Année universitaire 2016 – 2017

Université de Lille 2
Faculté Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)

Master Nutrition, Sciences des Aliments, Qualité et Sécurité Alimentaires
Spécialité Qualité et Sécurité Alimentaires

Camille AUBURTIN

Les laits végétaux sont-ils une bonne alternative en termes de sécurité sanitaire par rapport aux laits animaux ?

Mémoire de fin d'études de la 2ème année de Master

Sous la direction de Madame Caroline LANIER

Date de soutenance : **le vendredi 13 octobre 2017**

Composition de jury :

- Président de jury : ***Madame Annabelle Deram***
- 2ème membre de jury : ***Madame Caroline Lanier***
- 3ème membre de jury : ***Monsieur Nicolas Pourbaix***

Faculté Ingénierie et Management de la Santé – ILIS

42 rue Ambroise Paré
59120 LOOS

Remerciements

En premier lieu, je tiens à remercier **Madame Caroline Lanier**, ma directrice de mémoire, pour son accompagnement et son soutien durant toute la période d'écriture de ce mémoire.

Je remercie également tous **les professeurs de l'ILIS** qui m'ont accompagnée pendant ces deux années de master. Cela m'a permis de confirmer mon attrait pour la qualité en agroalimentaire et d'affiner mon projet professionnel qui a pu se construire sur des bases solides.

Je souhaite également remercier **Madame Chantal Chabert** du centre de documentation pour sa disponibilité et pour son aide ainsi que **Madame Sophie Lecuona** qui nous a accompagnés tout au long de cette dernière année pour les diverses démarches à effectuer.

Table des matières

Remerciements **2**
Liste des abréviations **4**
Table des illustrations - Tableaux **5**
Table des illustrations - Figures **6**
Introduction **7**
I- Caractérisation des différents types de laits **8**
1) Les laits animaux 8
a. Les principaux laits animaux et leurs caractéristiques nutritionnelles 8
b. Elevage et production de lait de vache 10
c. Le marché/La consommation 15
2) Les laits végétaux 18
a. Les principaux « laits » végétaux et leurs caractéristiques nutritionnelles 18
b. Le marché/La consommation 19
c. Culture du soja et production du « lait » de soja 21
II- Evaluation des risques sanitaires du « lait » de soja **24**
1) Liste des substances pouvant se trouver dans le soja 25
2) Données toxicologiques et VTR 27
a. Données toxicologiques des contaminants 27
b. Valeur Toxicologique de Référence des contaminants 31
3) Calcul d'exposition et caractérisation du risque 32
a. Calcul d'exposition 32
b. Caractérisation du risque 36
4) Comparaison avec le lait de vache 39
Conclusion **40**
BIBLIOGRAPHIE **41**

Liste des abréviations

DDPP : Direction départementale de la protection des populations

DJA : Dose journalière admissible

DJE : Dose journalière d'exposition

ERS : Evaluation des risques sanitaires

LMR : Limite maximale résiduelle

POP : Polluants organiques persistants

VTR : Valeur toxicologique de référence

Table des illustrations - Tableaux

Tableau 1: Constituants principaux des laits de diverses espèces animales (g/litre) [3] 9
Tableau 2: Critères microbiologiques applicables au lait cru à la collecte en vue d'une consommation humaine [13] 14
Tableau 3: Marché des boissons végétales de 2009 à 2019 en millions de litre [27] 20
Tableau 4: Tableau présentant différentes variétés de soja et certaines de leurs caractéristiques [24] 22
Tableau 5: Comparaison entre la composition du « lait » de soja et du lait de vache [26] 23
Tableau 6: Caractéristiques d'hydrosolubilité des dangers 26
Tableau 7: Valeur Toxicologique de Référence des contaminants susceptibles d'être présents dans le « lait » de soja 31
Tableau 8: Consommation moyenne de lait par la population en fonction de l'âge et du sexe 33
Tableau 9: Limite Maximale Résiduelle dans la graine de soja pour les pesticides 34
Tableau 10: Poids moyen de la population en fonction de l'âge et du sexe 34
Tableau 11: Dose Journalière d'Exposition en mg/kg de poids corporel/j par contaminant en fonction de l'âge et du sexe pour le scénario n°1 35
Tableau 12: Dose Journalière d'Exposition en mg/kg de poids corporel /j par contaminant en fonction de l'âge et du sexe pour le scénario n°2 35
Tableau 13: Tableau de caractérisation du risque des enfants filles et garçons de 0 à 10 ans consommant 100% de « lait » de soja 36
Tableau 14: Tableau de caractérisation du risque des enfants filles et garçons de 0 à 10 ans consommant 50% de « lait » de soja 36
Tableau 15: Tableau de caractérisation du risque des adolescents filles et garçons de 11 à 17 ans consommant 100% de « lait » de soja 37
Tableau 16 : Tableau de caractérisation du risque des adolescents filles et garçons de 11 à 17 ans consommant 50% de « lait » de soja 37
Tableau 17: Tableau de caractérisation du risque des adultes hommes et femmes de 18 à 79 ans consommant 100% de « lait » de soja 37
Tableau 18: Tableau de caractérisation du risque des adultes hommes et femmes de 18 à 79 ans consommant 50% de « lait » de soja 38

Table des illustrations - Figures

Figure 1: Photo d'une vache de race jersiaise (source google image).....10
Figure 2: Photo d'une vache de race normande (source google image).....10
Figure 3: Photo d'une vache de race bleue du nord (source google image).....11
Figure 4: Photo d'une vache de race rouge flamande (source google image).....11
Figure 5: Photo d'une vache de race simmental (source google image) 11
Figure 6: Photo d'une vache de race vosgienne (source google image) 11
Figure 7: Photo d'une vache de race montbéliarde (source google image) 11
Figure 8: Photo d'une vache de race abondance (source google image) 11
Figure 9: Photo d'une vache de race brune (source google image).....12
Figure 10: Photo d'une vache de race tarentaise (source google image) 12
Figure 11: Vue en coupe d'une mamelle de vache [4] 13
Figure 12: Graphique représentant la répartition de l'utilisation du lait pour la fabrication de produits laitiers en France [3].....16
Figure 13: Répartition des quantités consommées de boisson chez les enfants de 0 à 10 ans (% de la quantité totale de boissons consommées) [17] 17
Figure 14: Répartition des quantités consommées de boisson chez les adolescents de 11 à 17 ans (% de la quantité totale de boissons consommées) [18] 17
Figure 15: Répartition des quantités consommées de boisson chez les adultes de 18 à 79 ans (% de la quantité totale de boissons consommées) [19] 18
Figure 16: Graphique effectuant la comparaison de la composition de différentes boissons végétales [22] 19
Figure 17: Graphique illustrant la part des nouvelles boisson végétales lancées par type de végétal en 2013-2014 [27] 20
Figure 18: Graphique représentant la part des produits au soja consommés sur l'année 2014 [28].....21

Introduction

Depuis des années, le lait de vache est consommé dans les foyers français. En effet, le lait de vache représente 90% de la production de lait mondiale, c'est une denrée alimentaire qui est mondialement consommée. Le lait constitue une part importante des produits laitiers consommés chaque année : il accompagne de nombreuses familles au quotidien.

Cependant, une nouvelle tendance voit le jour depuis 2 ou 3 ans : la consommation de boissons végétales, et notamment les boissons à base de soja. Ces dernières se démocratisent de plus en plus sur fond de nouveaux modes de consommation : végétarien et végan mais aussi sur fond d'intolérance au lactose et d'allergie aux protéines de lait. En effet, d'après l'Association végétarienne de France, en 2016, 3% de la population française était végétarienne et 10% songeait à le devenir **[1].** De plus, 20% de la population est intolérante au lactose et 2% est allergique aux protéines de lait **[2].** Ces populations se tournent vers les boissons végétales qui remportent un franc succès allant au-delà de ces types de consommateurs intolérants, allergiques ou avec un mode d'alimentation particulier. En effet, maintenant beaucoup de personnes consomment du lait de soja, cela est devenu un vrai phénomène.

Au vu du succès de cette nouvelle variété de boissons, il serait intéressant de se pencher sur l'aspect sanitaire de ces produits.

Ainsi, dans le but de pouvoir aider les consommateurs à faire un choix éclairé, cet écrit analysera les caractéristiques nutritionnelles, les méthodes de production ainsi que l'importance dans notre société des laits animaux et des boissons végétales afin de mieux connaître ces différentes boissons.

Ensuite, nous mènerons une évaluation des risques sanitaires à propos des boissons végétales au soja afin de quantifier le potentiel risque auquel est exposé le consommateur.

I- Caractérisation des différents types de laits

1) Les laits animaux

a. Les principaux laits animaux et leurs caractéristiques nutritionnelles

En nutrition humaine, les laits les plus utilisés sont ceux provenant des mammifères suivants : vache, brebis, chèvre, bufflonne. Le lait de vache assure 90% de la production mondiale à lui seul **[3].** Les laits de yack ou encore de renne sont également utilisés mais de manière plus spécifique à des régions du globe comme respectivement l'Asie Centrale pour le lait de yack et les pays nordiques pour le lait de renne.

Le lait peut être utilisé pour différents usages : soit consommé tel quel ou alors transformé en yaourt, crème ou encore beurre. Dans ce mémoire, nous nous intéresserons seulement au lait en tant que tel car c'est le produit brut n'ayant subi aucune transformation.

Les différents laits, quel que soit le mammifère producteur, auront toujours les composés suivants en commun :

- Eau
- Protéines
- Lactose
- Lipides (matière grasse)
- Minéraux

La proportion de ces composés varie ensuite en fonction de l'espèce d'où provient le lait.

Le lait est composé de 83 à 87% d'eau, de matière grasse (lipides), de lactose, de protéines et de minéraux **[4].**

- **Les lipides** : Ils sont émulsionnés sous forme de globules gras dans le lait.

- Les protéines : Ce sont majoritairement des caséines qui vont s'associer à du calcium et du phosphate pour former des micelles. C'est la déstabilisation de ces micelles par voie acide qui va entrainer une coagulation et la formation de fromages ou laits fermentés **[4]**. Le lait contient également des protéines solubles telles que des albumines ou encore des globulines. Ce sont elles qui confèrent sa propriété foisonnante au lait. Ainsi, en influant sur les protéines du lait, on peut obtenir différentes textures et différents produits.

- <u>Le sucre :</u> Celui qui est caractéristique du lait est le lactose. Il est à l'origine du goût doux et sucré du lait. Il va également jouer un rôle important dans l'obtention de plusieurs produits laitiers du fait qu'il soit fermentescible par de nombreux microorganismes.

- <u>Les minéraux :</u> Ce sont principalement du calcium, du phosphate, du chlorure et des citrates.

En plus de tout cela, le lait peut également contenir des globules blancs et des cellules épithéliales qui proviennent du mammifère et différents microorganismes liés à une contamination comme lors de la traite par exemple.

Le tableau ci-après provenant du site de la FAO **[3]** illustre les différentes compositions des laits en fonction du mammifère :

Tableau 1: Constituants principaux des laits de diverses espèces animales (g/litre) [3]

Constituants	Vache	Bufflonne	Chèvre	Brebis
Extrait sec total	128	166	134	183
Protéines	34	41	33	57
Caséine	26	35	24	46
Lactose	48	49	48	46
Matières salines	9	8	7,7	9
Matières grasses	37	68	41	71

Dans ce tableau, nous pouvons observer que le lait de brebis est celui contenant le plus de protéines suivi du lait de bufflonne. La teneur en protéines des laits de vache et de chèvre sont très similaires. La teneur en lactose des laits est environ la même pour les différentes espèces.
Les laits de brebis et de bufflonne contiennent le plus de matières grasses, suivis par les laits de chèvre et de vache dont la teneur en matière grasse est proche. C'est notamment la teneur en matière grasse du lait qui conditionne sa teneur énergétique.

A noter que la composition du lait varie également au sein d'une même espèce en fonction de la race, de l'âge de l'animal ou encore du mode d'élevage. Par exemple, le lait d'un animal élevé en liberté aura tendance à être plus riche que celui d'un animal provenant d'un élevage plus intensif, pâturant moins.

La vache assure la plus grande part de production mondiale de lait avec près de 90% **[3]**. Dans les pays développés, la quasi-totalité du lait est produite par les bovins. En effet, en France, le cheptel laitier compte 3.7 millions de vaches, 1.2 millions de brebis et seulement 856 000 chèvres et 98% du lait collecté est du lait de vache **[6].** C'est donc tout

naturellement que, dans la suite de cet écrit, nous allons nous focaliser sur le lait de vache comme lait animal.

b. Elevage et production de lait de vache

En France, on compte environ 3.6 millions de vaches laitières qui font partie des 24 millions que l'on compte dans l'Union Européenne, pour un total mondial d'environ 250 millions de vaches laitières présentes sur notre planète **[7].**

Il y a différentes races de vaches laitières mais une race se démarque par rapport aux autres : il s'agit de la Prim'Holstein qui représentait environ 60% des vaches laitières en France en 2010 **[8]** et assure 80% de la récolte de lait dans l'hexagone **[9].**
La Prim'Holstein est une vache de grande taille avec une robe pie noire (blanche avec des tâches noires) facilement reconnaissable. Cette race est très prisée de par ses nombreux atouts. En effet, elle peut s'adapter à de nombreux milieux, même les plus extrêmes, mais aussi à différents types d'exploitations et d'alimentation. Son bassin incliné facilite le vêlage, ses mamelles sont adaptées à une traite mécanique et ses membres lui assurent une bonne locomotion.

Les autres races de vaches laitières que nous retrouvons sur notre territoire et qui produisent les 20% restant de lait récolté sont :

- La Jersiaise

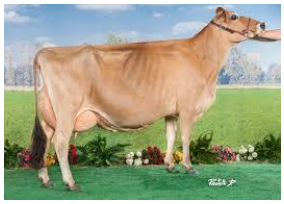


Figure 1: Photo d'une vache de race jersiaise (source google image)

- La Normande

Figure 2: Photo d'une vache de race normande (source google image)

• La Bleue du nord

Figure 3: Photo d'une vache de race bleue du nord (source google image)

• La Rouge flamande

Figure 4: Photo d'une vache de race rouge flamande (source google image)

• La Simmental

Figure 5: Photo d'une vache de race simmental (source google image)

• La Vosgienne

Figure 6: Photo d'une vache de race vosgienne (source google image)

• La Montbéliarde

Figure 7: Photo d'une vache de race montbéliarde (source google image)

• L'Abondance

Figure 8: Photo d'une vache de race abondance (source google image)

• La Brune

Figure 9: Photo d'une vache de race brune (source google image)

• La Tarentaise

Figure 10: Photo d'une vache de race tarentaise (source google image)

A ces races viennent s'ajouter des races dites « mixte », lait et viande comme la vache Pie rouge des plaines ou encore la Salers.

L'alimentation des vaches qui est 100% végétale et minérale, est composée d'environ 92% de fourrage (herbe fraîche, foin, ensilage), de 7% de « concentré » (mélange de céréales, d'oléagineux et de coproduits compressés en granulés) et 1% de minéraux avec bien sûr de l'eau à volonté **[10].**
Bien sûr, ces proportions varient en fonction de l'éleveur mais aussi de la saison et de la région. En effet, en fonction du climat, une vache pourra pâturer de l'herbe fraîche plus ou moins longtemps.

L'alimentation des vaches va également dépendre du type d'élevage. Plus l'élevage est intensif moins la vache aura un accès au pré. A l'inverse, plus l'élevage est extensif plus la vache aura un accès vers l'extérieur et moins son alimentation nécessitera d'être complémentée par des « concentrés ».

Pour que la vache produise du lait, elle doit obligatoirement avoir eu un veau. En effet, pendant la gestation qui dure 280 jours en moyenne (soit environ 9 mois) les glandes mammaires se développent via la multiplication des cellules sécrétoires s'organisant en alvéoles. Au moment de la mise bas, une chute de progestérone placentaire est observée et, en parallèle, a lieu une monté de prolactine sécrétée par l'hypophyse ce qui induit la production de lait.

Le lait est produit à partir des nutriments apportés par l'alimentation de la vache. Ces nutriments sont acheminés vers la mamelle de la vache par des capillaires sanguins. La production du lait est appelée lactation et se caractérise par 4 étapes **[11] :**

- Mammogénèse : phase de développement
- Lactogénèse : phase de déclenchement de la lactation
- Galactopoïèse : phase d'entretien de la lactation.
- Involution : phase de repos de l'activité sécrétoire

Le lait produit est ensuite éjecté par la mamelle de manière réflexe avec le veau qui tète ou tout simplement par une manipulation de la mamelle. La stimulation de la mamelle, qu'elle soit manuelle ou effectuée par le veau, entraine une stimulation des nerfs périphériques ce qui envoie un signal à l'hypophyse. Cette dernière va alors sécréter de l'ocytocine ce qui va entrainer la contraction des alvéoles de la mamelle. On aura ensuite une augmentation de la pression et l'écoulement du lait dans la mamelle via les canaux lactifères.

Ci-après voici une vue en coupe d'une mamelle **[12]** :

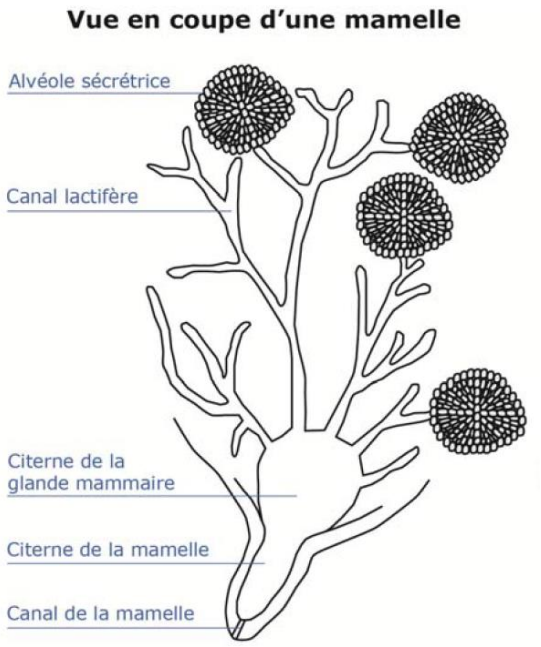


Figure 11: Vue en coupe d'une mamelle de vache [4]

Suite à la naissance du veau, la lactation de la vache sera entretenue pendant 10 mois à raison de 2 traites par jour. En effet, la stimulation de la mamelle influe sur les hormones contrôlant la lactation ce qui permet de l'entretenir.

Une fois la traite effectuée, le lait est collecté puis analysé avant d'être acheminé en laiterie. La collecte du lait s'effectue chaque jour et des analyses sont effectuées. Les critères microbiologiques qui doivent être analysés pour le lait cru sont les suivants **[13]** :

Tableau 2: Critères microbiologiques applicables au lait cru à la collecte en vue d'une consommation humaine [13]

Critère	Limite
Germes totaux à 30°C	≤ 100 000/ml
Cellules somatiques	≤ 400 000/ml

Une fois le lait cru à la laiterie il est d'abord pasteurisé afin de réduire le nombre de microorganismes qu'il contient car, lors du passage dans le trayon, le lait a pu se charger de divers microorganismes. L'étape de la traite en elle-même contribue également à la présence de microorganismes dans le lait qui arrive en laiterie. La pasteurisation est le plus souvent effectuée dans un échangeur à plaques avec un barème de 72°C pendant 15 secondes **[14]**.

Une fois la pasteurisation effectuée, le lait est standardisé en trois différents types :

- Le lait entier qui contient 3,5% de matières grasses par litre
- Le lait demi écrémé avec 1,5 à 1,8% de matières grasses par litre
- Le lait écrémé qui lui ne contient pas de matières grasses.

Pour réaliser cette standardisation, le lait est d'abord totalement écrémé, ce qui permet ensuite de rajouter la quantité de crème nécessaire pour obtenir la quantité de matière grasse souhaitée en fonction du type de lait que l'on veut produire.

Le lait peut être vendu pasteurisé : c'est celui que l'on retrouve dans les rayons réfrigérés des grandes et moyennes surfaces, mais il peut aussi être vendu stérilisé. Effectivement, une stérilisation à haute température (stérilisé UHT) peut être réalisée entre 140°C et 150°C pendant quelques secondes (2 à 5 secondes le plus souvent) **[14]** afin de détruire la totalité des microorganismes. Ce traitement permet de conserver le lait plus longtemps. En effet, le lait pasteurisé se conserve 7 à 10 jours à 4°C alors que le lait UHT peut se conserver au moins 90 jours à température ambiante et à l'abri de la lumière.

Dans le but de garantir la sécurité du consommateur, les laiteries ayant une activité de transformation de produits d'origine animale doivent toutes avoir un agrément sanitaire. Afin d'obtenir un agrément sanitaire, le professionnel détaille dans un plan de maitrise sanitaire toutes les mesures qu'il met en place, au sein du site, pour garantir la sécurité sanitaire des produits. Une visite sur site est effectuée par la Direction Départementale de Protection des Populations (DDPP) avant que l'agrément ne soit délivré à l'exploitation.
L'obligation d'agrément sanitaire découle du paquet hygiène (règlement UE n°853/2004)

qui responsabilise chaque acteur de la chaine alimentaire par rapport à la qualité des produits qu'ils mettent sur le marché.

c. *Le marché/La consommation*

Le secteur laitier fait partie de l'organisation commune des marchés des produits agricoles (règlement UE n°1308/2013). Cela signifie qu'en cas de déséquilibre grave du marché le secteur peut recourir à plusieurs instruments de marché comme « filet de sécurité » tel que l'achat de lait en grande quantité et son stockage sous forme de lait en poudre **[15].**

La filière laitière française, c'est environ 250 000 emplois répartis sur tout le territoire et 29.8 milliards d'euros de chiffre d'affaire en 2013 pour l'industrie laitière **[6].** Nous sommes le deuxième producteur européen de lait derrière l'Allemagne. La France comptait en 2014, 63 602 exploitations produisant du lait de vache, et une exploitation compte en moyenne 58 vaches **[6].**
L'industrie laitière est très présente en France. En effet, nous pouvons compter 5 groupes français dans le top 25 mondial : Lactalis en 1ère place, Danone en 4ème, Sodiaal en 17ème suivi par Savencia en 18ème et enfin le groupe Bel qui est 24ème **[6].**

Les trois quarts de la récolte de lait sont transformés en produits laitiers pour le grand public (yaourts, fromages, etc.). Le reste est utilisé dans le secteur alimentaire, en pharmaceutique mais aussi en chimie **[6].** 80% du chiffre d'affaire de la filière est généré par les produits destinés au grand publique avec, en tête, le secteur des produits frais et des fromages **[5].**

Le graphique ci-après montre la répartition de l'utilisation du lait pour la fabrication de produits laitiers en France en 2015 **[5]** :

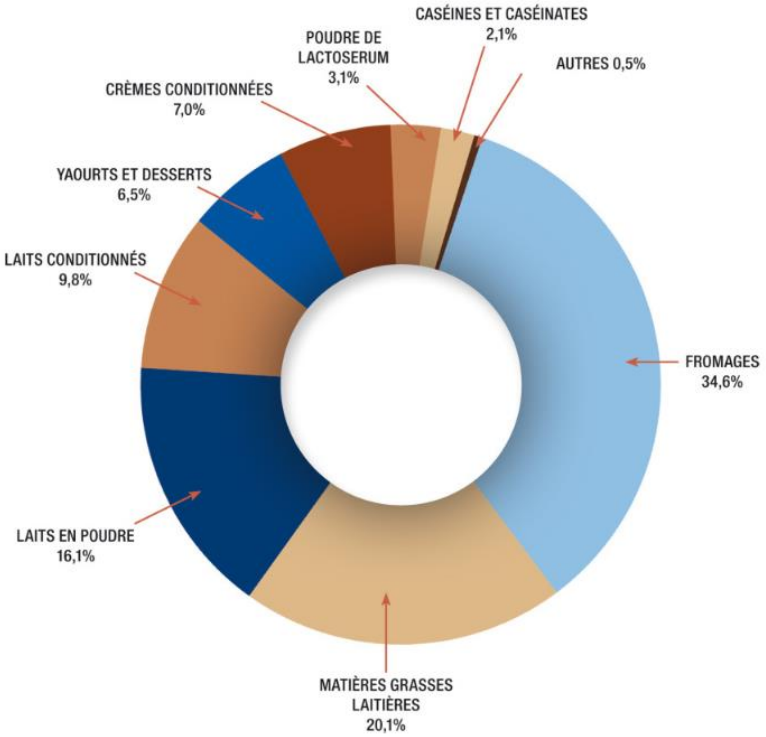


Figure 12: Graphique représentant la répartition de l'utilisation du lait pour la fabrication de produits laitiers en France [3]

Ainsi, environ un tiers du lait produit est utilisé pour fabriquer du fromage, environ 20% sera utilisé pour faire des matières grasses. Arrive ensuite le lait en poudre et les laits conditionnés, avec respectivement 16.1% et 9.8%. Les crèmes conditionnées et les yaourts arrivent en queue de peloton avec 7% et 6.5% du lait produit utilisé.

Parmi les laits conditionnés qui représentent environ 10% de la production de lait, la part de lait bio a augmenté de 7% en 2015 par rapport à l'année 2014 **[16],** cependant nous ne pouvons pas en dire autant de la consommation de lait en France.
En effet, en 2015, les français ont acheté 2.5% de lait en moins par apport à l'année 2014. La consommation de lait par habitant a également reculé : en 2003, la consommation était d'environ 61L par an et par habitant et n'est plus, en 2015, que de 51L par an et par habitant **[16].**

Ceci peut s'expliquer par un changement d'habitude de consommation induit par différents facteurs :

- Le petit déjeuner a une plus petite place dans le quotidien des français
- L'allergie ou l'intolérance au lactose, qu'elle soit réelle ou autodiagnostiquée
- Le refus de consommer des produits issus d'animaux (végétalisme et véganisme).

La consommation de lait en France varie également selon l'âge.
En effet, l'étude INCA 3 a montré que le lait représente environ 4% de la ration journalière

d'un adulte, et environ 10% de celle d'un enfant et d'un adolescent **[17] [18] [19]** Comme le montre les graphiques ci-après :

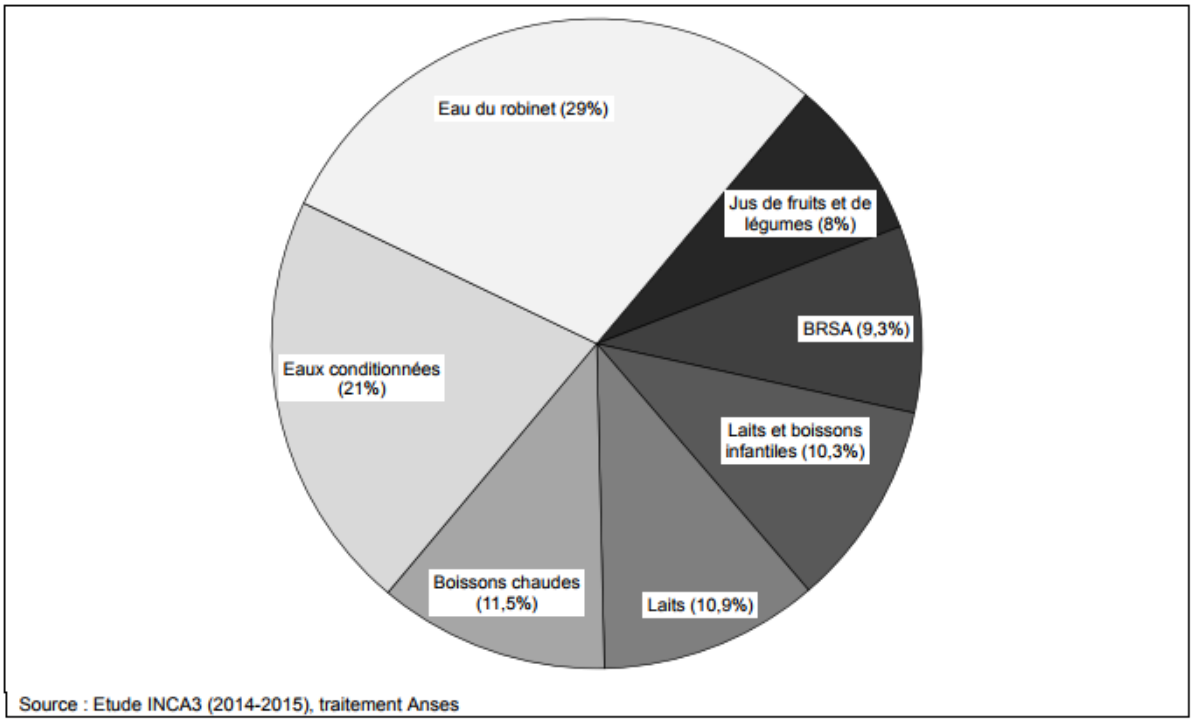


Figure 13: Répartition des quantités consommées de boisson chez les enfants de 0 à 10 ans (% de la quantité totale de boissons consommées) [17]

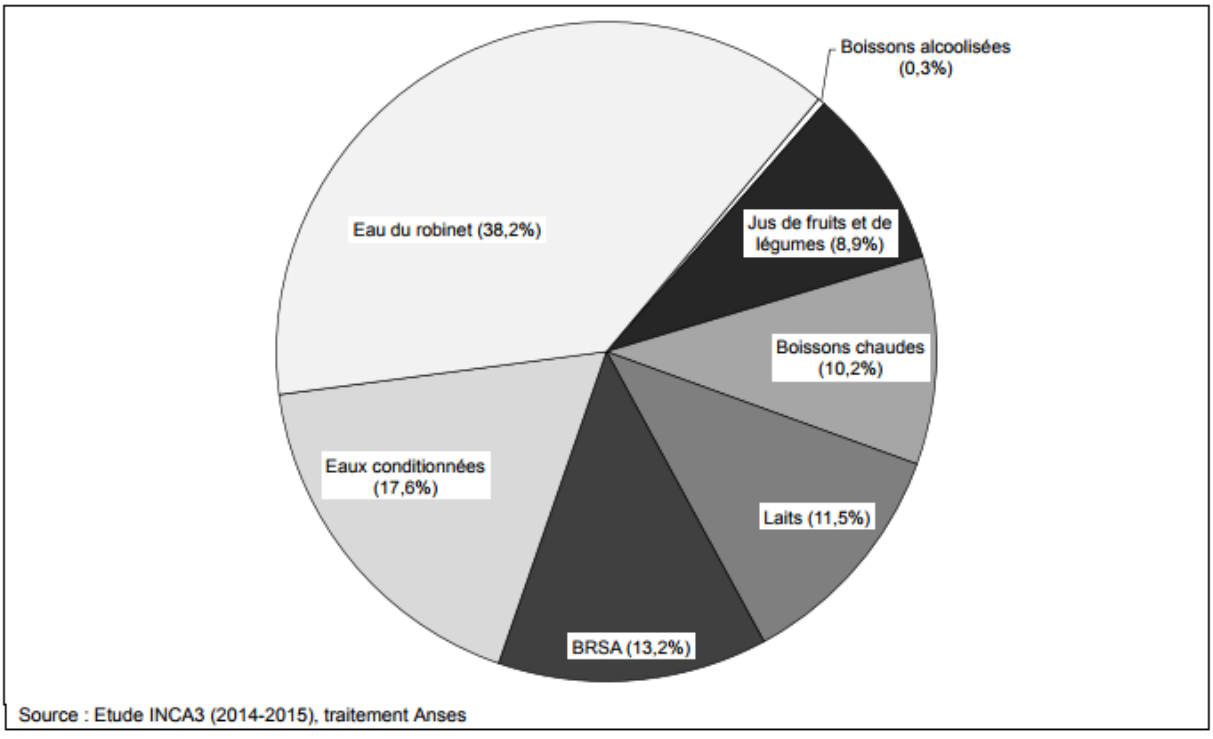


Figure 14: Répartition des quantités consommées de boisson chez les adolescents de 11 à 17 ans (% de la quantité totale de boissons consommées) [18]

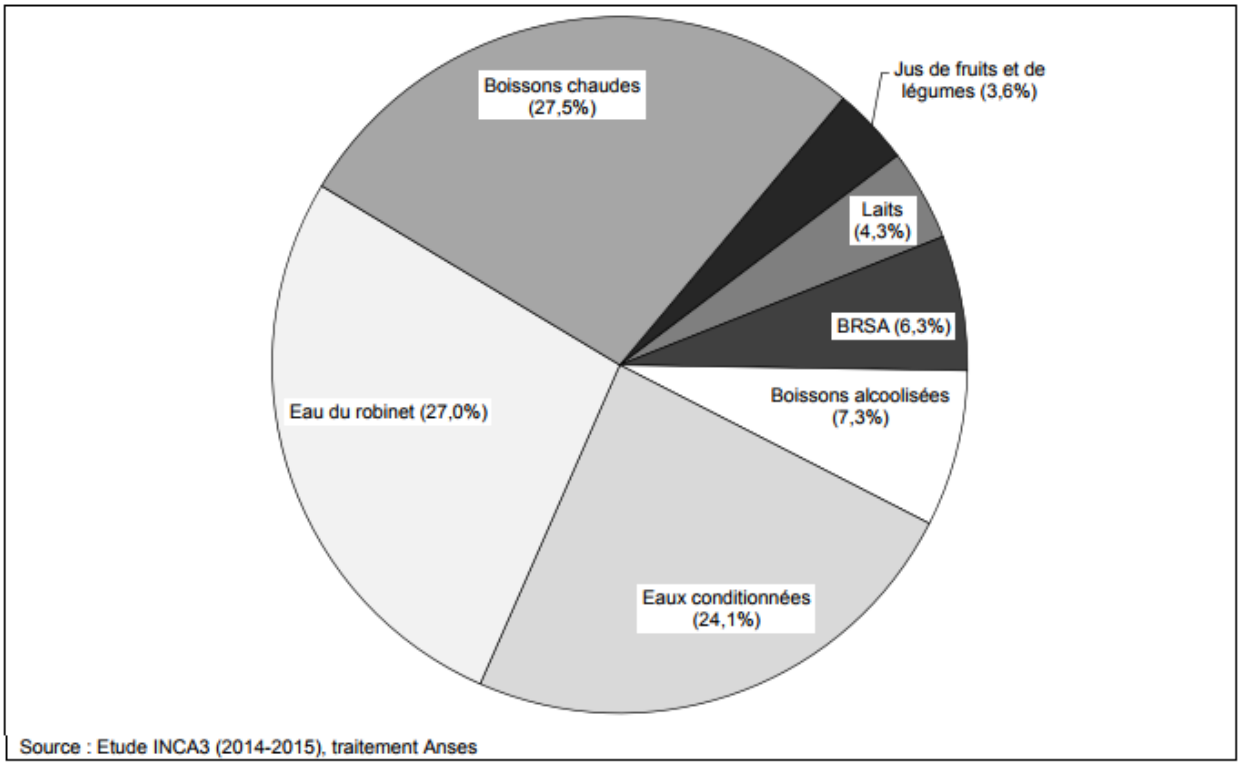


Figure 15: Répartition des quantités consommées de boisson chez les adultes de 18 à 79 ans (% de la quantité totale de boissons consommées) [19]

Ainsi, pour le groupe des enfants de 0-10 ans et des adolescents de11-17 ans, la part du lait dans la ration journalière est de 11% environ quand elle n'est plus que de 4,3% dans la tranche d'âge des adultes de 18-79 ans.

2) Les laits végétaux

Le vrai terme qui devrait être employer est celui de « boissons végétales » car est considéré comme lait exclusivement ce qui provient de mamelles de mammifères **[20]**. Parler de « laits » végétaux est donc un abus de langage.

a. Les principaux « laits » végétaux et leurs caractéristiques nutritionnelles

Il existe de nombreuses boissons végétales : certaines proviennent de légumineuses comme le « lait » de soja, de céréales comme le « lait » d'avoine ou de riz mais aussi d'oléagineux comme le « lait » d'amande, de noix ou encore de noisettes.

En fonction de l'élément de base, la boisson végétale peut être obtenue de différentes façon : broyage puis extraction du jus et ajout d'eau ou par trituration en présence d'eau **[21]**.

Le graphique ci-après illustre les différences de compositions des différents « laits » végétaux **[22]** :

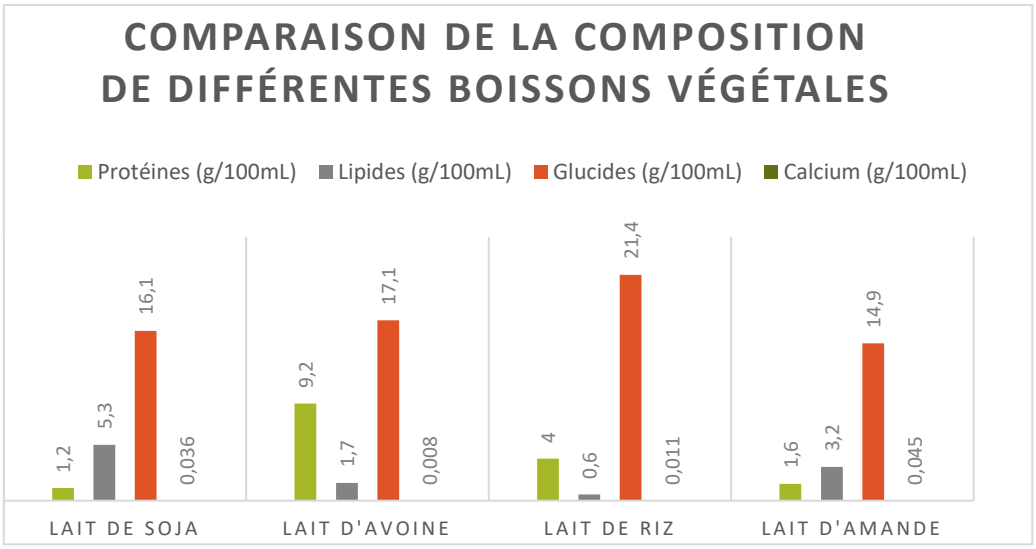


Figure 16: Graphique effectuant la comparaison de la composition de différentes boissons végétales [22]

Avec le graphique ci-dessus, nous pouvons voir que la composition des boissons végétales diffère beaucoup en fonction de l'espèce dont elle provient. Les glucides sont les éléments de composition principaux de ces boissons végétales. Vient ensuite, pour le « lait »de soja et d'amande, les lipides puis les protéines. Pour le « lait » d'avoine et de riz, la teneur en protéines est plus importante que celle des lipides.
Pour les 4 boissons végétales représentées ci-dessus, le calcium arrive en dernier dans la composition et en très petite quantité : c'est de l'ordre du milligramme plutôt que du gramme.

A noter également que la composition des boissons végétales varie également en fonction des marques. En effet, certaines marques peuvent aromatiser ces boissons ou y ajouter du calcium par exemple.

b. Le marché/La consommation

Au départ, les boissons végétales étaient essentiellement préconisées comme des alternatives au lait de vache en cas d'allergie ou d'intolérance. Leur consommation se démocratise et s'étend à un plus large publique. Aujourd'hui, nous assistons à une forte croissance notamment au Brésil, aux Etats-Unis, en Afrique du Sud et en Europe. Le tableau suivant montre l'évolution du marché des boissons végétales avec une projection jusqu'en 2019 **[27]** :

Tableau 3: Marché des boissons végétales de 2009 à 2019 en millions de litre [27]

	2009	2013	2019
Amérique du Nord	336,2	434,4	584,9
Amérique du Sud	120,0	134,3	164,4
Région pacifique	2 886,0	5 010,5	8 797,0
Europe	426,3	465,6	506,3
Moyen Orient/Afrique	14,4	34,0	69,5
Total	**3 782,9**	**6 078,8**	**10 122,1**

Ainsi, comme nous pouvons le voir sur ce tableau, de 2009 à 2013, le marché des boissons végétales mondial a doublé. Au niveau de l'Europe, on constate une augmentation de 40 millions de litres environ.
Lorsque que l'on regarde la projection effectuée pour 2019, le marché devrait encore progresser de 4 millions de litres de manière mondiale et de 40 millions de litres en Europe.

Sur l'année 2014, plus de 1 200 boissons végétales ont été recensées **[27].** Les boissons au soja restent leader et les boissons à base d'amande et de riz se développent fortement comme le montre le graphique suivant **[27]** :

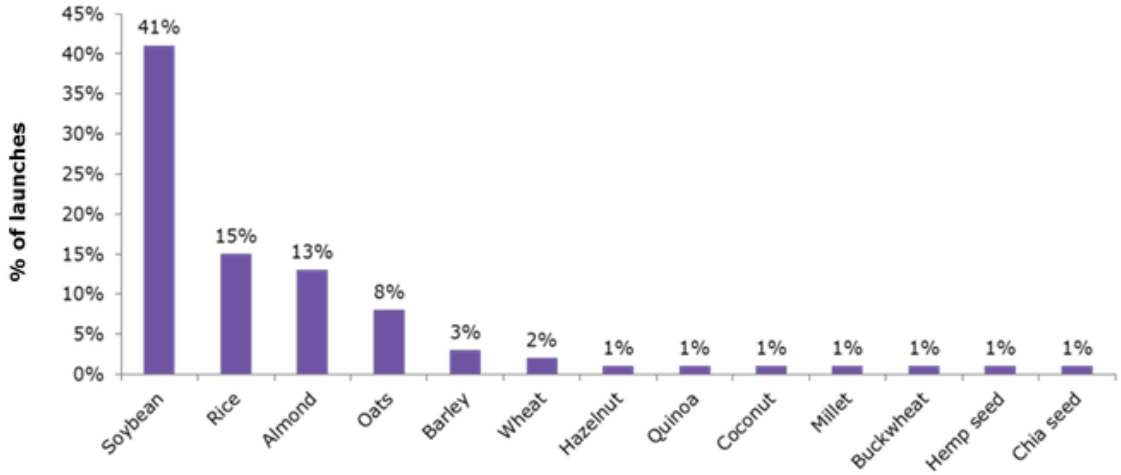


Figure 17: Graphique illustrant la part des nouvelles boisson végétales lancées par type de végétal en 2013-2014 [27]

Ainsi, sur l'année 2013-2014, presque la moitié des boissons lancées étaient à base de soja, suivie par les boissons à base de riz et d'amandes. Les autres boissons représentent une bien plus petite part des lancements, cependant elles permettent d'offrir aux consommateurs une grande diversité de produits.

En 2014, 4 Français sur 10 consommaient des produits à base de soja **[28].** Cette consommation est relativement récente puisque près de la moitié des consommateurs ont

commencé il y a moins de 5 ans. Les personnes consommant des produits à base de soja au moins une fois par mois représentent près d'un tiers de la population française. Ces consommateurs achètent différents produits à base de soja mais le « lait » de soja est l'aliment le plus acheté comme le montre le graphique suivant **[28]** :

Figure 18: Graphique représentant la part des produits au soja consommés sur l'année 2014 [28]

Effectivement, la boisson au soja remplit la plus grande partie du panier, suivie de près par les steaks, galettes et burgers de soja mais aussi les yaourts aromatisés. Arrivent en fin de course les yaourts nature, le miso et, loin derrière, le tempeh avec une part de 3% seulement des produits à base de soja achetés en 2014.

Du fait de l'expansion des boissons végétales, et notamment des boissons à base de soja, il est intéressant de regarder le côté sanitaire de ce produit à travers la méthode de l'évaluation des risques sanitaires.
En effet, aucune évaluation de ce genre n'a encore été faite sur les boissons végétales à base de soja. Cette évaluation des risques sanitaires du « lait » de soja portera sur les contaminants chimiques.

c. Culture du soja et production du « lait » de soja

Le soja est une plante annuelle herbacée pouvant être grimpante ou rampante en fonction des variétés **[23]**. Le soja fait partie de la famille des fabacées, plus communément appelée légumineuse : son fruit est une gousse.

Une fois la graine plantée, elle va germer, puis les cotylédons vont sortir du sol. On va ensuite observer le développement de vraies feuilles durant une phase dite végétative. S'en suit une phase de floraison à l'issue de laquelle les gousses vont apparaitre puis maturer durant la phase dite de maturation. Chaque gousse referme 3 à 4 graines de soja.

Il faut éviter de cultiver du soja sur des sols ayant un taux de calcaire supérieur à 10%. En effet, ces sols peuvent provoquer des chloroses ferriques (maladie due à une carence en fer), ce qui va entrainer des anomalies au niveau des nodosités et provoquer des irrégularités de croissance et donc amener à un faible rendement.

Il existe différentes variétés de soja, en fonction de celles-ci des caractéristiques diffèrent : la teneur en protéines, la hauteur des premières gousses ou encore la précocité comme le montre le tableau ci-après **[24]** :

Tableau 4: Tableau présentant différentes variétés de soja et certaines de leurs caractéristiques [24]

Variété	Précoc.	Année inscrip.	Richesse protéine	Couleur du hile	Hauteur	Résistance à la verse	Hauteur 1ere gousse
OAC Erin	000	2004	Faible	Jaune	73	Sensible	Haute
Sultana	000	2009	Elevé	Brun	66	Peu sens.	10cm
Merlin	000	2007	Moyen	Brun		Peu sens.	
Protina	000	2005	T.Elevée	Brun		Peu sens.	Moyen
Opaline	000/00	2009	Faible	Brun		Peu sens.	
Es Mentor	00	2009	Elevée	Jaune	71	Peu sens.	12cm
Essor	00	1995	Moyen	Incolore		Peu sens.	
Primus	00	2005	Elevée	Brun	Moyen	Sensible	Moyen
Protina	00	2005	T.Elevée	Brun			
Proteix	00	2009	Elevée	Incolore	80	Peu sens.	13 cm

Il est important de bien choisir la variété en fonction du type de sol et du climat de la région.

Le soja est une culture nécessitant une grande irrigation. Effectivement, pour avoir un bon taux protéique et un rendement correct, il est important que le soja soit correctement irrigué depuis la floraison jusqu'à la maturation.

Pour que la formation des nodosités du soja se fasse correctement, il faut inoculer la parcelle cultivée avec des bactéries. Les nodosités sont le lieu d'une symbiose entre le soja et les bactéries. Les bactéries vont fixer l'azote de l'air à l'intérieur des nodosités du soja, le rendant disponible pour la plante. En contrepartie, le soja fournit du carbone aux bactéries. On trouve dans le commerce des inoculums dont le taux de bactéries, leur variété et leur pureté sont contrôlés. Les inoculums français sont uniquement à base de *Bradyrhizobium japonicum* souche G49 **[25]**.

Des pesticides sont également employés afin de protéger les cultures des nuisibles et éviter le phénomène de compétition avec d'autres plantes.

Une fois le soja récolté, le « lait » de soja est obtenu par extraction via de l'eau, des substances contenues dans les graines de soja.

Tout d'abord, on laisse tremper les graines de soja 24 à 48 heures dans l'eau froide ou quelques heures dans une eau à 50°C. Ensuite, on peut enlever la pellicule recouvrant la graine ou non. Si on ne retire pas la pellicule, le goût du « lait » sera plus prononcé.

Une fois les graines gorgées d'eau, elles sont broyées, puis ce broyat est mélangé à l'eau de trempage avant d'être porté à ébullition pendant une durée n'excédant pas 20 minutes. On presse et on filtre ensuite le mélange. On obtient d'un côté notre « lait » de soja et de l'autre les résidus solides des graines appelés Okara. Le tableau suivant effectue la comparaison entre la composition du lait de vache et du « lait » de soja **[26]** :

Tableau 5: Comparaison entre la composition du « lait » de soja et du lait de vache [26]

Composants	Lait de vache	« Lait » de soja
Eau (en %)	87,5	93,7
Matière sèche (en %)	12,5	6,25
Protéine (en %)	3,3	3
Lipide (en %)	3,6	1,5
Glucide (en %)	5	1,7
Dont Lactose (en %)	4,9	0
Calcium (mg/100g)	120	15
Phosphore (mg/100g)	95	41
Potassium (mg/100g)	144	122
Magnésium (mg/100g)	12	20
Sodium (mg/100g)	50	15
Fer (mg/100g)	0,03	1
Energie (Kj/100g)	271	135

Avec ce tableau comparatif, nous pouvons voir que le lait de vache contient moins d'eau que le « lait » de soja et donc plus de matière sèche. Les deux laits possèdent une teneur en protéines similaire, tout comme la teneur en potassium. Le « lait » de soja contient trois fois moins de lipides et de glucides que le lait de vache et il ne contient pas de lactose. La teneur en calcium du lait de vache est 8 fois plus élevée que celle du « lait » de soja. Le lait de vache contient également plus de phosphore et sodium mais moins de fer et de magnésium que celui de soja.

Nous pouvons également voir que le lait de vache est près de deux fois plus énergétique que le « lait » de soja.

Afin de pallier la faible quantité de calcium et de sucre du « lait » de soja, certains industriels en rajoute dans leurs produits.

II- Evaluation des risques sanitaires du « lait » de soja

L'évaluation des risques sanitaires est une méthode permettant d'évaluer les effets sur la santé d'un individu ou d'une population par rapport à une exposition à une substance chimique. Le but, ici, est de caractériser les effets de certaines substances potentiellement présentes dans le soja et les atteintes qui peuvent en découler. Afin de focaliser sur les risques liés à la consommation de lait de soja en France, la seule voie prise en compte sera l'ingestion.

Cette méthode se déroule en 4 étapes : identifier et caractériser les dangers (toxicocinétique et toxicodynamique), évaluer la relation dose-réponse et l'exposition pour ainsi caractériser le risque **[29].** Cependant, la réalisation d'évaluation des risques sanitaires est un domaine relativement jeune et en construction, pour ce qui est lié à l'alimentation : les choses seront certainement amenées à évoluer dans ce domaine.

Cette évaluation des risques sanitaires sera effectuée uniquement à propos des contaminants chimiques. En effet, la méthode de l'évaluation des risques sanitaires et formalisée pour les contaminants chimiques. Les dangers physiques sont existants mais la méthodologie ne convient pas pour leur prise en compte, tout comme pour les contaminants microbiologiques. Effectivement, la relation dose-effet pour les contaminants microbiologiques est très variable en fonction des individus et donc pas réellement déterminée, or cette relation dose-effet est indispensable dans une évaluation des risques sanitaires.

La méthode utilisée dans la suite de cet écrit sera donc la méthode classique de l'évaluation de risques sanitaires.

Cependant, au vu des informations disponibles sur le sujet, des hypothèses devront être posées afin de pouvoir continuer le cheminement de la méthode. Par exemple, si le « plan A » est d'avoir des données chez l'Homme concernant un danger identifié dans le « lait » de soja, mais que les données sur le danger identifié sont absentes, on passera au « plan B » qui sera, par exemple, de chercher des données chez l'animal. Cette méthode crée certes un biais dans le résultat final, mais elle permet de continuer d'avancer dans l'évaluation des risques qui est effectuée.

En effet, l'intention de départ était de nous appuyer sur des données concernant la consommation de lait de soja par l'Homme (dangers identifiés, effets sanitaires). Lorsque notre recherche exhaustive d'information n'a pas abouti (recherches via Google scholar,

ScienceDirect, la FAO, l'ANSES, etc.), nous avons compilé et utilisé des informations en lien avec une exposition chez l'animal voire une exposition *in vitro* afin de pouvoir continuer notre raisonnement.

Concernant les dangers, l'absence d'informations sur certaines molécules nous a conduit à poser des hypothèses de travail.

L'ensemble des hypothèses formulées sera explicité au cours du déroulé de la méthode. Ce travail s'appuie donc sur l'état des connaissances actuel et fera l'objet d'une discussion finale permettant de mettre en exergue les perspectives d'optimisation.

1) Liste des substances pouvant se trouver dans le soja

La première étape d'une évaluation des risques sanitaires est de lister les substances chimiques potentiellement présentes dans le « lait » de soja. Or, suite à ma recherche exhaustive sur les moteurs suivant : Google, Google Scholar et ScienceDirect, je n'ai pu trouver aucune étude concernant les contaminants chimiques présents dans le « lait » de soja. Ainsi, nous allons donc remonter à la matière première en elle-même : le soja.

Lors de la culture du soja, des phytosanitaires peuvent être utilisés, pouvant entraîner une présence fortuite de résidus dans la graine soja. Les résidus de pesticides que l'on peut retrouver sont les suivants (liste issue du règlement UE n° 396/2005 concernant les limites maximales de résidus de pesticides dans les denrées alimentaires) **[30] :**

- 2,4 D
- 2,4,5-T
- Acéphate
- Carbendiazime
- Chlorothalonil
- Cyperméthrine
- Deltaméthrine
- Dicofol
- Fluroxypyr
- Hexachlorobenzène
- Glyphosate
- Imazamox
- Indoxacarbe
- Méthidathion
- Méthoxychlore
- Phorate
- Picoxystrobine
- Profenofos
- Propiconazole
- Thiaclopride
- Thiophanate méthyle
- Thirame
- Metconazole
- Tébuconazole
- Trinéxapac éthyl
- Acrinathrine
- Acétochlore
- Cléthodim
- Cyprodinil
- Dicamba
- Diuron
- EPTC
- Fenbuconazole
- Imidaclopride
- Tebufenozide
- Tétraconazole
- Alachlore
- Benfluraline

- Iprodione
- Krésoxim-méthyl
- Imazapir
- Fluazifop-P
- Dimoxystrobine
- Haloxyfop méthyl
- Prothioconazole
- Flutriafol
- Boscalid
- Mépiquat chlorure

Si jamais les semis sont attaqués par des parasites, il est possible de les traiter avec du phosphate de fer **[24]** qui est insoluble dans l'eau **[31].**

De plus, le soja peut accumuler des métaux lourds qui sont présents dans le sol, l'eau ou l'air tel que : le nickel, le mercure, le plomb, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, ou encore le zinc. Cependant, la solubilité des métaux dépend de leur forme (ionisée ou non), or sans réelles données trouvées lors de mes recherches sur la présence de métaux (et de leur forme, ionisée ou non) dans les graines de soja, on ne tiendra pas compte de ces dangers dans la suite de l'évaluation des risques sanitaires.

Enfin, le soja est également susceptible de renfermer des traces de nitrates, ces derniers étant utilisés comme engrais (nitrates de sodium, de potassium ou d'ammonium) **[32]** et les nitrates sont très solubles dans l'eau **[33].**

En l'absence d'études, tant françaises qu'internationales, sur la contamination des laits de soja, la liste des dangers a été affinée sur un premier critère : la plausibilité de la présence du contaminant dans le lait suite à son extraction. Pour rappel, on laisse tremper les graines de soja 24 à 48 heures dans de l'eau, avant de broyer le mélange, de le porter à ébullition et de le filtrer. Voici les caractéristiques d'hydrosolubilité des substances pesticides :

Tableau 6: Caractéristiques d'hydrosolubilité des dangers

Danger	Log Kow	Danger	Log Kow
2,4 D	**-0,91 [34]**	**Metconazole**	3,85 **[58]**
2,4,5-T	4 **[35]**	**Tébuconazole**	3,53 **[59]**
Acéphate	**-0,89 [36]**	**Trinéxapac éthyl**	**-0,29 [60]**
Carbendiazime	1,5 **[37]**	**Dimoxystrobine**	3,59 **[61]**
Chlorothalonil	2,88 **[38]**	**Haloxyfop méthyl**	4 **[62]**
Cyperméthrine	6,66 **[39]**	**Prothioconazole**	3,82 **[63]**
Deltaméthrine	4,6 **[40]**	**Flutriafol**	2,3 **[64]**
Dicofol	6 **[41]**	**Boscalid**	2,96 **[65]**
Fluroxypyr	2 **[42]**	**Fluazifop-P**	3,18 **[66]**
Hexachlorobenzène	5,5 **[43]**	**Mépiquat chlorure**	**-2,82 [67]**
Glyphosate	**-3.40 [44]**	**Acrinathrine**	5,24 **[68]**
Imazamox	5,36 **[45]**	**Acétochlore**	4,14 **[69]**
Indoxacarbe	4,65 **[46]**	**Cléthodim**	1,6 **[70]**
Iprodione	3 **[47]**	**Cyprodinil**	4 **[71]**
Krésoxim-méthyl	3,4 **[48]**	**Dicamba**	**-1,8 [72]**
Imazapir	0,11 **[49]**	**Diuron**	2,8 **[73]**

Méthidathion	2,57 **[50]**	**EPTC**	3,2 **[74]**
Méthoxychlore	5,83 **[51]**	**Fenbuconazole**	3,23 **[75]**
Phorate	3,86 **[52]**	**Imidalclopride**	0,57 **[76]**
Picoxystrobine	3,6 **[53]**	**Tebufenozide**	4,25 **[77]**
Propiconazole	3,72 **[54]**	**Tetraconazole**	3,56 **[78]**
Thiaclopride	1,26 **[55]**	**Alachlore**	3,09 **[79]**
Tiophanate méthyle	1,4 **[56]**	**Benfluraline**	5,29 **[80]**
Thirame	1,73 **[57]**		

Le paramètre utilisé ici pour définit le caractère hydrosoluble des substances est le logarithme de Kow (Log Kow), appelé également LogP. Ce paramètre correspond au coefficient de partage octanol/eau. Cela permet de savoir si une substance a plutôt un caractère hydrophile ou lipophile **[81].** Ainsi, si le logarithme de Kow est positif, la substance à un caractère lipophile, et plus la valeur est élevée plus ce caractère est prononcé. A l'inverse, si la valeur est négative, la substance a un caractère hydrophile, et plus la valeur est élevée, plus la substance est hydrophile **[81].**

Les substances ayant un caractère hydrophile marqué (Log Kow < 0), et donc susceptibles de se solubiliser dans l'eau lors du processus de fabrication du « lait » de soja, sont les suivantes :

- 2,4 D
- Acéphate
- Glyphosate
- Trinexapac éthyl
- Mépiquat chlorure
- Dicamba
- Les nitrates

Les autres substances ayant un caractère lipophile, l'hypothèse suivante est posée : elles ne peuvent pas se retrouver dans le « lait » de soja suite à l'étape d'extraction par l'eau et elles restent donc dans l'Okara (résidus des graines) qui est éliminé du lait lors de l'étape de filtration.

2) Données toxicologiques et VTR

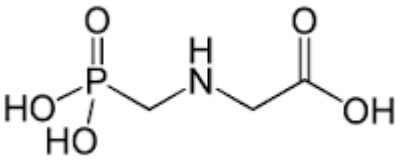
a. Données toxicologiques des contaminants

Le glyphosate [82]

Herbicide organophosphoré non sélectif

Poudre cristalline de couleur blanche et inodore

Log Kow = -3,40



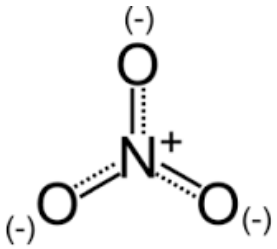
Il n'existe pas de données de toxicocinétique chez l'Homme. Cependant, chez le rat, suite à une administration par voie orale, le produit est rapidement absorbé par le tractus gastro-intestinal à hauteur de 30% environ.

Chez l'animal, on observe une faible distribution dans les tissus avec une prédominance pour les os, les reins et le foie. Pas de phénomène d'accumulation observé.
Le glyphosate est peu, voire pas, métabolisé par l'animal. L'élimination se fait rapidement via l'urine (30%) et les fèces sous forme inchangée.

Toxicité aigüe par ingestion chez les rongeurs : insuffisance rénale, atteinte hépatique, coma pouvant être convulsif, troubles gastro-intestinaux, hypoxie et hypotension.

Toxicité chronique chez les rongeurs : atteintes hépatiques.
Une importante augmentation d'hémopathies a été observée chez des agriculteurs très exposés à des produits à base de glyphosate aux Etats-Unis.

<u>Les nitrates</u> [83]



Ce sont des sels très solubles dans l'eau
Ils proviennent de la dégradation du monoxyde d'azote

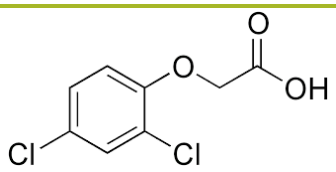
Après ingestion par voir orale, il y a une absorption complète et rapide au niveau du duodénum et de l'intestin grêle proximal des nitrates.

60 à 70% sont éliminés sous forme inchangée par voie urinaire. Le reste est éliminé via la salive et potentiellement la sueur.

Faible toxicité aigüe : DL_{50} orale : >2000 mg/kg

Pas d'organes cibles déterminés en toxicité chronique. Cependant, les nitrates peuvent être réduits en nitrites qui sont responsables de méthémoglobinémie **[84]** (excès de méthémoglobines dans le sang, ce qui entraîne une moins bonne oxygénation du sang **[85]**) et qui peuvent, à pH gastrique, être transformés en nitrosamines et en nitrosamides cancérogènes.

Le 2,4 D [86]



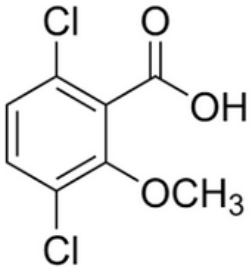
Log Kow = -0,91

Après ingestion, le tractus gastro-intestinal métabolise rapidement le 2,4 D. Il est surtout distribué dans les reins et le foie. Pas de signes d'accumulation.
Elimination rapide (73% en 48h) principalement par voie urinaire et sous forme inchangée.

Faible toxicité aigüe par voie orale, DL_{50} orale chez le rat : 375 mg/kg.

Toxicité chronique : changements pathologiques observés chez le rat au niveau des reins, de la thyroïde, des ovaires, de l'utérus, des testicules, du thymus, des glandes surrénales, les poumons, les yeux et la moelle osseuse. Le principal organe cible est le rein.

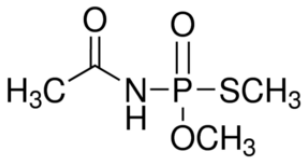
Le dicamba [87] [88]



Log Kow = -1,8
Voie d'élimination principale : urine
Métabolisation limitée principalement sous forme inchangée (de 86 à 98%).

Faible toxicité aigüe par voie orale : DL_{50} chez le rat : 2.74mg/kg.
Toxicité chronique chez l'animal : effets neurologiques et hépatiques.
Le taux d'avortement augmente chez les lapines au-dessus de 10 mg/kg de dicamba ingéré et le poids du fœtus diminue.

L'acéphate [89] [90]



Log Kow = -0,89

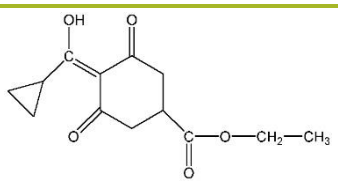
Voie d'élimination : absence de données

Métabolisation : absence de données

Toxicité aigüe faible à modérée chez le rat (DL_{50} orale mâle : 1482mg/kg et DL_{50} orale femelle : 1652 mg/kg) mais élevée chez la souris (DL_{50} orale comprise entre 351 et 425 mg/kg en fonction des sources).

Toxicité chronique : atteintes neurologiques et augmentation du nombre de carcinomes hépatocellulaires chez la souris femelle à la plus forte dose d'exposition.

Le trinexapac éthyl [91] [92]



Log Kow = -0,29

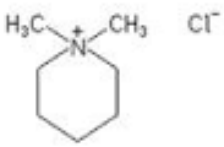
DL_{50} orale chez le rat : 4460 mg/kg

DL_{50} orale chez la souris : 5409 mg/kg

24h après absorption, 91% est éliminé via les urines, qui sont la voie d'élimination principale. Pas de mise en évidence de phénomène d'accumulation chez le rat. Largement distribué dans la graisse et les reins et largement métabolisé via une hydrolysation de l'ester du trinexapac.

Organe cible : vessie.

Le mépiquat chlorure [93]



Log Kow = - 2,82

Voie d'élimination : absence de données

Métabolisation : absence de données

DL_{50} orale chez le rat : 464 mg/kg

DL_{50} orale chez la souris : 780 mg/kg

Toxicité chronique : atteinte de la rate, du foie et des reins.

Suite à cette étape de caractérisation des dangers, toutes les molécules sont conservées pour la suite de l'évaluation, y compris les nitrates qui, a priori, ne présentent pas de toxicité pour l'Homme car ces derniers sont toxiques mais de manière indirecte avec les nitrosamines et nitrosamides qui sont cancérogènes.

b. Valeur Toxicologique de Référence des contaminants

La Valeur Toxicologique de Référence (VTR) est « un indice toxicologique qui permet, par comparaison avec l'exposition, de qualifier ou de quantifier un risque pour la santé humaine » **[94].** On distingue des VTR pour des substances ayant des effets sans seuil, et des VTR pour des substances ayant des effets avec seuil. En effet, la VTR est déterminée en fonction du mécanisme toxicologique des substances **[94].** Les effets sans seuil sont des effets cancérogènes : une exposition répétée même à faible dose peut entraîner des effets toxiques sur l'organisme. Ces effets sont liés à la fréquence et au moment de l'exposition. Pour les effets à seuil, la gravité dépend de la dose. En effet, les effets nocifs de la substance n'arrivent qu'à partir d'une certaine dose, d'où cette notion de seuil.

Voici donc ci-après le tableau des VTR des dangers retenus :

Tableau 7: Valeur Toxicologique de Référence des contaminants susceptibles d'être présents dans le « lait » de soja

Contaminant	Nom de la VTR	Valeur	Source	Commentaires
2,4 D	Dose Journalière Admissible (DJA)	0,05 mg/kg/j	Agritox **[95]**	VTR par ingestion, effets à seuil. Augmentation du poids des reins, augmentation des micro calculs et des lésions rénales **[96]**
Acéphate	Dose Journalière Admissible (DJA)	0,03 mg/kg/j	JMPR **[97]**	VTR par ingestion, effets à seuil. Atteintes neurologiques **[98].**
Glyphosate	Dose Journalière Admissible (DJA)	0,3 mg/kg/j	Agritox **[99]**	VTR par ingestion. Atteinte du tractus urinaire et digestif **[100].**
Trinexapac éthyl	Dose Journalière Admissible (DJA)	0,32 mg/kg/j	Agritox **[101]**	VTR par ingestion, effets à seuil. Lésions de la vessie **[92].**
Dicamba	Dose Journalière Admissible (DJA)	0,3 mg/kg/j	Agritox **[102]**	VTR par ingestion, effets à seuil. Atteinte du foie.
Mépiquat chlorure	Dose Journalière Admissible (DJA)	0,2 mg/kg/j	EU-Pesticides **[103]**	VTR par ingestion, effets à seuil.
Nitrates	Niveau de risque minimal chronique	4 mg/kg/j	ATSDR **[104]**	VTR par ingestion, effets à seuil. Effets hématologiques.

La VTR qui a été sélectionnée pour chacun des contaminants, sauf pour les nitrates, est la Dose Journalière Admissible. Cette DJA représente la dose théorique qu'une personne moyenne peut ingérer sur toute la durée de sa vie sans risques pour sa santé **[105].** Par souci d'homogénéité, les valeurs provenant des mêmes sources ont été sélectionnées quand l'information était disponible.

Pour les nitrates, la VTR choisie est le niveau de risque minimal en exposition chronique, faute de DJA disponible.

De plus, parmi ces substances, seul le glyphosate est classé comme probablement cancérigène pour l'Homme (groupe 2A) par l'International Agency of Research on Cancer (IARC). Or, les substances cancérigènes sont dites à effets sans seuil par opposition aux autres substances qui ont des effets à seuil. Cependant, la VTR sans seuil du glyphosate n'étant pas déterminée, il sera uniquement considéré comme une substance à effets avec seuil dans le reste de cette évaluation des risques.

3) Calcul d'exposition et caractérisation du risque

a. Calcul d'exposition

Afin de pouvoir calculer l'exposition de la population, il faut d'abord définir cette dernière. Compte tenu du fait que certains effets du dicamba ont été observés chez les lapines (augmentation des avortements), nous allons séparer les hommes des femmes.

La segmentation par âge que l'étude INCA 3, soit une tranche de 0 à 10 ans pour les enfants, une tranche de 11 à 17 ans pour les adolescents et une tranche de 18 à 79 ans pour les adultes a été suivie. Cette segmentation par âges est intéressante car la consommation de lait évolue en fonction de l'âge de l'individu, mais aussi en fonction du sexe. Nous aurons donc une segmentation par âge et par sexe, soit 6 groupes de population.

L'étude INCA 3 n'ayant pas une catégorie définie comme telle pour les boissons végétales (« plan A ») mais seulement une catégorie pour le lait, nous allons utiliser les valeurs de cette catégorie (« plan B ») afin de pouvoir continuer cette évaluation des risques sanitaires. Cela correspond à une hypothèse majorante, où l'ensemble des laits consommés est d'origine végétale.

Ainsi, voici le tableau de la consommation moyenne de lait par la population en fonction de l'âge et du sexe **[106] [107] [108]** :

Tableau 8: Consommation moyenne de lait par la population en fonction de l'âge et du sexe

	Hommes	Femmes
Enfants de 0 à 10 ans	112,8 g/j	86,3 g/j
Adolescents de 11 à 17 ans	154,2 g/j	115,2 g/j
Adultes de 18 à 79 ans	76,6 g/j	74,1 g/j

Ce tableau illustre la différence de consommation de lait qu'il peut y avoir entre les différents groupes formés au sein de la population. En moyenne, les hommes consomment plus de lait que les femmes. De plus, pour les hommes comme les femmes, la consommation de lait augmente à l'adolescence pour diminuer à l'âge adulte en dessous de la quantité consommée durant l'enfance.

L'étude INCA 3 utilise le terme de lait au pluriel car il comprend les différents types de lait, notamment le lait infantile. Le détail des différents types de lait n'étant pas réalisé, nous allons poser deux scénarios d'exposition pour la suite de notre étude :

- **N°1 :** Le type de lait consommé est à 100% du « lait » de soja
- **N°2 :** Le type de lait consommé est à 50% du « lait » de soja

Ceci est fait afin d'essayer de tenir compte du fait que certaines personnes consomment plusieurs types de lait en même temps.

Maintenant, nous allons calculer la dose journalière d'exposition (DJE) pour chaque groupe que nous avons formé au sein de la population.

Pour calculer l'exposition de la population (la DJE), il faut connaître la quantité de toxique ingéré par gramme de lait (mg/g de lait). Pour déterminer cette valeur, nous allons poser comme hypothèse que la quantité de contaminant ingéré par gramme de lait correspond à la limite maximale de résidus (LMR) dans la graine de soja fixée pour chacune des substances par le règlement UE n°396/2005 **[30].** Ceci est une hypothèse majorante car cela correspond au maximum autorisé dans le soja (la matière première), on estime donc que 100% du pesticide présent dans la graine passe dans le lait :

Tableau 9: Limite Maximale Résiduelle dans la graine de soja pour les pesticides

Contaminant	LMR en mg/kg [30]	LMR convertie en mg/g
Glyphosate	20	0,02
2,4 D	0,05	0,00005
Dicamba	0,4	0,0004
Acéphate	0,3	0,0003
Trinexapac éthyl	0,01	0,00001
Mépiquat chlorure	0,05	0,00005

Pour les nitrates, nous allons prendre la quantité maximale autorisée dans l'eau potable qui est de 50 mg/L **[109]** soit 0,5 mg/g.

La DJE prenant en compte le poids corporel, il faut connaître le poids moyen pour chacun des groupes de population formés **[110]** :

Tableau 10: Poids moyen de la population en fonction de l'âge et du sexe

	Hommes	Femmes
Enfants de 0 à 10 ans	17 kg	16,87 kg
Adolescents de 11 à 17 ans	56,50 kg	51,55 kg
Adultes de 18 à 79 ans	80,62 kg	67,47 kg

Maintenant que nous sommes en possession de ces deux informations, nous allons pouvoir calculer la DJE pour chaque groupe et chaque contaminant, et ce, pour les deux scénarios définis précédemment, en appliquant comme formule :

$$\text{DJE} = \frac{mg\ de\ contaminant\ par\ g\ de\ lait \times g\ lait\ consommé}{kg\ de\ poids\ corporel}$$

Ainsi pour le scénario n°1 (100% du lait consommé est du « lait » de soja), voici les DJE en mg/kg de poids corporel/j calculées :

Tableau 11: Dose Journalière d'Exposition en mg/kg de poids corporel/j par contaminant en fonction de l'âge et du sexe pour le scénario n°1

	Hommes			Femmes		
	Enfants	**Adolescents**	**Adultes**	**Enfants**	**Adolescents**	**Adultes**
Glyphosate (mg/kg pc/j)	0,133	0,054	0,019	0,102	0,045	0,022
Nitrates (mg/kg pc/j)	3,32	1,36	0,475	2,56	1,12	0,55
2,4 D (mg/kg pc/j)	0,0003	0,0001	0,00005	0,0002	0,0001	0,00005
Dicamba (mg/kg pc/j)	0,119	0,0011	0,0004	0,002	0,0009	0,0004
Acéphate (mg/kg pc/j)	0,002	0,0008	0,0003	0,001	0,0007	0,0003
Trinexapac éthyl (mg/kg pc/j)	0,00007	0,00003	0,000009	0,00005	0,00002	0,00001
Mépiquat chlorure (mg/kg pc/j)	0,0003	0,0001	0,00005	0,0002	0,0001	0,00005

Pour le scénario n° 2 (la quantité de lait consommé est à 50% du « lait » de soja), voici les DJE en mg/kg de poids corporel/j obtenues :

Tableau 12: Dose Journalière d'Exposition en mg/kg de poids corporel /j par contaminant en fonction de l'âge et du sexe pour le scénario n°2

	Hommes			Femmes		
	Enfants	**Adolescents**	**Adultes**	**Enfants**	**Adolescents**	**Adultes**
Glyphosate (mg/kg pc/j)	0,066	0,027	0,009	0,05	0,022	0,01
Nitrates (mg/kg pc/j)	1,66	0,68	0,24	1,23	0,56	0,27
2,4 D (mg/kg pc/j)	0,0002	0,00007	0,00002	0,0001	0,00000002	0,00003
Dicamba (mg/kg pc/j)	0,001	0,0005	0,0002	0,001	0,0004	0,0002
Acéphate (mg/kg pc/j)	0,001	0,0004	0,0001	0,0008	0,0003	0,0002
Trinexapac (mg/kg pc/j)éthyl	0,00003	0,00001	0,000005	0,00005	0,00001	0,000005
Mépiquat chlorure (mg/kg pc/j)	0,0002	0,00007	0,00002	0,0001	0,00000002	0,00003

Ces DJE vont nous permettre de caractériser le risque en fonction du contaminant, du scénario et des groupes de populations déterminés.

b. Caractérisation du risque

Pour calculer, et ainsi caractériser le risque pour les substances ayant un effet avec seuil, il faut diviser la dose d'exposition par la VTR.

Pour une substance à effet à seuil, si le résultat est inférieur à 1, le risque sanitaire peut être exclu. Au-delà de 1, la probabilité d'apparition d'effets toxiques ne peut être exclue **[111].** Plus le quotient augmente, plus le risque est important **[111].**

Ce calcul va être réalisé pour les différentes populations que nous avons déterminées.

Tableau 13: Tableau de caractérisation du risque des enfants filles et garçons de 0 à 10 ans consommant 100% de « lait » de soja

Contaminants	VTR	Hommes		Femmes	
		Exposition	**Risque**	**Exposition**	**Risque**
Glyphosate	0,3 mg/kg/j	0,133	**0,443**	0,102	**0,34**
Nitrates	4 mg/kg/j	3,32	**0,83**	2,56	**0,65**
2,4 D	0,05 mg/kg/j	0,0003	**0,006**	0,0002	**0,004**
Dicamba	0,3 mg/kg/j	0,119	**0,4**	0,002	**0,007**
Acéphate	0,03 mg/kg/j	0,002	**0,07**	0,001	**0,03**
Trinexapac éthyl	0,32 mg/kg/j	0,00007	**0,0002**	0,00005	**0,0001**
Mépiquat chlorure	0,2 mg/kg/j	0,0003	**0,001**	0,0002	**0,001**

Tableau 14: Tableau de caractérisation du risque des enfants filles et garçons de 0 à 10 ans consommant 50% de « lait » de soja

Contaminants	VTR	Hommes		Femmes	
		Exposition	**Risque**	**Exposition**	**Risque**
Glyphosate	0,3 mg/kg/j	0,066	**0,22**	0,05	**0,167**
Nitrates	4 mg/kg/j	1,66	**0,415**	1,23	**0,307**
2,4 D	0,05 mg/kg/j	0,0002	**0,004**	0,0001	**0,002**
Dicamba	0,3 mg/kg/j	0,001	**0,003**	0,001	**0,003**
Acéphate	0,03 mg/kg/j	0,001	**0,03**	0,0008	**0,03**
Trinexapac éthyl	0,32 mg/kg/j	0,00003	**0,00009**	0,00005	**0,0001**
Mépiquat chlorure	0,2 mg/kg/j	0,0002	**0,001**	0,0001	**0,0005**

Tableau 15: Tableau de caractérisation du risque des adolescents filles et garçons de 11 à 17 ans consommant 100% de « lait » de soja

Contaminants	VTR	Hommes		Femmes	
		Exposition	**Risque**	**Exposition**	**Risque**
Glyphosate	0,3 mg/kg/j	0,054	**0,18**	0,045	**0,15**
Nitrates	4 mg/kg/j	1,36	**0,34**	1,12	**0,28**
2,4 D	0,05 mg/kg/j	0,0001	**0,002**	0,0001	**0,002**
Dicamba	0,3 mg/kg/j	0,0011	**0,004**	0,0009	**0,003**
Acéphate	0,03 mg/kg/j	0,0008	**0,027**	0,0007	**0,023**
Trinexapac éthyl	0,32 mg/kg/j	0,00003	**0,00009**	0,00002	**0,00006**
Mépiquat chlorure	0,2 mg/kg/j	0,0001	**0,0005**	0,0001	**0,0005**

Tableau 16 : Tableau de caractérisation du risque des adolescents filles et garçons de 11 à 17 ans consommant 50% de « lait » de soja

Contaminants	VTR	Hommes		Femmes	
		Exposition	**Risque**	**Exposition**	**Risque**
Glyphosate	0,3 mg/kg/j	0,027	**0,09**	0,022	**0,073**
Nitrates	4 mg/kg/j	0,68	**0,17**	0,56	**0,14**
2,4 D	0,05 mg/kg/j	0,00007	**0,0014**	0,00000002	**0,0000004**
Dicamba	0,3 mg/kg/j	0,0005	**0,0016**	0,0004	**0,0013**
Acéphate	0,03 mg/kg/j	0,0004	**0,013**	0,0003	**0,01**
Trinexapac éthyl	0,32 mg/kg/j	0,00001	**0,00003**	0,00001	**0,00003**
Mépiquat chlorure	0,2 mg/kg/j	0,00007	**0,0003**	0,00000002	**0,0000001**

Tableau 17: Tableau de caractérisation du risque des adultes hommes et femmes de 18 à 79 ans consommant 100% de « lait » de soja

Contaminants	VTR	Hommes		Femmes	
		Exposition	**Risque**	**Exposition**	**Risque**
Glyphosate	0,3 mg/kg/j	0,019	**0,063**	0,022	**0,073**
Nitrates	4 mg/kg/j	0,475	**0,119**	0,55	**0,137**
2,4 D	0,05 mg/kg/j	0,00005	**0,001**	0,00005	**0,001**
Dicamba	0,3 mg/kg/j	0,0004	**0,001**	0,0004	**0,001**
Acéphate	0,03 mg/kg/j	0,0003	**0,01**	0,0003	**0,01**
Trinexapac éthyl	0,32 mg/kg/j	0,000009	**0,00003**	0,00001	**0,00003**
Mépiquat chlorure	0,2 mg/kg/j	0,00005	**0,0002**	0,00005	**0,0002**

Tableau 18: Tableau de caractérisation du risque des adultes hommes et femmes de 18 à 79 ans consommant 50% de « lait » de soja

Contaminants	VTR	Hommes		Femmes	
		Exposition	**Risque**	**Exposition**	**Risque**
Glyphosate	0,3 mg/kg/j	0,009	**0,03**	0,01	**0,033**
Nitrates	4 mg/kg/j	0,24	**0,06**	0,27	**0,067**
2,4 D	0,05 mg/kg/j	0,00002	**0,0004**	0,00003	**0,0006**
Dicamba	0,3 mg/kg/j	0,0002	**0,0007**	0,0002	**0,0007**
Acéphate	0,03 mg/kg/j	0,0001	**0,003**	0,0002	**0,007**
Trinexapac éthyl	0,32 mg/kg/j	0,000005	**0,00001**	0,000005	**0,00001**
Mépiquat chlorure	0,2 mg/kg/j	0,00002	**0,0001**	0,00003	**0,0001**

Ainsi, le quotient de danger est inférieur à 1 pour toutes les molécules, toutes les populations et pour les deux scénarios. Le risque peut donc être qualifié d'acceptable pour ce qui est de la consommation du lait de soja.

Si on regarde plus en détail, pour les deux scénarios, nous pouvons voir que le risque est plus faible pour le groupe des adultes qui consomment en moyenne moins de lait que le groupe des enfants et des adolescents. De plus, le risque est plus élevé pour les hommes car ils consomment, à tous les âges, plus de lait que les femmes. Le risque le plus important concerne les nitrates et le glyphosate, mais cependant les valeurs du risque restent très faibles pour autant. En effet, pour toutes les substances étudiées le risque est proche de zéro, voire parfois négligeable ($1x10^{-7}$ étant la plus petite valeur).

Ceci peut s'expliquer, pour les pesticides, par le fait qu'ils sont réglementés et possèdent une limite maximale de résidus à ne pas dépasser dans les matières, et ce en vue de protéger les consommateurs. Comme nous nous sommes basés sur ces LMR pour définir l'exposition journalière des populations à ces substances, il est attendu et rassurant qu'il n'y ait pas de risques liés à ces pesticides dans le lait de soja, et ce tant que les LMR issues du règlement européen n°396/2005 sont respectées.

Pour ce qui est des nitrates, l'exposition a été calculée en se basant sur la dose maximale autorisée dans l'eau potable (50 mg/L), donc le risque obtenu pour les populations ne pourra pas être supérieur à ce que nous avons calculé. En effet, si la quantité de nitrates contenue dans l'eau dépasse la limite, cette dernière est diluée ou dénitrifiée afin que le taux de nitrate redevienne conforme. Il est donc là aussi attendu et rassurant que le risque soit très faible. Cependant, il est difficile de réellement quantifier le risque découlant des nitrates car ces derniers sont toxiques de manière indirecte, comme expliqué précédemment.

4) Comparaison avec le lait de vache

Suite à une recherche dans Google, Google Scholar, ScienceDirect, la FAO et d'autres sources, il n'y a pas à ma connaissance d'évaluation des risques sanitaires menée pour le lait de vache à propos de contaminants chimiques.

Il y a cependant une étude, qui a mis en lumière le fait que le lait pourrait être contaminé par des polluants organiques persistants (POPs) via le fourrage des vaches, lui-même contaminé via son environnement. Par exemple, des vaches élevées dans une zone proche d'un crématorium vont produire un lait qui est plus susceptible de contenir certains POPs **[112].** Mais ce type de polluant n'a pas été traité dans l'évaluation des risques qui vient d'être menée. Aucune comparaison ne peut donc être réalisée entre ces deux types de lait. Cependant, si la contamination des vaches par des POPs peut se faire via le fourrage, la question peut se poser de savoir si ces polluants ne sont pas susceptibles de se trouver dans le soja et, potentiellement par la suite, dans le « lait » de soja.

Une étude Canadienne a également mis en avant la présence de polybromodiphényléthers (retardateurs de flammes) dans le lait de vache **[113].** La présence de ces substances dans le lait proviendrait de l'environnement des animaux. En effet, ces substances se retrouvent énormément sous formes de poussières dans l'environnement, mais aussi dans les boues épandues sur les terres agricoles. On pourrait donc suspecter que ces contaminants se retrouvent également dans les boissons végétales, des analyses seraient donc intéressantes à mener à ce sujet.

Enfin, le lait de mammifères étant plutôt « gras » va être enrichi en substances lipophiles alors que le lait végétal, qui est plutôt aqueux, va être riche en substances hydrophiles. Les caractéristiques des contaminants seront donc différentes d'un type de lait à l'autre.

Conclusion

Ainsi, grâce aux limites maximales de résidus mises en place pour les pesticides, la consommation de « lait » de soja ne présente aucun risque d'un point de vue pesticides pour les consommateurs. Les nitrates présentent un risque, plus ou moins important en fonction des consommateurs, mais ce dernier est à prendre avec précaution car les nitrates sont toxiques de manière indirecte. De plus, les critères de potabilité de l'eau concernant les nitrates ont été décidés dans le but de protéger le consommateur.

Ainsi, nous pouvons raisonnablement dire que tant que les limites fixées pour les polluants sont respectées, le « lait » de soja ne présente pas de risque pour la santé du consommateur. En effet, les LMR sont protectrices même en cas de nouveaux comportements alimentaires.

Cependant, certaines hypothèses ont dû être posées pour en arriver à cette conclusion de par le manque d'information disponible. Ceci est donc un premier travail qui pourrait être amélioré grâce au développement des connaissances à propos des contaminants chimiques présents dans le « lait » de soja.

Le manque d'étude sur le lait de vache n'a pas permis de faire une comparaison entre ces deux types de lait. Une évaluation des risques sanitaires chimiques sur le lait de vache serait intéressante à mener, pour venir complémenter les données existantes par rapport à la problématique microbiologique du lait de vache.

Il serait également intéressant d'essayer d'étudier les contaminants microbiologiques pouvant se trouver dans le lait de soja. Cela permettrait, là aussi, une éventuelle comparaison avec le lait de vache, ce qui serait intéressant notamment pour aider les consommateurs dans leurs choix.

Enfin, dans le cadre de ce mémoire, nous avons mené une évaluation des risques sanitaires du lait de soja mais de nombreuses autres sources de soja existent (yaourts, galettes, tofu, etc.) car les Français en sont friands. Ici nous nous sommes basés sur le produit brut, or les résultats seraient différents en prenant en compte la consommation des produits transformés. Il serait donc intéressant de mener une autre évaluation des risques sanitaires en prenant en compte toutes les consommations afin d'avoir un impact plus global des risques liés au soja dans notre alimentation.

BIBLIOGRAPHIE

[1] : BFM TV, *De plus en plus de Français sont tentés par le régime* végétarien [en ligne]. (Consulté le 28/07/2017). http://www.bfmtv.com/sante/les-francais-de-plus-en-plus-interesses-par-le-regime-vegetarien-963119.html

[2] : 66 millions d'impatients, Intolérance au lactose [en ligne]. (Consulté le 28/07/2017). http://www.66millionsdimpatients.org/intolerance-au-lactose/

[3] : FAO, *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine*. Collection FAO alimentation et nutrition n°28, page 4 [en ligne]. (Consulté le 28/02/2017). http://www.fao.org/docrep/t4280f/T4280F04.htm

[4] : Dr. JP Ramet (FAO), *La fromagerie et les variétés de fromages méditerranéens*. Rome : FAO [en ligne]. (Consulté le 28/02/2017). http://www.fao.org/docrep/004/X6551F/X6551F02.htm

[5] : Produits laitiers, *L'économie laitière dans le monde* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). http://www.produits-laitiers.com/l-economie-laitiere-dans-le-monde/

[6] : La maison du lait, *La filière laitière Française en 50 chiffres* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). http://www.maison-du-lait.com/fr/chiffres-cles/filiere-laitiere-francaise-en-50-chiffres

[7] : CIWF France, *Vaches laitières, vaches à lait* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). https://www.ciwf.fr/animaux-de-ferme/vaches-laitieres/elevage-standard/

[8] : Prim'Holstein France, *la Prim'Holstein* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). http://primholstein.com/la-prim-holstein/presentation-primholstein/

[9] : Races de France, *Les races bovines laitières* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). http://www.racesdefrance.fr/bovins/races-laitieres?id=111

[10] : Les produits laitiers, *L'alimentation des vaches laitières* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). http://www.produits-laitiers.com/elevage/alimentation-du-troupeau/

[11] : Professeur Ch. Hanzen, *Physiologie de la glande mammaire et du trayon de la vache laitière* [en ligne]. (Consulté le 28/02/2017). http://www.therioruminant.ulg.ac.be/notes/200809/R20_Glde_mamm_production_2009_PWP.pdf

[12] : Laïta, *Comment une vache produit-elle du lait ?* [en ligne]. (Consulté le 28/02/2017). http://www.laita.com/upload/article/fichier/63fichier3.pdf

[13] : Règlement UE n°853/2004 du 29 avril 2004 - Annexe III, Section IX lait cru et produits laitiers, III critères applicables au lait cru.

[14] : CNIEL, *Le lait, son circuit de fabrication* [en ligne]. (Consulté le 07/03/2017). http://www.produits-laitiers.com/le-circuit-de-fabrication-du-lait/

[15] : Commission Européenne, *Les instruments de marché dans le secteur laitier* [en ligne]. (Consulté le 19/06/2017). https://ec.europa.eu/agriculture/milk/policy-instruments_fr

[16] : Le monde, *La consommation de lait ne cesse de baisser en France* [en ligne]. (Consulté le 20/06/2017). http://www.lemonde.fr/economie/article/2016/05/17/la-consommation-de-lait-ne-cesse-de-baisser-en-france_4920691_3234.html

[17] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), pages 99.

[18] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), page 102.

[19] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), page 131.

[20] : Ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi, *Spécification technique de l'achat publique- Lait et produits laitiers* [en ligne]. Page 5. (Consulté le 15/06/2017). https://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/daj/marches_publics/oeap/gem/produits_laitiers/produits_laitiers.pdf

[21] : Chau, D.V., Deswysen, D. Focant, M. et al. (2008). *Le lait un terme général qui recouvre une grande diversité d'aliments avec des propriétés nutritives variées*. Pages 30-33. http://www.cra.wallonie.be/img/page/pubtech/cpa2008/cpa2008-Larondelle.pdf

[22] : ISPED, *La composition des différents laits de mammifères, boisons végétales et préparations pour nourrissons* [en ligne]. (Consulté le 14/03/2017). http://www.nutritionenfantaquitaine.fr/sites/nea.cpm.aquisante.priv/files/u3/grpe_0-3ans_diaporama_compo_lait_mammif.pdf

[23] : Wikipédia, *Soja* [en ligne]. (Consulté le 14/03/2017) https://fr.wikipedia.org/wiki/Soja

[24] : Chambre d'agriculture de Franche-Comté, *Les fiches techniques – le soja* [en ligne]. (Consulté le 14/03/2017) http://www.franche-comte.chambagri.fr/uploads/media/Fiche_Culture_-_Soja.pdf

[25] : Terres Inovia, *Guide de culture du soja 2016* [en ligne]. (Consulté le 14/03/2017). http://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/kiosque/guide_soja_2016/guide_soja_Terres-Inovia2016.pdf

[26] : Université de Lille 1, *Protéines alimentaires – production du jus de soja* [en ligne]. (Consulté le 14/03/2017). http://biochim-agro.univ-lille1.fr/proteines/co/ch2_II_c_1.html

[27] : Thémavision, *Les boissons végétales attaquent, le lait contre-attaque* [en ligne]. (Consulté le 24/06/2017). http://www.themavision.fr/jcms/rw_458570/les-boissons-vegetales-attaquent-le-lait-contre-attaque

[28] : Journal OCL, Volume 23, Numéro 4 (juillet-aout 2016) – *Les aliments au soja : consommation en France, qualités nutritionnelles et données scientifiques récentes sur la santé* [en ligne]. (Consulté le 25/06/2017). https://www.ocl-journal.org/fr/articles/ocl/full_html/2016/04/ocl160025-s/ocl160025-s.html

[29] : Franck Boutaric, *La méthode de l'évaluation des risques sanitaires en France : représentations, évolutions et lectures plurielles* - Revue Vertigo, volume 13, numéro 1, avril 2013 [en ligne]. (Consulté le 30/06/2017). https://vertigo.revues.org/13277

[30] : Règlement UE n°396/2005 concernant les limites maximales applicables aux résidus de pesticides présents dans ou sur les denrées alimentaires et les aliments pour animaux d'origine végétale et animale modifiant la directive 91/414/CEE du Conseil.

[31] : CNESST, *Répertoire toxicologique – Orthophosphate de fer* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=274951

[32] : Wikipédia, *Nitrate* [en ligne]. (Consulté le 19/07/2017). https://fr.wikipedia.org/wiki/Nitrate

[33] : Wikipédia, *Pollution de l'eau par les nitrates* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). https://fr.wikipedia.org/wiki/Pollution_de_l%27eau_par_les_nitrates

[34] : INERIS, *Normes de qualité environnementale – 2,4 D* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[35] : INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – 2,4,5-T* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[36] : INERIS, *Acéphate* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[37] : INERIS, *Normes de qualité environnementale – Carbendiazime* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[38] : INERIS, *Chlorothalonil* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[39] : INERIS, *Portail substances chimiques – Cyperméthrine* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/716

[40] : INRS, *Fiches toxicologiques n°193 - Deltaméthrine* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[41] : INERIS, *Normes de qualité environnementale – Dicofol* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[42] : INERIS, *Fluroxypyr* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[43] : INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Hexachlorobenzène* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[44] : INRS, *Fiches toxicologiques n°273 – Glyphosate* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[45] : INERIS, *Imaxamox* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[46] : INERIS, *Indoxacarbe* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[47] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Iprodione* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[48] : INERIS, *Krésoxim-méthyl* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[49] : INERIS, *Imazapir* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[50] : INERIS, *Méthidation* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[51] : INERIS, *Portail substances chimiques – Méthoxychlore* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/cas/72-43-5

[52] : INERIS, *Phorate* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[53] : INERIS, *Picoxystrobine* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[54] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Propiconazole* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[55] : INERIS, *Thiaclopride* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[56] : INERIS, *Thiophanate-méthyle* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[57] : INERIS, *Thirame* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[58] : INERIS, *Metconazole* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[59] : INERIS, *Tebuconazole* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[60] : INERIS, *Trinéxapac éthyl* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[61] : INERIS, *Dimoxystrobine* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[62] : INERIS, *Haloxyfop méthyl* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[63] : INERIS, P*rothioconazole* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[64] : INERIS, *Portail substances chimiques – Flutriafol* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/1003

[65] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Boscalid* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[66] : INERIS, *Fluazifop-P* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[67] : INERIS, *Mépiquat chlorure* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[68] : INERIS, *Acrinathrine* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[69] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Acétochlore* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[70] : INERIS, *Cléthodim* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[71] : INERIS, *Cyprodinil* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[72] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Dicamba* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[73] : INERIS, *Diuron* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[74] : INERIS, *Portail substances chimiques – Flutriafol* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/cas/759-94-4

[75] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Fenbuconazole* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[76] : INRS, *Fiches toxicologiques n°309 – Imidalclopride* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[77] : INERIS, *Tebufenozide* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[78] : INERIS, *Valeur guide environnementale – Tetraconazole* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[79] : INERIS, *Portail substances chimiques – Alachlore* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/335

[80] : INERIS, *Benfluraline* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017).

[81] : Wikipédia, *LogP* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). https://fr.wikipedia.org/wiki/LogP

[82] : INRS, *Glyphosate – Fiche toxicologique n° 273* [en ligne]. (Consulté le 21/07/2017). http://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_273&section=pathologieToxicologie#tab_toxiHomme

[83] : Institut de l'environnement et de la santé, *Toxicologie humaine des nitrates : des risques sanitaires surestimés ?* [en ligne]. (Consulté le 21/07/2017). http://www.institut-environnement.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=73:toxicologie-humaine-des-nitrates--des-risques-sanitaires-surestimes-francois-testud-buson-iste&catid=35:lesnitratesno3&Itemid=2

[84] : Le centre d'information sur l'eau, Des nitrates dans l'eau ? [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). https://www.cieau.com/leau-et-votre-sante/qualite-et-sante/des-nitrates-dans-leau/

[85] : Doctissimo, *Méthémoglobinémies* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017).

[86] : Institut National de Santé Publique du Québec, *profil toxicologique du 2,4 D et risques à la santé associés à l'utilisation de l'herbicide en milieu urbain* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). https://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/509-ProfilToxicologique_2,4-D_Avis.pdf

[87] : Sage pesticides, *Toxicologie de la matière active : dicamba* [en ligne]. (Consulté le 21/07/2017). http://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/Resultats.aspx?search=matiere&ID=47

[88] : Wikipédia, *Dicamba* [en ligne]. (Consulté le 10/08/2017). https://fr.wikipedia.org/wiki/Dicamba

[89] : CNESST, *Répertoire toxicologique – Acéphate* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). http://www.csst.qc.ca/prevention/reptox/Pages/fiche-complete.aspx?no_produit=654624&no_seq=3&incr=0

[90] : Sage pesticides, *Effets toxiques des matières actives – Acéphate* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). http://www.sagepesticides.qc.ca/Recherche/resultats.aspx?Search=matiere&ID=26

[91] : PubChem, *Trinexapac-ethyl* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Trinexapac-ethyl#section=Top

[92] : Agritox, *Trinexapac-ethyl* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017).

[93] : PubChem, *Mépiquat chloride* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Mepiquat_chloride#section=Non-Human-Toxicity-Excerpts

[94] : ANSES, *Valeurs toxicologiques de référence (VTR)* [en ligne]. (Consulté le 23/07/2017). https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr

[95] : Furetox, *94-75-7, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:0045vkjfax3c0t

[96] : Agritox, *2,4 D* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). http://www.agritox.anses.fr/php/sa.php?sa=70

[97] : Furetox, *30560-19-1, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:0045vkjf3yb7tl

[98] : FAO*, Report of the Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Core Assessment Group on Pesticide Residues Geneva, Switzerland, 20–29 September 2005, page 43* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017).

[99] : Furetox, *1071-83-6, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 22/07/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:0045vkjgtpd9x9

[100] : Agritox, *Glyphosate* [en ligne]. (Consulté le 11/08/2017). http://www.agritox.anses.fr/php/sa.php?sa=91

[101] : Furetox, *95266-40-3, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 22/07/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:0045vl46zgqo38

[102] : Furetox, *1918-00-9, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 22/07/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:00ezk1xxhn8bj

[103] : Furetox, *15302-91-7, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 22/07/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:0045vmjxczhbk2

[104] : Furetox, *84145-82- 4, effets toxiques à seuil - ingestion* [en ligne]. (Consulté le 22/07/2017). http://www.furetox.fr/index.php?tplentry=br&insidefile=details.html&class=furetox&function=viewDetails&oid=CAS:0049ak324l6hv2

[105] : Wikipédia, *Dose journalière* admissible [en ligne]. (Consulté le 22/07/2017). https://fr.wikipedia.org/wiki/Dose_journali%C3%A8re_admissible

[106] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), Annexe 6 page 463.

[107] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), Annexe 6 page 465.

[108] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), Annexe 8 page 475.

[109] : Directive 98/83/CE du conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.

[110] : ANSES, *Etude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires 3 (INCA 3*, juin 2017), page 91.

[111] : INERIS, *Méthodologie d'évaluation quantitative des risques sanitaires relatifs aux substances chimiques,* page 38, version du 15 octobre 2007.

[112] : C. Ducoulombier-Crepineau, C. Feidt, G. Rychen, *Etat des connaissances sur l'exposition des ruminants laitiers aux Polluants Organiques Persistants* [en ligne]. (Consulté le 23/07/2017).
http://journees3r.fr/IMG/pdf/2004_contamination_02_Ducoulombier.pdf

[113] : Vertigo- la revue électronique en sciences de l'environnement, *Epandage agricole des biosolides municipaux : contenu en métaux et en PBDE du lait de vache,* Volume 11, numéro 2, septembre 2011.

Camille AUBURTIN

Depuis quelques années, la consommation de **boissons végétales** à base de **soja** ne cesse d'augmenter. En effet, on observe un « boum » des **boissons végétales** qui s'inscrit dans une nouvelle tendance de consommation végétarienne et végane. Qu'en est-il par rapport au **lait de vache** ? Nous allons analyser les **laits animaux,** et plus particulièrement le **lait de vache** qui est le plus consommé. En parallèle, nous analyserons les **boissons végétales** et notamment celle au **soja.** Par la suite, une **évaluation des risques sanitaires** du **« lait » de soja** sera menée dans un but de comparaison avec le **lait de vache** afin que les consommateurs puissent être informés et fassent un choix éclairé.

Mots clefs : boissons végétales, soja, lait de vache, laits animaux, évaluation des risques sanitaires, « lait » de soja

---

Camille AUBURTIN

Since a few years, consumption of **soya** based drinks didn't stop growing. We can observe a new growing trend for the veggie and vegan way of consumption. The milk industry is part of the trend. We will analyse **animal milks** and more precisely **cow milk** which is the most consumed dairy product. In parallel we will analyse **vegetal drinks**, focusing on **soya "milk".** Finally, we will make an **evaluation of the sanitary risks** of the **soya "milk"** to compare its benefits and drawbacks with the **cow milk**. We hope that such a study will help consumers in making the right choice knowing what they will buy.

Key words: soya, animal milks, cow milk, vegetable drinks, soya "milk", evaluation of sanitary risks