais au menu : les insectes. 2017 (En ligne) (consulté le 18 décembre 2017) Disponible : <http://www.sge-ssn.ch/fr/newsletter-2017/juin-2017/>

(21) SSN Société Suisse de Nutrition. Table de composition nutritionnelle suisse. 2015

(22) Joanna Briggs Institute. Reviewers' Manual. 2011.

8. Annexes

Annexe I : calendrier

Les macro-étapes de la plannification du travail sont présentées ici. Les étapes seront détaillées au fur et à mesure de l'avancée du travail.

1) Définition du sujet du travail :

Esquisse : 9 juin 2017

Projet : 14 juillet 2017

2) Définition de la question de recherche

Novembre 2017

3) Première recherche de littérature

Novembre 2017

4) Rédaction du protocole

Jusqu'à 22 décembre 2017

5) Séminaire de présentation du protocole

5 février 2018

6) Recherche d'articles approfondie

Jusqu'à fin février 2018

7) Rédaction du cadre de référence

Jusqu'à mars 2018

8) Entretiens avec des experts

Mars 2018

9) Synthèse des entretiens

Avril 2018

10) Rédaction finale du travail de Bachelor :

Jusqu'à mi-juillet 2017

11) Rédaction du poster relatif au travail :

Août 2017

12) Soutenance du travail de Bachelor :

Septembre 2018