

Mehdi Chellaoui

**Substitution des arômes par les huiles essentielles dans les denrées transformées / ultra-  
transformées :**  
**Perspective en santé publique**

Sous la direction de Mme Caroline Lanier

Année Universitaire 2020-2021

Master Nutrition, Sciences des aliments : *option Qualité et sécurité alimentaires*

Jury :

*Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé*

*ILIS 42 rue Ambroise Paré  
59120 LOOS*



## **Remerciements**

Je tiens d'abord à remercier ma directrice de mémoire, Mme Caroline Lanier, pour sa patience et ses conseils avisés dans la rédaction de mon mémoire.

Je veux également remercier l'équipe pédagogique de la Faculté d'Ingénierie et Management de la Santé ILIS pour la qualité de ses enseignements qui m'ont permis d'acquérir les connaissances nécessaires à ma profession de qualificateur.

Je souhaite remercier ma famille qui aura su m'épauler pendant toute la durée de mon Master. C'est leurs encouragements qui m'ont poussé aussi loin dans mes études et m'ont donné l'envie de dépasser mes limites.

Enfin, je souhaite remercier ma compagne Florence qui m'a aidé à persévérer dans la rédaction de ce mémoire et m'a soutenu dans mes difficultés.

## **Abréviations**

HE : Huiles Essentielles

CNRTL : Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales

CE : Commission Européenne

AFNOR : Association Française de NORmalisation

ISO : Organisation Internationale de Normalisation

EFSA : Agence de Sécurité Sanitaire Européenne des Aliments

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

EFFA : *European Flavour Association*

GRAS : *Generally Recognized As Safe*

SNIAA : Syndicat National des Ingrédients Aromatiques Alimentaires

FDA : *Food and Drug Administration*

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes

SWOT : *Strengths Weaknesses Opportunities Threats*

PESTEL : Politique, Economique, Sociologique, Technologique, Environnemental et Légal

## Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Contexte législatif à l'utilisation des additifs alimentaires aromatisants .....</b>	<b>3</b>
A. Définition.....	3
1) Arôme alimentaire :.....	3
2) Les huiles essentielles :.....	4
B. Procédés d'extraction.....	5
C. Législation des substances aromatisantes.....	10
1) Encadrement par les autorités .....	11
2) Exigences pour les fabricants.....	15
a. Validation d'une substance.....	15
b. Étiquetage.....	16
D. Craintes des consommateurs .....	17
<b>II. Caractérisation bibliographique des impacts délétères et bénéfiques des arômes .....</b>	<b>19</b>
A. Impact sanitaire .....	19
1) Arômes naturels et de synthèse .....	19
a. Liste .....	19
b. Exposition.....	19
c. Détermination des seuils préoccupation toxicologique (EFSA) .....	20
d. Personnes à risques .....	24
e. Effets néfastes sur la santé .....	24
2) Huiles Essentielles.....	31
a. Liste.....	31
b. Exposition.....	31
c. Détermination des seuils préoccupation toxicologique (EFSA) .....	31
d. Personnes à risques .....	33
e. Effets néfastes sur la santé .....	34
f. Aspects bénéfiques (santé, thérapeutique, ...) .....	35
<b>III. Mises en application .....</b>	<b>37</b>
1) Effet aromatisant .....	37
2) Effet conservateur : .....	38
a. Activité antioxydante .....	39
b. Activité antibactérienne.....	39
c. Activité antifongique.....	40
d. Emballage alimentaire .....	41
<b>IV. Étude de marché.....</b>	<b>42</b>

A.	Arômes Alimentaires :	42
1)	La demande :	42
2)	L'offre :	42
3)	SWOT :	43
4)	Pestel :	43
5)	Étude des prix :	45
B.	Huiles Essentielles :	45
1)	La demande :	45
2)	L'offre :	45
3)	SWOT :	46
4)	Pestel :	46
C.	Conclusion :	47
<b>V.</b>	<b>Analyse critique et perspectives.....</b>	<b>49</b>
<b>Conclusion</b>	<b>.....</b>	<b>50</b>

## Table des figures

<b>Figure 1 : Schéma de distillation [17]</b> .....	6
<b>Figure 2 : Schéma procédé VMHD [19]</b> .....	7
<b>Figure 3 : Gamme critique CO<sub>2</sub> [20]</b> .....	8
<b>Figure 4 : Schéma d'extraction par solvant [23]</b> .....	9
<b>Figure 5 : Extraction par solvant sous micro-ondes [15]</b> .....	9
<b>Figure 6 : Schéma d'extraction par pression à froid [25]</b> .....	10
<b>Figure 7 : Arbre de décisions de l'approche TTC [44]</b> .....	23

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1 : Température et pression critique de quelques fluides [20]</b> .....	8
<b>Tableau 2 : Teneurs maximales en certaines substances provenant des arômes et d'autres ingrédients alimentaires ayant des propriétés aromatisantes et présentes dans les denrées alimentaires telles qu'elles sont consommées et dans lesquelles des arômes ont été utilisés [35]</b> .....	14
<b>Tableau 3 : Valeurs TTC, classification des substances [50]</b> .....	21
<b>Tableau 4 : Evaluation de la cytotoxicité et de la génotoxicité d'arômes de synthèse</b> .....	28
<b>Tableau 5 : l'échelle de Hodge et Sterner [61]</b> .....	32
<b>Tableau 6 : Exemples de DL<sub>50</sub> pour quelques huiles essentielles à usage alimentaire</b> .....	32
<b>Tableau 7 : Liste d'huiles essentielles contre indiquées pendant la grossesse et pendant l'allaitement [14]</b> .....	33
<b>Tableau 8 : Liste des huiles essentielles contre indiquées chez les enfants [14]</b> .....	34
<b>Tableau 9 : Représentation de la répartition des HE dans différents secteurs alimentaires [72]</b> .....	37
<b>Tableau 10 : SWOT du marché des arômes</b> .....	43
<b>Tableau 11 : Analyse Pestel du marché des arômes</b> .....	44
<b>Tableau 12 : Swot du marché des huiles essentielles</b> .....	46
<b>Tableau 13 : Pestel du marché des huiles essentielles</b> .....	46

## Introduction

L'alimentation au quotidien n'est pas seulement un plaisir, c'est également un besoin primaire, vital et nutritionnel. Cependant, bien que l'on mange pour rester en bonne santé, cela comporte également des dangers (microbiologiques, physiques, chimiques, allergéniques). La mondialisation et le développement des nouvelles technologies sont à l'origine de changements importants dans les habitudes alimentaires de la population qui, au cours des dernières décennies, ont progressivement introduit sur le marché des aliments riches en additifs chimiques [1]. Parmi ces substances, également appelées micro-ingrédients, se trouvent les arômes, indispensables à l'industrie alimentaire pour conférer des propriétés sensorielles spécifiques de goût et d'odeur aux aliments transformés [1], [2]. Le développement de ces larges gammes de saveurs avait pour objectif d'attirer les consommateurs. Néanmoins, en raison de la composition complexe des arômes comprenant une grande variété de substances chimiques (diluants, conservateurs, colorants, antioxydants, émulsifiants, stabilisateurs, régulateurs d'acidité...), ils sont en général considérés comme des avancées controversées dans l'industrie alimentaire par de nombreux experts de la santé [1], [2]. Ceux-ci suggèrent que ces additifs pourraient contribuer de manière significative à l'appauvrissement alimentaire et déclencher des maladies de l'appareil digestif ou des allergies [2].

Afin de satisfaire les consommateurs, aujourd'hui de plus en plus soucieux de la qualité des produits présents dans leur assiette, les industriels cherchent des moyens de substitution. Le recours à des produits naturels à base de plantes semble être l'une des stratégies à adopter pour remplacer les additifs alimentaires synthétiques soupçonnés d'être nocifs pour la santé humaine. Outre l'aspect sanitaire, ces solutions de substitution semblent être généralement moins polluantes pour l'environnement. Parmi les alternatives disponibles, les huiles essentielles (HE) ont l'avantage d'avoir une bonne réputation auprès de la population. Néanmoins, leur usage n'est pas simple et présente de nombreuses contraintes. Les HE font l'objet d'une législation commune pour leur utilisation avec les arômes dans les denrées alimentaires transformées, alors que des vertus différentes sont attribuées aux HE dans le domaine médicinal.

Ce mémoire traitera de la valorisation des huiles essentielles en tant qu'alternative aux additifs synthétiques. La problématique est « Peut-on dissocier les notions d'arômes et d'huiles essentielles afin d'offrir à la population une solution alternative aux arômes synthétiques dans les produits transformés et ultra-transformés ? »

La première partie de ce mémoire apportera des définitions et la législation qui encadre les substances aromatisantes. Puis, dans une seconde partie, les impacts sanitaires des arômes et des HE seront évalués de manière distincte. La troisième partie est consacrée à l'analyse de la littérature sur les applications des HE dans l'alimentation déjà mises en œuvre. Enfin, la quatrième partie est une étude de marché sur les arômes et les HE.

## I. Contexte législatif à l'utilisation des additifs alimentaires aromatisants

### A. Définition

Les HE et/ou les arômes sont des substances largement utilisées dans de nombreux secteurs tels que l'agroalimentaire, la parfumerie, la cosmétique, la médecine et l'aromathérapie.

#### 1) Arôme alimentaire :

D'après la directive 88/388/CEE, du 22 juin 1988, un arôme est défini comme « un produit ou une substance destinée à être ajoutée à une denrée alimentaire pour lui conférer une odeur, c'est-à-dire une perception par voie nasale ou retro-nasale et/ou un goût c'est-à-dire une perception par voie linguale et qui appartient à l'une des catégories d'agents d'aromatisation définies dans cette réglementation » [3]. Ils sont composés de plusieurs noyaux aromatiques de faible polarité à forte tendance lipophile, qui au contact des muqueuses olfactives provoquent un stimulus qui apporte un goût et/ou une odeur spécifique à chaque aliment [4]. Selon le CNRTL, ils sont «des principes odorants de diverses substances d'origine végétale, d'essences chimiques, ou d'acides volatils» [5]. De par ces propriétés olfactives et gustatives, ils sont largement utilisés dans les denrées alimentaires.

Le règlement (CE) 1334/2008 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008 [6], concerne tous les types d'arômes alimentaires. On y distingue différents agents d'aromatisation [7]:

- Les préparations aromatisantes (obtenues par des procédés physiques ou biotechnologique avec des matières premières naturelles),
- Les substances aromatisantes (isolées et chimiquement définies) :
  - Naturelles (procédés physiques ou biotechnologiques avec des matières premières naturelles)
  - Identiques aux naturelles
  - Artificielles
- Les arômes de transformation (arômes de Maillard) (chauffage maîtrisé d'un mélange d'ingrédients n'ayant pas nécessairement de propriétés aromatisantes au départ),
- Les arômes de fumée (obtenus par fractionnement et purification d'une fumée condensée),
- Les précurseurs d'arôme ou autres arômes ou mélanges d'arômes.

Les substances aromatisantes peuvent être qualifiées de « **naturelles** » si elles sont « obtenues par des processus physiques, enzymatiques ou microbiologique à partir de matériel d'origine végétale, animale ou microbiologique, soit à l'état brut, soit après transformation pour la consommation humaine par un ou plusieurs des procédés traditionnels de préparation des denrées alimentaires énumérés à l'annexe II » [6]. Cette définition est celle des préparations aromatisantes [3]. Au moins 95 % de la partie aromatisante doit être obtenue à partir du matériau de base visé sinon il est considéré comme artificiel [3], [8]. Une substance est dite « **identique aux naturelles** » si elle est obtenue par synthèse chimique et est comparable à une substance dont la source naturelle existe [7]. Enfin, une substance est « **artificielle** » si la synthèse chimique aboutit à une substance n'existant pas dans la nature [7].

#### L'exemple de la vanilline [7]:

Cette substance est naturellement présente dans les gousses de vanille et elle peut être isolée par des procédés physiques. Elle peut également être obtenue par fermentation microbienne à partir de pulpe de betteraves. La substance aromatisante obtenue par ces méthodes est considérée comme « naturelle ». Si elle est issue d'une synthèse chimique, elle est alors « identique aux naturelles ». Si la synthèse chimique aboutit à une éthylvanilline, il s'agit d'une substance aromatisante artificielle, le groupement éthyl n'existant pas dans la nature.

## **2) Les huiles essentielles :**

Les HE sont des substances hautement concentrées en principes actifs, qui peuvent contenir en quelques gouttes l'essence de plusieurs kilogrammes de plantes [9]. Plus de 2000 espèces appartenant à 60 familles différentes produisent les HE [10]. Elles n'ont pas de définition réglementaire à portée générale [11]. La norme AFNOR NFT75-006 qui définissait les HE a été remplacée en 2014 par la norme ISO 9235. Une HE est un produit obtenu à partir d'une « matière première naturelle d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe de fruits de citrus (agrumes), soit par distillation sèche, après séparation de l'éventuelle phase aqueuse par des procédés physiques » [9], [13]. La pharmacopée européenne a également défini l'HE comme : « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche, soit par un procédé mécanique approprié sans chauffage » [11].

Cependant, cette définition ne vaut en principe que pour son champ d'application : celui du médicament.

La monographie de la Pharmacopée Européenne indique que les matières premières peuvent être utilisées fraîches, flétries, sèches, entières, contusées, ou pulvérisées, à l'exception des fruits du genre Citrus, toujours traités à l'état frais [14]. A température ambiante, une HE est à l'état liquide avec une viscosité plus ou moins importante, ainsi qu'une couleur (pour la plupart jaune) et une odeur propre à son espèce. Les HE diffèrent les unes des autres par le dosage de leurs différents composés, on définit ainsi pour chacune un chémotype. De plus, deux HE portant le même nom ne se seront pas forcément identiques en fonction de l'espèce de la plante, du lieu de sa pousse, de la technique d'extraction employée et de sa conservation [14].

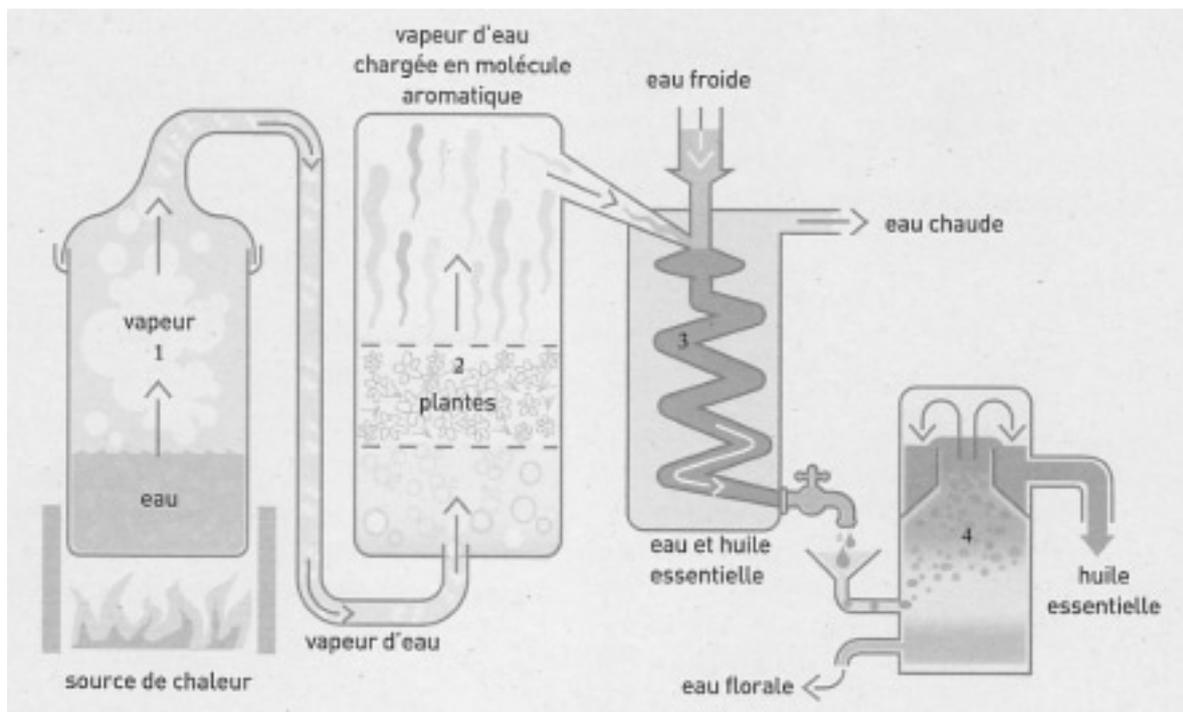
### **B. Procédés d'extraction**

Les extraits aromatiques naturels peuvent contenir une grande variété de matières très volatiles et très fragiles. Il est, à l'heure actuelle, très difficile de les isoler de façon économique sans nuire à la qualité globale de la substance obtenue. Il existe divers procédés de récupération des arômes et des HE qui sont fondamentalement les mêmes que ceux utilisés à l'échelle du laboratoire à des fins d'analyse.

Voici quelques-uns des procédés utilisés :

- **Distillation par entraînement à la vapeur d'eau** (Figure 1) ;

La distillation est encore employée de nos jours mais elle ne peut être envisagée que pour des composés volatils présentant des phénomènes de « pseudo-solubilité ». Cette méthode peut être appliquée à l'extraction des arômes à partir d'une matière végétale (exemple : les peaux d'oranges), et permet la séparation de substances, mélangées sous forme liquide formant un mélange azéotropique [15]. Elle consiste à porter le mélange à ébullition et lorsque la matière végétale est soumise à la chaleur, l'HE présente dans les végétaux est entraînée par la vapeur d'eau, libérées puis recueillies, ce qui permet de les concentrer en une fraction, le distillat, et une fraction lourde appelée résidu qui contient les restant de matière végétale [16]. Elle comporte toutefois certains inconvénients majeurs : la haute température de fonctionnement (100-120°C) qui entraîne la destruction ou la modification d'un grand nombre de produits.



**Figure 1 : Schéma de distillation [17]**

- **Procédé VMHD**, *vacuum micro-wave hydro-distillation* (Figure 2) :

Il s'agit d'une technique de distillation sous vide qui vise à abaisser les températures d'ébullition des différents constituants du mélange à distiller, ce qui permet ainsi d'éviter (ou de réduire) les risques de dégradation thermique. Sous l'effet conjugué du chauffage, l'eau de constituant les plantes entre brutalement en ébullition. Le contenu des cellules est donc plus aisément transféré vers l'extérieur du produit, et l'HE est entraînée dans le mélange azéotrope formé avec la vapeur d'eau issue du produit traité. Ce procédé permet de réaliser une économie de temps et d'énergie [18]. En effet cette méthode améliore le rendement d'extraction en étant cinq à six fois plus rapide que l'hydro-distillation, mais cela au détriment de la qualité du produit [15]. La séparation de l'HE est ensuite mise en œuvre suivant les procédés classiquement utilisés. C'est pourquoi lorsque l'arôme n'est pas volatil, il convient de faire appel à d'autres techniques d'extraction.

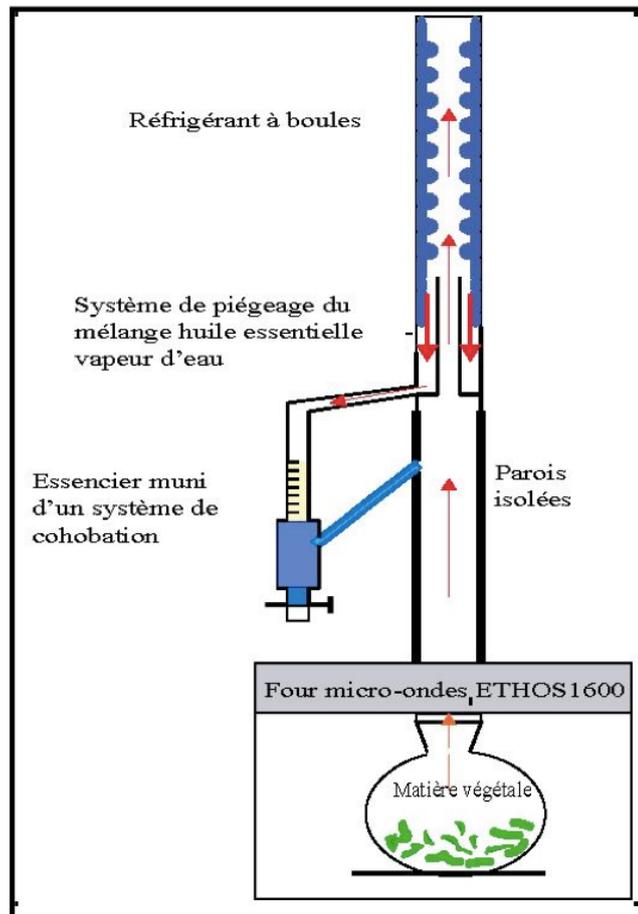


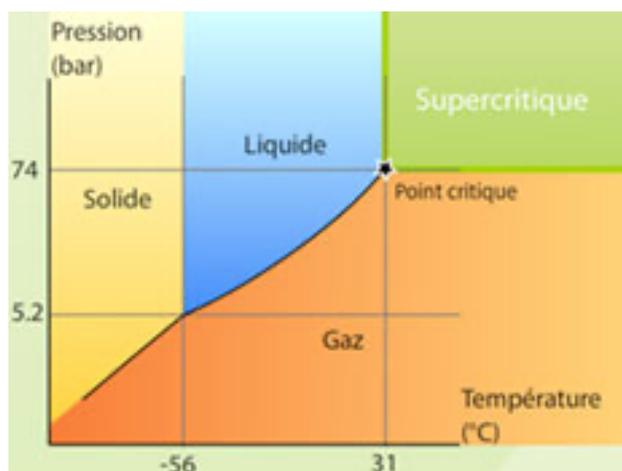
Figure 2 : Schéma procédé VMHD [19]

- **Extraction aux fluides supercritiques** (Figure 3) :

L'extraction aux fluides supercritiques joue sur les changements d'état du fluide employé [20]. Dans cette méthode, le fluide est d'abord à l'état liquide puis passe à l'état super critique après avoir été chauffé légèrement et avoir monté en pression (il devient super solvant), cela à la température et à la pression définies comme « critiques » (Voir exemples, tableau 1). Le solvant revient à la fin à l'état gazeux et se sépare naturellement des substances aromatiques [21]. Un exemple d'application largement employé en industrie alimentaire est l'extraction fluide au CO<sub>2</sub> supercritique qui est considérée comme une méthode d'extraction verte et écologique sans résidu de solvant. Elle permet d'extraire totalement ou sélectivement les composés huileux et aromatiques non/peu polaires et de faibles masses moléculaires [22]. Le CO<sub>2</sub> apparaît comme un solvant idéal car il présente des caractéristiques parfaitement adaptées à l'usage industriel et aux nouvelles contraintes législatives. Il est le fluide le plus utilisé car il est naturel, non toxique et peu coûteux. Sa gamme critique est présentée à la figure 4 : sa température critique est de 31°C et sa pression critique de 74 bar.

**Tableau 1 : Température et pression critique de quelques fluides [20]**

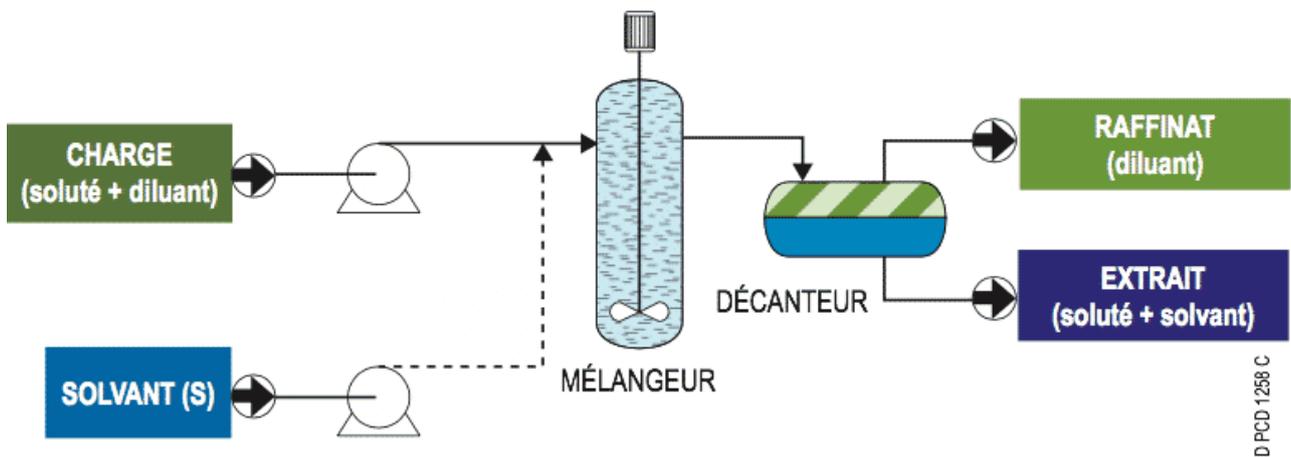
Fluide	Température critique (°C)	Pression critique (bar)
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	31,1	73,8
Eau (H <sub>2</sub> O)	374	220
R134a (C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> )	101	101,6
Éthane (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	32,2	48,8
Propane (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	96,6	42,5
Éthylène (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	9,5	50,76
Propylène (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> )	91	46,1



**Figure 3 : Gamme critique CO<sub>2</sub> [20]**

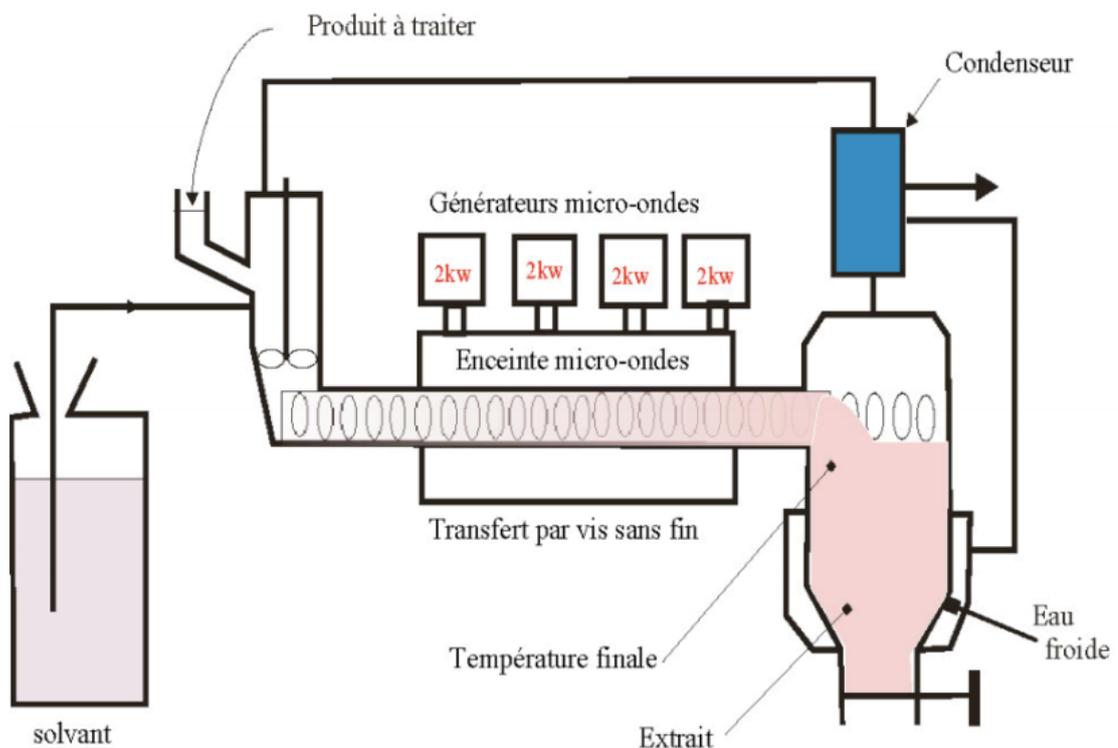
- **Extraction par solvant** (Figure 4) ;

La technique d'extraction par solvant, consiste à placer dans un extracteur un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. L'eau et le solvant sont ensuite séparé dans une ampoule à décanter. Pour récupérer les molécules aromatiques, le solvant est éliminé par distillation [15]. Dans cette méthode, un solvant qui s'évapore facilement (éthanol, hexane) et qui ne se mélange pas avec l'eau est généralement choisi. Elle est utilisée pour séparer les constituants d'un mélange liquide homogène (matière végétale à base de molécules aromatiques et d'eau). L'efficacité d'extraction d'un solvant pour un produit est déterminée par un coefficient de partage. Il correspond au rapport entre la concentration dans l'extrait et celle dans le raffinat [16]. Compte tenu de la spécificité de chaque solvant vis-à-vis de certains constituants, il est utile de bien choisir le solvant en fonction de ce composé mais également de la réglementation en vigueur.



**Figure 4 : Schéma d'extraction par solvant [23]**

Il existe également une technique d'extraction par solvant sous vide qui comme l'hydrodistillation va permettre d'avoir un meilleur rendement au niveau des quantités de substances extraites au détriment de la qualité de celle-ci. Il s'agit de l'extraction par solvant sous micro-ondes (figure 5).

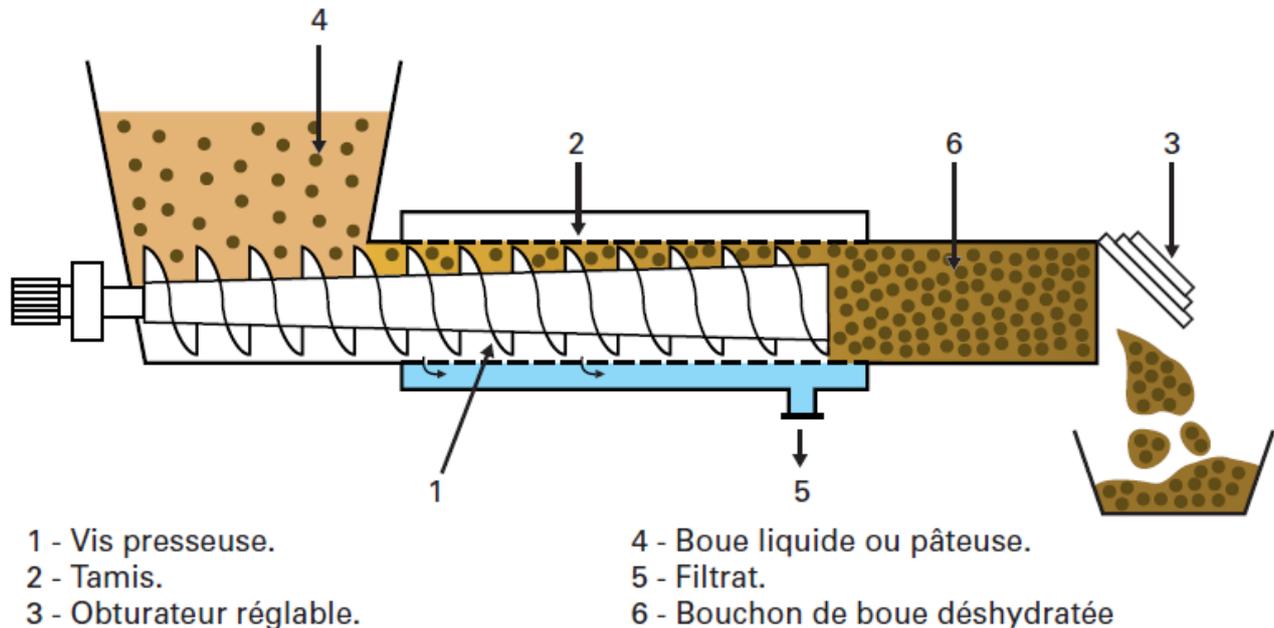


**Figure 5 : Extraction par solvant sous micro-ondes [15]**

- **Extraction par pression à froid** (figure 6) ;

L'extraction par pression à froid est le procédé le plus simple. Une vis presseuse va permettre de rompre les sacs oléifères contenant les essences. La matière végétale est

ajoutée au niveau du cône d'alimentation puis broyée par le mouvement mécanique de la vis qui va extraire l'huile et expulser le tourteau (restant organique). Cette méthode est utilisée industriellement pour l'obtention d'HE [24].



**Figure 6 : Schéma d'extraction par pression à froid [25]**

### C. Législation des substances aromatisantes

Les substances aromatisantes destinées à être utilisées dans les denrées alimentaires et les arômes ont été réglementées par la directive 88/388/CEE du 22 juin 1988 concernant le rapprochement des législations des États membres dans le domaine des arômes destinés à être employés dans les denrées alimentaires et des matériaux de base pour leur production.

- Celle-ci sera par la suite modifiée par le règlement 1882/2003, qui définit :
  - Les différentes catégories d'agents d'aromatisants : Substances aromatisantes naturelles, identiques aux naturelles et artificielles, préparations aromatisantes, arômes de fumée, arômes de transformation.
  - Les règles d'étiquetage des arômes et en particulier l'emploi du terme « naturel » pour la classification des substances aromatisantes et des préparations aromatisantes.
  - Les critères généraux de pureté [24]

Le Règlement CE n°2232/96 a établi un registre des substances aromatisantes utilisées à ce jour qui est mis à jour chaque année avec l'inclusion des nouvelles substances testées.

Les éléments de la directive 88/388/CEE du 22 juin 1988 ont également été déclinés pour être ajoutés au droit français par les textes suivants :

- Décret 91-366 du 11 Avril 1991 qui concerne les arômes utilisés dans les denrées alimentaires.
- Arrêté du 11 Juillet 1991 portant sur la création de critères de qualité et de pureté des denrées alimentaires.

La directive 88/388/CEE du 22 juin 1988 sera abrogée avec l'adoption le 16 décembre 2008 du Règlement (CE) n° 1334/2008 (règlement Arôme) qui est entré en vigueur le 20 janvier 2009. Celui-ci établit un nouveau règlement pour les arômes. Il abroge également la Directive 91/71/CEE de la Commission, à compter du 20 janvier 2011.

Les arômes et les HE appartiennent tous deux à la catégorie des additifs alimentaires. Ils sont donc encadrés par la même législation, celle des additifs utilisés dans l'alimentation animale et humaine.

L'utilisation des substances aromatisantes est rigoureusement réglementée par les deux réglementes européens 1334/2008 et 872/2012. Les conditions d'autorisation, d'utilisation et de mise sur le marché des additifs sont donc régies par deux règlements distincts :

- règlement (CE) n°1831/2003, pour les additifs relatifs à l'alimentation animale [26]
- règlement (CE) n°1334/2008, pour les additifs relatifs à l'alimentation humaine [27]

Le règlement 882/2004, relatif aux contrôles officiels permet de garantir le respect de la législation alimentaire relative aux denrées pour animaux et aux denrées à destination humaine.

### **1) Encadrement par les autorités**

La procédure d'autorisation débute par la soumission d'une demande officielle à l'EFSA (Agence de Sécurité Sanitaire Européenne des Aliments) constituée d'un dossier contenant des données scientifiques sur les usages, la quantité et la fréquence d'utilisation proposés de la substance. La Commission européenne décide alors d'autoriser ou non la substance, sur la base de l'évaluation réalisée par l'EFSA [28]. Les professionnels de l'industrie alimentaire utilisent de plus en plus des alternatives naturelles aux additifs (dont les arômes font partis), telles que des extraits de plantes, des produits issues de l'agriculture biologique, etc... Et ils sont obligés de fournir des produits conformes à la législation qui concernent leur produit. Néanmoins, certains de ces produits étant parfois à la frontière de plusieurs législations, leur encadrement peut s'avérer complexe.

### Registre des substances

Le Règlement CE n°2232/96 du Parlement européen a été mis en place afin d'établir les mesures à prendre lorsqu'une substance aromatisante représente un danger pour la santé publique. Il permet également de fixer les étapes à suivre pour les substances aromatisantes destinées à être utilisées dans les denrées alimentaires [29]. Conformément à ce règlement, un premier répertoire des substances aromatisantes autorisées dans les denrées alimentaires a été établi et publié dans la Décision 1999/217/CE de la Commission du 23 février 1999 [30]. L'établissement de ce premier répertoire a permis l'interdiction de certaines substances aromatisantes ne répondant pas aux critères généraux d'utilisation figurant à l'annexe du règlement (CE) n°2232/96, par exemple, des substances à caractère génotoxique : le méthyleugénol et l'estragole (Décision respectivement du 2002/113/CE du 23 Janvier 2002).

En 2008, des experts de l'EFSA ont décidé d'évaluer tous les arômes utilisés, qu'ils soient artificiels ou naturels. Une liste des arômes inoffensifs pour la santé a donc été créée en 2012 en reprenant ces arômes évalués [6].

Dans le registre de la Commission européenne sont mis à jour les informations relatives aux additifs autorisés. Ceux-ci sont classés selon les catégories d'additifs auxquels ils appartiennent (arôme, édulcorant, ...). Les additifs présents dans ce registre ont été vérifiés afin de s'assurer de leur bonne conformité à l'allégation de sa/ses catégorie/s. Ce registre indique également si l'additif représente un danger pour l'homme, les animaux et l'environnement [4]. Le règlement « Arômes » établi en Janvier 2011 qui reprend toutes les substances évaluées et celles en cours d'évaluation de l'EFSA [6],[31].

### Teneurs maximales

Selon le règlement 882/2004, relatif aux contrôles officiels effectués pour garantir le respect de la législation alimentaire relative aux denrées pour animaux et aux denrées à destination humaine, la Commission doit fixer des teneurs maximales en certaines substances indésirables d'origine naturelle (en raison de leur présence naturelle dans les plantes, des substances indésirables pourraient se retrouver dans des préparations aromatisantes et dans des ingrédients alimentaires possédant des propriétés aromatisantes), ayant été identifiées comme néfastes pour la santé des consommateurs par l'EFSA [32]. Des informations sur les niveaux d'utilisation dans des catégories spécifiques de denrées alimentaires dans la communauté européenne sont mises à la disposition des États

membres par la Commission. Le fabricant ou l'utilisateur d'arômes et/ou de matériaux de base est tenu de transmettre immédiatement à la Commission toute nouvelle donnée scientifique ou technique qui lui est connue et accessible, et susceptible d'influer sur l'évaluation de la sécurité de cette matière aromatisante. Conformément à ce même règlement, les États membres doivent également organiser des contrôles basés sur les risques [32].

L'article 4 de la directive 88/388/CEE du 22 juin 1988 a fixé de premières limites sur l'utilisation de certaines substances considérées comme dangereuses pour la santé des consommateurs [3] :

Les États membres prennent toutes les dispositions nécessaires pour garantir que :

« a) - les arômes ne contiennent pas de quantité toxicologiquement dangereuse d'un quelconque élément ou substance,

- sous réserve des dérogations éventuellement prévues par les critères spécifiques de pureté visés à l'article 6 paragraphe 2 troisième tiret, les arômes ne contiennent pas plus de 3 milligrammes par kilogramme d'arsenic, 10 milligrammes par kilogramme de plomb, 1 milligramme par kilogramme de cadmium et 1 milligramme par kilogramme de mercure ;

b) l'utilisation des arômes ne donne pas lieu à la présence, dans les denrées alimentaires telles qu'elles sont consommées, des substances indésirables figurant à l'annexe I dans des quantités supérieures à celles qui y sont fixées;

c) l'utilisation des arômes et d'autres ingrédients alimentaires ayant des propriétés aromatisantes ne donne pas lieu à la présence des substances figurant à l'annexe II dans des quantités supérieures à celles qui y sont fixées.

- Annexe I : teneurs maximales de certaines substances indésirables présentes dans les denrées alimentaires consommées en l'état et dues à l'utilisation des arômes (3-4 benzopyrène)
- Annexe II : teneurs maximales de certaines substances provenant des arômes ou d'autres ingrédients alimentaires ayant des propriétés aromatisantes et présentes dans les denrées alimentaires telles qu'elles sont consommées et dans lesquelles des arômes ont été utilisés »..

Le tableau 2 liste les substances présentes dans l'Annexe I et II de la directive 88/388/CEE du 22 juin 1988, qui proviennent des arômes et pour lesquelles des teneurs maximales ont été fixées dans les denrées alimentaires.

**Tableau 2 : Teneurs maximales en certaines substances provenant des arômes et d'autres ingrédients alimentaires ayant des propriétés aromatisantes et présentes dans les denrées alimentaires telles qu'elles sont consommées et dans lesquelles des arômes ont été utilisés [3]**

<b>Substances</b>	<b>Denrées alimentaires (en mg/kg)</b>	<b>Boissons (en mg/kg)</b>	<b>Exceptions et/ou restrictions spéciales</b>
Acide agarique	20	20	100 mg/kg dans les boissons alcoolisées et les denrées alimentaires contenant des champignons
Aloïne	0,1	0,1	50 mg/kg dans les boissons alcoolisées
3,4 Benzopyrène	0,03	0,03	
Beta azarone	0,1	0,1	1 mg/kg dans les boissons alcoolisées et les assaisonnements destinés aux « snack foods »
Berbérine	0,1	0,1	10 mg/kg dans les boissons alcoolisées
Coumarine	2	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 mg/kg pour certaines sortes de confiseries au caramel</li> <li>• 50 mg/kg dans les gommes à mâcher</li> <li>• 10 mg/kg dans les boissons alcoolisées</li> </ul>
Acide cyanhydrique	1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 mg/kg dans le nougat, le massepain et ses succédanés ou produits similaires</li> <li>• 1 mg/% en volume d'alcool dans les boissons alcoolisées</li> <li>• 5 mg/kg dans les conserves de fruits à noyaux</li> </ul>
Hypéricine	0,1	0,1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 mg/kg dans les boissons alcoolisées</li> <li>• 1 mg/kg dans la confiserie</li> </ul>

Pulegone	25	100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 250 mg/kg dans les boissons aromatisées à la menthe poivrée ou à la menthe</li> <li>• 350 mg/kg dans la confiserie à la menthe</li> </ul>
Quassine	5	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 mg/kg dans la confiserie sous forme de pastilles</li> <li>• 50 mg/kg dans les boissons alcoolisées</li> </ul>
Safrol et isosafrol	1	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 mg/kg dans les boissons alcoolisées titrant jusqu'à 25 % en volume</li> <li>• 5 mg/kg dans les boissons alcoolisées titrant plus de 25 % en volume</li> <li>• 15 mg/kg dans les denrées alimentaires contenant du macis et de la noix de muscade</li> </ul>
Santonine	0,1	0,1	1 mg/kg dans les boissons alcoolisées titrant jusqu'à 25 % en volume
Thuyone alpha et beta	0,5	0,5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 mg/kg dans les boissons alcoolisées titrant jusqu'à 25 % d'alcool en volume</li> <li>• 10 mg/kg dans les boissons alcoolisées titrant plus de 25 % d'alcool en volume</li> <li>• 25 mg/kg dans les denrées alimentaires contenant des préparations à base de sauge</li> <li>• 35 mg/kg dans les amers</li> </ul>

## 2) Exigences pour les fabricants

### a. Validation d'une substance

Les fabricants sont tenus de veiller à ce qu'aucun aliment dangereux ne soit mis sur le marché, ils bénéficient pour cela d'un appui scientifique de l'ANSES et technique de l'État

français pour éclairer les travaux engagés [19]. L'EFFA, le syndicat européen de la réglementation des arômes, a préparé un document, pour aider et orienter les fabricants ou les utilisateurs d'une substance aromatisante et afin de guider et d'harmoniser l'interprétation du règlement européen dans l'utilisation d'arômes alimentaires. En 2018, trois chapitres de ce document d'orientation ont été mis à jour :

- « Le chapitre III relatif à la Liste de l'Union
- Le chapitre V relatif aux dispositions procédurales et à la mise en application du Règlement Arômes
- Et le chapitre VI relatif aux dispositions transitoires et finales ainsi qu'à l'entrée en vigueur du Règlement Arômes » [3].

L'utilisation des substances aromatisantes est rigoureusement réglementée par les deux textes européens 1334/2008 et 872/2012 et soumise à des contrôles annuels de la commission européenne auprès des industriels. Les informations fournies par les fabricants sont traitées comme confidentielles dans la mesure où elles ne sont pas nécessaires à l'évaluation de la sécurité [6],[31].

#### b. Étiquetage

Des exigences spécifiques en matière d'information sont établies par le Règlement 1334/2008 pour garantir que le consommateur n'est pas induit en erreur. La présence de l'étiquetage dans les denrées alimentaires ne doit pas être utilisée pour tromper le consommateur et il doit toujours y être indiqué de manière appropriée la nature, la fraîcheur, la qualité des ingrédients utilisés, le caractère naturel d'un produit ou de son processus de fabrication et la qualité nutritionnelle de la denrée [3]. La mention « arôme » implique que l'aliment contient des arômes d'origine artificielle. Si les arômes sont d'origine naturelle, les mentions « arôme naturel de... » ou « extrait naturel de ... » seront renseignées sur l'étiquette de composition du produit. Toutes les substances aromatisantes sur le marché doivent apparaître sur l'étiquette du produit [7]. « Lorsque moins de 95 % de la partie aromatisante provenant du matériau de base visée dans la désignation de l'arôme est mise en œuvre, et que la saveur du matériau de base est encore reconnaissable, les 5 % maximum restants ne peuvent être utilisés que pour les besoins de la standardisation ou, par exemple, pour conférer à l'arôme une note fraîche, piquante, mûre ou verte, plus importante »[3].

## D. Craintes des consommateurs

Les consommateurs sont de plus en plus soucieux du contenu de leur assiette. Une diminution globale des additifs alimentaires incluant les arômes a été observée au cours de ces dix dernières années [33]. « 63% des consommateurs pensent que les arômes sont "artificiels". Or la part de la production d'arômes naturels (y compris les extraits et les HE par exemple) augmente d'année en année et dépasse largement celle des arômes de synthèse en France selon le SNIAA » [34].

Un rapport de Anses et de l'Inra a mesuré la présence et l'évolution des additifs, entre 2008 et 2016. Leur étude porte sur 30 000 produits appartenant à une vingtaine de catégories, des barres de céréales aux plats préparés en passant par les boissons ou le chocolat. Plus de trois quarts (78 %) des produits analysés contiennent au moins un additif. La majorité (53 %) en contient au moins trois et une petite partie (4 %) au moins dix [35]. Si 400 additifs sont autorisés par la réglementation européenne, seul un petit nombre est fréquemment utilisé. 42 additifs sont retrouvés dans au moins 2 % de l'ensemble des aliments, mais seulement 8 sont identifiés dans au moins 10 % de ces produits [33]. « Il semblerait que les tendances actuelles de recherche d'une alimentation plus saine et la crainte des consommateurs envers les additifs aient incité les industriels à revoir les listes d'ingrédients de leurs produits, avec un passage 13,7% à 18,3% des produits transformés depuis le début des années 2010» [33]. Une réduction dans l'utilisation des additifs s'annonce.

L'utilisation des arômes s'est révélée dangereuse au niveau sanitaire et les instances internationales (EFSA, ANSES, FDA, ...) y voient de sérieux risques pour la santé notamment le développement d'intolérances et d'allergies [36]. Les effets nocifs amenés par les quantités infimes d'arômes utilisées dans les denrées alimentaires ont été longtemps sous-estimés et leur utilisation s'est donc largement propagée. Il est aujourd'hui difficile de chiffrer le nombre de substance aromatiques dans les aliments consommés. Par exemple, Givaudan, fabricant mondial d'additifs aromatiques utilise près de 5 000 substances de base pour créer une palette de plus 30 000 arômes alimentaires vendus dans le monde. De plus, le nombre des arômes alimentaires synthétiques est trois fois plus important que celui des arômes naturels alors que l'odorat et le cerveau humain sont incapables de distinguer un aussi grand nombre d'odeurs [36].

Les HE sont des produits naturels concentrés et puissants, issus de matières végétales extraites selon des procédés spécifiques. Celles-ci sont soumises à un règlement strict qui

concerne l'ensemble des substances aromatisantes. Les industriels sont très encadrés par les autorités afin de ne pas tromper le consommateur sur l'étiquetage mais également dans les teneurs utilisées. L'utilisation d'arômes alimentaires ou dans le cas de notre étude d'HE a pour but de renforcer les saveurs et les odeurs particulières à chaque denrée alimentaire qui sont naturellement perceptibles en bouche ou par l'odorat. Cependant, les arômes alimentaires ne servent plus uniquement, de nos jours, d'exhausteurs de goût, ils permettent également de créer de nouveaux parfums et arômes inédits. Ils se retrouvent dans de nombreux produits que nous consommons chaque jour car ils sont notamment ajoutés aux aliments dans le processus de fabrication. Il est d'ailleurs assez difficile de les débusquer tant il y en a.

Mais sont-ils inoffensifs pour notre organisme ? Quels sont leurs effets sur notre santé ?

Pour répondre à ces questions, il est nécessaire de réunir les données permettant de mesurer l'impact sanitaire de ces substances aromatisantes auprès des consommateurs. Pour cela, des résultats concernant l'exposition alimentaire et d'autres considérations importantes (allergies, irritations, ...) sont nécessaires afin d'évaluer si des préoccupations spécifiques concernant le potentiel toxique existent. La probabilité de développer des effets toxiques est plus élevée pour les consommateurs dans le contexte d'une utilisation régulière et donc d'une exposition chronique. Afin de s'assurer que chaque complexe d'arômes naturels est évalué de manière exhaustive, le groupe d'experts de l'EFSA continue d'évaluer les arômes et les substances aromatisantes en collaboration avec les industriels.

## II. Caractérisation bibliographique des impacts délétères et bénéfiques des arômes

### A. Impact sanitaire

#### 1) Arômes naturels et de synthèse

##### a. Liste

Après avoir établi que l'utilisation sans encadrement de quantités infimes d'arômes alimentaires représente un danger, l'EFSA a lancé en 2007 un programme de contrôles scientifiques portant sur quelques 3 000 aromatisants alimentaires utilisées au sein de l'union européenne [37]. Un groupe scientifique (groupe FAF) est ainsi chargé d'évaluer la sécurité des substances chimiques ajoutées aux aliments (additifs alimentaires et arômes) et l'exposition des consommateurs à ces substances [38]. Leurs évaluations portent à la fois sur les substances aromatiques déjà commercialisées et sur les dossiers d'autorisation pour de nouveaux arômes [39]. Les arômes sont répartis en 48 groupes chimiques étudiés séparément [37].

Sur la base de ce travail, l'Union Européenne a décidé quelles étaient les substances pouvant être admises sur une liste dite positive (Règlement (CE) 1334/2008 du parlement européen et du conseil du 16 décembre 2008, Annexe 1). Cette liste établie en octobre 2012 regroupe aujourd'hui plus de 2 500 substances aromatisantes dites autorisées. Pour certaines, cette autorisation est provisoire, jusqu'à ce que les procédures d'évaluation des risques et d'autorisation soient terminées [40], [41]. Cette liste est mise à jour chaque année, et fixe des délais pour la présentation de nouvelles données par l'industrie [40].

##### b. Exposition

Un outil a été développé pour l'évaluation de l'exposition chronique aux additifs présents dans l'alimentation, dont font partie les arômes. Il s'agit du modèle d'absorption des additifs alimentaires 2.0 (FAIM) qui permet aux utilisateurs d'estimer l'exposition moyenne et élevée aux additifs alimentaires pour différents groupes de population dans plusieurs pays européens [42]. Cet outil est destiné aux pétitionnaires, aux évaluateurs du risque ou les gestionnaires du risque qui souhaitent estimer l'exposition à de nouveaux additifs alimentaires, ou à des additifs alimentaires déjà autorisés pour lesquels une nouvelle utilisation est proposée. Les résultats du calcul de l'exposition sont générés pour différents groupes de population (par exemple les nourrissons, les jeunes enfants, les adultes, etc.) et pour différents pays. Les données effectives de consommation alimentaire ont été

collectées auprès des États membres de l'UE et sont stockées dans la base de données exhaustive de l'EFSA sur la consommation alimentaire européenne [43].

Dans la base de données de l'EFSA, les enquêtes alimentaires et les données de consommation pour chaque pays sont divisées par catégorie, en fonction de l'âge – du nourrisson aux adultes âgés de 75 ans ou plus –, du groupe alimentaire (plus de 2 500 groupes) et du type de consommation, couvrant à la fois un mode de consommation régulier ou élevé, permettant ainsi d'adapter les calculs à chaque catégorie de consommateurs. Les statistiques sur la consommation alimentaire sont données en grammes par jour (g/jour) et en grammes par jour et par kg de poids corporel (g/kg de pc par jour). Les statistiques pour la consommation alimentaire chronique sont disponibles pour la population totale ainsi que pour les consommateurs dans les différentes catégories alimentaires. Les statistiques pour la consommation aiguë sont disponibles pour l'ensemble des jours ou pour les jours de consommation uniquement.

#### c. Détermination des seuils préoccupation toxicologique (EFSA)

Il est possible de détecter un nombre croissant de substances présentes en faibles et très faibles concentrations dans l'alimentation humaine et animale, grâce à des méthodes analytiques plus sophistiquées. Cependant, les données de toxicité disponibles pour bon nombre de ces substances font défaut ou n'existent pas.

L'approche TTC (*Threshold of Toxicological Concern*) dite du seuil de préoccupation toxicologique est actuellement utilisée par l'EFSA en Europe, par la FDA (*Food and Drug Administration*) aux États-Unis, par le JECFA (comité mixte d'experts en additifs alimentaires de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et de l'Organisation mondiale de la santé), par le précédent CSAH (comité scientifique de l'alimentation humaine) de la Commission européenne ainsi que par l'Agence européenne des médicaments dans le cadre de l'évaluation des substances aromatisantes. Cette approche a été développée au cours des 25 dernières années par des scientifiques chargés de l'évaluation des risques chimiques pour évaluer qualitativement les risques associés à de faibles concentrations de substances dans l'alimentation [44],[45].

L'approche TTC est importante pour l'évaluation initiale d'une substance pour déterminer si une évaluation complète des risques est nécessaire. Les valeurs TTC ont été déterminées à partir d'une base de données de la classification de Cramer contenant 613 produits chimiques avec 2 941 NOAEL (*non observed adverse effect level*, dose sans effet toxique

observable) pour des substances ayant des structures chimiques et des potentiels toxiques similaires. Pour chacun des 613 produits chimiques, la NOAEL la plus conservatrice a été sélectionnée en fonction de l'espèce la plus sensible, de la souche et du critère d'effet le plus sensible [44].

Les doses subchroniques ont été divisés par un facteur de trois pour extrapoler à une dose chronique. La NOAEL du 5e centile (en mg/kg de poids corporel (pc) par jour) a été calculée pour chaque classe structurelle et elle a été convertie en dose pour une personne de 60 kg suite à l'application d'un facteur d'incertitude de 100 fois, qui est le facteur par défaut utilisé pour établir des valeurs guides fondées sur la santé pour les produits chimiques à l'aide des données de toxicité provenant d'études sur les animaux, pour calculer la valeur « t » TTC. Cette approche a permis de déterminer les valeurs TTC de 30, 9,0 et 1,5 g/kg pc par jour correspondant respectivement aux classes Cramer I, II et III. Suite à une étude de Kroes et al. en 2004, le comité scientifique de l'EFSA a procédé à une analyse plus approfondie des organophosphorés et des carbamates ainsi que des substances potentiellement génotoxiques [46]. Cette analyse a permis de déterminer une valeur TTC de 0,3 µg/kg pc par jour (18 ug/personne par jour) pour les organophosphorés et des carbamates et une valeur TTC de 0,0025 µg/kg p.c. par jour (0,15 µg/personne par jour) pour les substances potentiellement génotoxiques [44].

Les différentes valeurs seuils TTC en µg/personne par jour et en µg/kg de poids corporel sont reprises dans le tableau 3 pour les substances appartenant aux classes de Cramer I, II et III ainsi que pour les deux rubriques nouvellement ajoutées. Cependant si une substance dépasse la valeur fixée par l'approche TTC de la classe à laquelle elle appartient alors elle ne devrait pas être utilisée et une évaluation complète des risques devrait être réalisée sur la base de ces données.

**Tableau 3 : Valeurs TTC, classification des substances [44].**

<b>Classification</b>	<b>TTC value in µg/person per day</b>	<b>TTC value in µg/kg bw per day<sup>(a)</sup></b>
Potential DNA-reactive mutagens and/or carcinogens	0.15	0.0025
Organophosphates and carbamates	18	0.3
Cramer Class III	90	1.5
Cramer Class II	540	9.0
Cramer Class I	1,800	30

Si la composition chimique de la substance est connue, le risque potentiel pour la santé peut être évalué par rapport au seuil normal d'exposition humaine (« valeur TTC »). Les

substances ont été regroupées en trois grandes catégories : toxicité faible, modérée et élevée. Elles sont évaluées en conformité avec le principe de précaution, en comparant la valeur TTC appropriée avec des données fiables sur l'exposition humaine. Si une personne est exposée à une substance inférieure à la valeur TTC, la probabilité d'effets néfastes est considérée comme très faible.

#### **Avant d'appliquer l'arbre de décision TTC :**

- 1) Effectuer une recherche bibliographique des données de toxicité pour la substance considérée (ou un analogue structurel) et décider si des données suffisantes sont disponibles pour une substance spécifique évaluation des risques (y compris les considérations de références croisées). Si la substance est un membre d'un groupe qui dispose de données de toxicité bien établies, l'approche TTC n'est pas applicable.
- 2) Vérifiez si la substance considérée relève de la législation de l'UE relative aux denrées alimentaires et aux aliments pour animaux qui nécessite la soumission de données de toxicité. Si tel est le cas, l'approche TTC n'est pas applicable.
- 3) Vérifiez si la substance considérée relève de l'une des exclusions actuelles catégories (voir la section 3.3). Si tel est le cas, l'approche TTC n'est pas applicable.

Les catégories d'exclusion sont :

- Substances non représentées dans la base de données ou hors du domaine d'applicabilité :
  - Substances inorganiques
  - Protéines
  - Nanomatériaux
  - Substances radioactives
  - Substances organosiliciées
  - Métaux sous forme élémentaire, ionique ou organique. Cependant, dans le cas des sels organiques, lorsque le contre-ion est un métal essentiel (par exemple le sodium), le comité scientifique recommande que l'approche TTC pourrait être appliquée à l'ion organique.
  - Mélanges de substances qui contiennent des structures chimiques à la fois connues et inconnues.
- Substances aux propriétés spéciales :
  - Cancérogènes hautement puissants : substances de type aflatoxine, azoxy ou N-nitroso et benzidines
  - Stéroïdes

- Substances présentant un potentiel de bioaccumulation (voir Comité scientifique de l'EFSA 2012b, Section 4.4.2.4) Cela inclut des substances telles que les polyhalogéno-dibenzodioxines, les -dibenzofuranes et -biphényles [44].

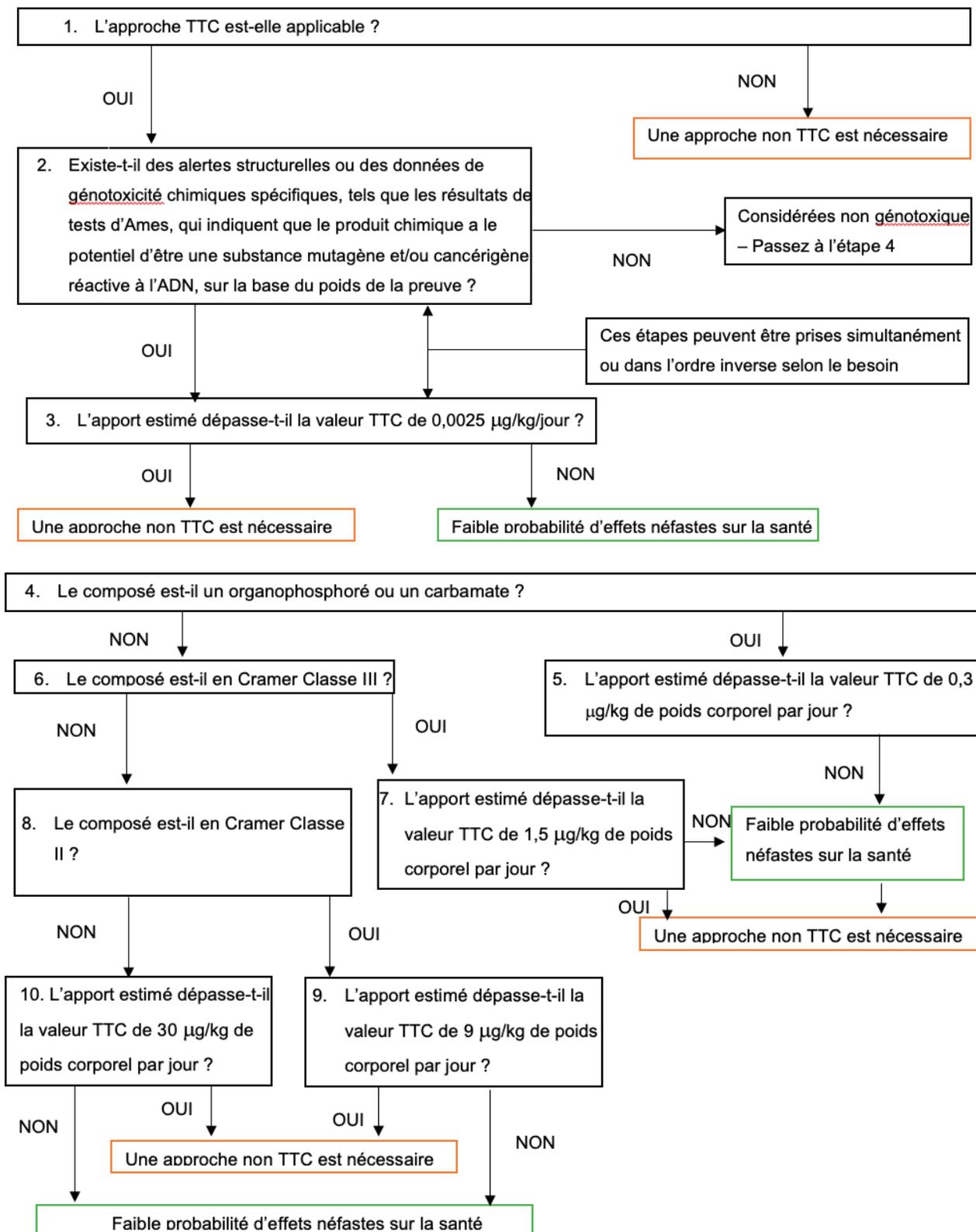


Figure 7 : Arbre de décisions de l'approche TTC [44]

L'approche TTC qui s'applique aux arômes alimentaires a été évaluée au niveau de sa pertinence et de sa fiabilité pour l'évaluation des risques possibles pour la santé humaine par l'EFSA. Néanmoins, elle ne remplacera pas l'évaluation complète des risques associés aux produits réglementés tels que les pesticides ou les autres additifs alimentaires utilisés en alimentation humaine et animale, pour lesquels la législation exige la soumission de données toxicologiques précises.

#### d. Personnes à risques

Sur la base de ses travaux, l'EFSA considère que l'approche TTC permet de protéger les bébés et les enfants de façon adéquate [45]. De façon générale, ceci s'explique par le fait que les valeurs TTC sont exprimées sur la base du poids corporel et donc, qu'elles tiennent compte du poids inférieur des bébés et des enfants. L'EFSA a également noté que, dans les premières semaines de vie, les nourrissons sont capables de métaboliser et d'éliminer des substances, en particulier quand les expositions sont faibles, et que les différences entre les jeunes nourrissons et les enfants ou les adultes à cet égard sont assez faibles pour ne pas invalider l'utilisation de l'approche TTC. Toutefois, l'EFSA recommande que, si l'exposition estimée se situe dans la fourchette de la valeur TTC pour les jeunes nourrissons, d'autres aspects – tels que la métabolisation anticipée ou la fréquence et la durée de l'exposition – doivent être évalués au cas par cas pour déterminer si l'approche TTC pourrait s'avérer fiable.

#### e. Effets néfastes sur la santé

En 2015, les auteurs Patrick Van Zwanenberg et Erik Millstone ont publié un article « *Taste and Power: The Flavouring Industry and Flavour Additive Regulation* » qui retrace le développement des méthodes utilisées par les agences de régulations dans le monde pour l'évaluation de la sécurité des arômes [47]. Depuis des décennies, ces approches diffèrent de celles utilisées pour évaluer l'innocuité des autres catégories d'additifs alimentaires, tels que les colorants, les édulcorants et les conservateurs. En effet, alors que ces derniers sont généralement soumis à une série de tests toxicologiques visant à déterminer différentes formes de toxicité (aigüe, subchroniques et chroniques) possibles, les arômes sont évalués sur une approche qui n'implique que peu de tests, la méthode TTC présentée précédemment.

Des chercheurs d'une équipe brésilienne se sont intéressés aux arômes alimentaires et plus particulièrement aux arômes sucrés synthétiques qui seraient moins étudiés d'un point de

vue toxicologique [2]. Ils ont choisi d'évaluer l'activité cytotoxique et génotoxique à l'aide de tests rapides, faciles et efficaces. Leur objectif est d'aider à améliorer la réglementation sur ces substances. Ce qui interpelle les auteurs est que bien que l'EFSA déclare que la formulation de tout arôme alimentaire naturel ou synthétique est normalisée dans le monde entier, sans aucun changement dans les formulations chimiques pour les différentes marques de produits, les documents techniques des agences de surveillance alimentaire ne distinguerait pas les concentrations de chaque composé dans les formules des arômes, ni la dose journalière admissible (DJA) pour la population [48], [49].

Deux méthodes ont été mises en œuvre par l'équipe Brésilienne pour évaluer la cytotoxicité et la génotoxicité de différents arômes :

**La première méthode** utilisée est un essai biologique avec des plantes considéré comme sensible et simple. Il permet d'évaluer la toxicité au niveau cellulaire au moyen de la région méristématique des racines d'*Allium cepa* L. (oignon) [2]. Ce test est un dépistage initial de la cytotoxicité, de la génotoxicité et de la mutagénicité des produits chimiques. Ce modèle présente de bonnes propriétés cinétiques de prolifération et possède un nombre réduit ( $2n = 16$ ) de grands chromosomes, ce qui facilite la détection des aberrations cellulaires et la vérification des changements de la vitesse de division cellulaire (indice mitotique) dans les tissus exposés aux composés chimiques d'intérêt.

Des bulbes d'oignons sont placés dans des flacons d'eau distillée, aérés et à température ambiante (25 °C) pour obtenir des racines d'environ 2,0 cm. Pour l'analyse de chaque dose, un groupe expérimental avec cinq bulbes d'oignons est constitué. Pour un même oignon, des racines sont récoltées pour servir de contrôle du bulbe lui-même et les racines restantes sont placées dans la solution d'exposition. Une partie de ces racines est retirée de la solution après 24 heures et une autre partie après 48 heures. Ces temps d'expositions sont choisis pour évaluer les effets des doses sur plus d'un cycle cellulaire. Lors de la récupération des racines, celles-ci sont fixées dans du Camoy 3:1 (éthanol : acide acétique) à température ambiante pendant 24 heures. En moyenne, trois racines par bulbe ont été ramassées pour chaque collection de racines. Pour chaque collection de racines, des différents temps d'exposition, 3 lames par bulbe ont été analysées comportant en moyenne 330 cellules ce qui représente un total d'environ 1 000 cellules par bulbe et de 5 000 cellules par groupe. Les lames ont été colorées avec deux gouttes d'orcaine acétique à 2 % et examinées au microscope optique à un grossissement de 40x.

Le potentiel cytotoxique des cellules a été évalué en observant les différentes phases du cycle cellulaire (interphase, prophase, métaphase, anaphase et télophase). Le nombre de cellules en interphase et en division pour chaque contrôle et temps d'exposition est compté et l'indice de division cellulaire ou l'indice mitotique (MI) est calculé comme suit : nombre de cellules en division dans chaque traitement/nombre total de cellules analysées pour chaque dose seule ou combinée) x 100. Le potentiel génotoxique des doses est également évalué en analysant le nombre de cellules micronucléées en métaphase de la colchicine, le nombre de ponts anaphase et télophase, les amplifications géniques, les cellules avec adhérences, les bourgeons nucléaires et les anaphases multipolaires. L'analyse des résultats est réalisée par le test du Chi-deux ( $\chi^2$ ) ou Chi carré avec un intervalle de confiance de 5%.

**La deuxième méthode** est le test du micronoyau dans la moelle osseuse des rongeurs qui est une méthode largement utilisée et internationalement reconnue par les organismes de réglementation comme test de génotoxicité *in vivo* [1]. Ce test permet, en déterminant la fréquence des érythrocytes micronucléés, de déduire si les substances ou produits chimiques testés provoquent des troubles, tels que des ruptures et des ponts chromosomiques et/ou des retards chromosomiques lors de la division cellulaire et également d'évaluer la cytotoxicité de substances par la réduction de l'érythropoïèse dans le tissu analysé.

Dans les articles ayant mis en œuvre cette méthode les arômes ont été administré directement aux animaux et non dilués afin de conserver la formulation chimique et la concentration des composés chimiques des arômes. Les doses étaient définies en mL d'arôme/kg de poids corporel. Des souris suisses (*Mus musculus L.*), mâles et femelles de trois mois et de 50 g de poids corporel moyen, ont été utilisées avec un groupe témoin négatifs d'animaux non traités, un groupe contrôle positif d'animaux traités avec 50 mg/kg de cyclophosphamide et un groupe par dose d'arôme évaluée. Dans chaque groupe expérimental, trois souris ont été sélectionnées au hasard selon le sexe. Les micro-ingrédients ont été administrés par gavage en une seule application quotidienne pendant sept jours via une seringue pour l'administration orale de petites doses. Les souris du groupe témoin positif ont reçu du cyclophosphamide à 50 mg/Kg i.p., seulement 24 heures avant le sacrifice. Au huitième jour, après sacrifice par luxation cervicale, les fémurs ont été retirés par chirurgie pour extraction de moelle osseuse.

La moelle osseuse extraite a été insérée dans un milieu pour caryotypage et une goutte de la suspension obtenue de chaque animal a été étalée sur une lame par frottis. Le matériau

des lames a été fixé dans du méthanol puis colorées avec du Giemsa dilué. Le matériel de moelle osseuse a été examiné par microscopie à immersion dans l'huile et le potentiel mutagène a été évalué dans 1 000 érythrocytes polychromatiques (ECP) par animal pour vérifier la fréquence des cellules micronucléées. Pour déterminer la cytotoxicité et la génotoxicité, un total de 400 érythrocytes polychromatiques (PCE) et normochromatiques (ENC) ont été comptés, par animal (200/lame) et l'enregistrement de la fréquence des PCE a été calculé en utilisant la formule :  $PCE/PCE + NCE$ . Les données obtenues à partir des tests sur les animaux ont été évaluées par ANOVA suivie par le test de Tukey une pvalue inférieure à 0,05.

Le tableau 4 est une synthèse des résultats obtenus par l'équipe du département des sciences biologiques, de l'Université fédérale de Piauí au Brésil. Différents arômes de synthèse ont été étudiés, identiques aux naturels (fraise, lait concentré, chocolat, cheddar, fromage, fruit de la passion, raisin, prune, orange) et artificiels (chocolat, vanille, tutti-frutti, cookie). Les deux méthodes utilisées pour étudier la cytotoxicité et la génotoxicité étaient l'essai biologique avec l'*Allium Cepa* et l'essai sur les cellules de moelle osseuse murine. Les temps d'exposition étaient de 24 et 48 heures et les gammes de doses varient selon les études entre 0.2 mL/kg et 10mL/kg. La totalité des arômes testés s'est avérée cytotoxiques pour au moins une dose et un temps testé, cela ayant été déterminé par une baisse de l'indice mitotique ou une diminution de l'érythropoïèse selon le test. Quelques arômes ont eu des effets génotoxiques avec l'apparition de micronoyaux à au moins une dose et un temps d'exposition testé. Dans le modèle végétal, il s'agissait des arômes identiques au naturel : fruit de la passion, raisin et prune et de l'arôme artificiel vanille. Dans le modèle murin, il s'agissait des arômes identiques au naturel : fraise, raisin, et des arômes artificiels : chocolat et cookie. Ces résultats semblent indiquer une nécessité d'études complémentaires pour ces arômes présents sur le marché et distribués à l'échelle nationale du Brésil mais également au niveau international.

**Tableau 4 : Evaluation de la cytotoxicité et de la génotoxicité d'arômes de synthèse**

Arômes	Type	Doses testés	Temps d'exposition	Modèle	Cytotoxicité / Toxicité	Génotoxicité	SOURCE
Fraise	Identique au naturel	0.2 0.4 0.6 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (3 doses et 2 temps)	NON	Marques 2015 [2]
		0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	24 et 48 H	Souris	Souris mortes avec 2,0, 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	Micronoyaux (1.0 mL/kg)	Sales 2017 [1]
Lait concentré	Identique au naturel	0.2 0.4 0.6 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (0.6 mL/kg 48H)	NON	Marques 2015 [2]
Chocolat	Identique au naturel	0.2 0.4 0.6 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (0.4 mL/kg 48H et 0.6 mL/kg 24 et 48H)	NON	Marques 2015 [2]
	Artificiel	0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	24 et 48 H	Souris	Souris mortes avec 2,0, 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	Micronoyaux (0.5 et 1.0 mL/kg)	Sales 2017 [1]
Cheddar	Identique au naturel	1.0 2.0 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (2 doses et 2 temps)	NON	Moura 2016 [49]
Fromage	Identique au naturel	1.0 2.0 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (2 doses et 2 temps)	NON	Moura 2016 [49]
Vanille	Artificielle	0.2 0.4 0.6 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (3 doses et 2 temps)	Micronoyaux (0.6 mL/kg 24 et 48H)	Nunes 2017 [48]

		0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	24 et 48 H	Souris	Souris mortes avec 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 1.0 et 2.0 mL/kg	NON	Sales 2017 [1]
Fruit de la passion	Identique au naturel	0.2 0.4 0.6 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (0.2 mL/kg 48H ; 0.4 0.6 mL/kg 24 et 48H)	Micronoyaux (3 doses et 2 temps)	Nunes 2017 [48]
		0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	24 et 48 H	Souris	Souris mortes avec 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 1.0 et 2.0 mL/kg	NON	Sales 2017 [1]
Raisin	Identique au naturel	3.5, 7.0 et 14.0 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (3.5 mL/kg 48H ; 7.0 14.0 mL/kg 24 et 48H)	Micronoyaux (3.5 mL/kg 48H ; 7.0 14.0 mL/kg 24 et 48H)	Sales 2017 [50]
		0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	7 jours	Souris	Souris mortes avec 2,0, 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	Micronoyaux (0.5 et 1.0 mL/kg)	
Prune	Identique au Naturel	3.5, 7.0 et 14.0 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (3 doses et 2 temps)	Micronoyaux (3 doses et 2 temps)	Sales 2017 [50]
		0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	7 jours	Souris	Souris mortes avec 2,0, 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	NON	
Orange	Identique au naturel	3.5, 7.0 et 14.0 mL/kg	24 et 48 H	<i>Allium Cepa</i>	Réduction du taux de division cellulaire (3 doses et 2 temps)	NON	Sales 2017 [50]

		0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	7 jours	Souris	Souris mortes avec 2,0, 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	NON	
Tutti-frutti	Artificiel	0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	24 et 48 H	Souris	Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	NON	Sales 2017 [1]
Cookie	Artificiel	0.5 1.0 2.0 5.0 et 10.0 mL/kg	24 et 48 H	Souris	Souris mortes avec 2,0, 5,0 et 10,0 mL/kg avant 7 jours Cytotoxicité pour les doses 0.5 et 1.0 mL/kg	Micronoyaux (1.0 mL/kg)	Sales 2017 [1]

## 2) Huiles Essentielles

### a. Liste

De nombreuses HE sont utilisées traditionnellement dans l'alimentation humaine, notamment comme arômes [51]. Néanmoins, il n'existe pas, à ce jour, de liste exhaustive des HE traditionnellement mises en œuvre en alimentation humaine. Cette liste est d'autant plus complexe à établir que la qualité d'une HE dépend non seulement de sa matière première végétale mais aussi de son chémotype. De plus, les substances contenues dans les HE possédant des propriétés particulières et des risques toxicologiques spécifiques, cela rend également complexe un classement des huiles les plus dangereuses. Il n'existe donc que peu de règles générales concernant une évaluation des risques sanitaires. Cependant, pour faciliter leur emploi, notamment dans les compléments alimentaires, la DGCCRF a dressé une « liste HE » qui répertorie les plantes dont sont extraites des HE et dont l'usage en alimentation humaine est considéré comme étant traditionnel (menthe verte, romarin, origan, thym...) [51]. Une autre liste est également disponible qui répertorie elle à l'inverse les plantes dont les HE ne peuvent pas être utilisées dans l'alimentation (moutarde noire, muscadier aromatique...).

### b. Exposition

Le même outil que celui développé pour l'évaluation de l'exposition chronique aux additifs présents dans l'alimentation devrait être utilisé : le modèle d'absorption des additifs alimentaires 2.0 (FAIM) [42].

### c. Détermination des seuils préoccupation toxicologique (EFSA)

De la même manière que pour les arômes, les HE sont considérées comme des substances aromatisantes par l'EFSA. De ce fait, les seuils de préoccupation toxicologiques sont évalués selon la méthode TTC précédemment présentée pour les arômes (cf. partie arôme c) [44]. Les HE étant distribuées en officine, il existe également des données d'évaluation de la toxicité par voie orale chez le rat ou la souris [52]. La majorité des HE bénéficient donc d'une DL<sub>50</sub> (Dose Létale 50) qui est la dose entraînant le décès de 50% des individus. Plus la DL<sub>50</sub> est faible plus la substance est toxique [53]. Une DL<sub>50</sub> supérieure à 5g/Kg chez l'animal, par exemple, correspond à une dose létale de plus de 350g chez l'homme (poids corporel environ 70Kg). L'échelle de Hodge et Sterner est couramment utilisée pour classer les molécules selon leur degré de toxicité en fonction des DL<sub>50</sub> orale mesurées chez le rat (tableau 5).

**Tableau 5 : l'échelle de Hodge et Sterner [54]**

DL <sub>50</sub> orale (rat)	Indice de toxicité
Jusqu'à 1 mg/kg	1 = extrêmement toxique
De 1 à 50 mg/kg	2 = hautement toxique
De 50 à 500 mg/kg	3 = modérément toxique
De 500 à 5 000 mg/kg	4 = légèrement toxique
De 5 000 à 15 000 mg/kg	5 = presque pas toxique
Plus de 15 000 mg/kg	6 = relativement inoffensif

La majorité des HE couramment utilisées ont une DL<sub>50</sub> de 2 à 5 g/kg, quelques exemples de DL<sub>50</sub> d'HE à usage alimentaire mesurées chez le rat sont données dans le tableau 6 [52]. Les valeurs peuvent être issues d'études du composé majoritaire de l'HE comme pour la bergamote. Les sept HE pour lesquelles les valeurs sont données sont comprises entre 1 et 15 mg/kg et sont donc considérées comme légèrement toxique ou presque pas toxique dans l'échelle de Hodge et Sterner. Bien que la DL<sub>50</sub> permette d'avoir une idée de la toxicité d'une HE, il faut toutefois se rappeler que ce n'est pas irréfutable [52]. Elle peut varier selon le modèle animal utilisé, les laboratoires d'étude, les voies d'administration. De plus, la DL<sub>50</sub> n'est représentative que d'une intoxication aiguë et non chronique, ce qui ne permet pas de déterminer un risque pendant la grossesse ou les risques de carcinogénèse. Autre biais, la DL<sub>50</sub> ne mesure la toxicité que d'un composé chimique pur, or une HE étant un mélange de composés il peut y avoir une synergie d'action et de toxicité.

**Tableau 6 : Exemples de DL<sub>50</sub> pour quelques huiles essentielles à usage alimentaire**

Huiles essentielles	Fenouil [55]	Bergamote ( <i>Linalyl acetate</i> ) [56]	Giroflier [53]	Menthe Poivrée [57]	Arbre à Thé [58]	Eucalyptus globuleux [53]	Citronnier [59]
DL <sub>50</sub> (g/Kg) Orale (Rat)	3,12	14,55, 13,93	2.65	2,43	1,4-2,7	4,44	>5

#### d. Personnes à risques

L'usage des HE est déconseillé voire contre-indiqué chez les nourrissons, aux enfants de moins de 7 ans, aux femmes enceintes ou allaitantes [52]. En effet, celles-ci pourraient traverser la barrière placentaire et engendrer des effets néfastes sur la croissance du fœtus lors de la grossesse et la majorité d'entre-elles passant dans le lait maternel pourraient également nuire aux nourrissons [14]. Néanmoins, s'agissant des HE utilisées dans l'alimentation, celles qui sont autorisées sont reconnues sans danger pour la santé des consommateurs. La contre-indication concerne donc l'usage thérapeutique notamment par voie orale mais pas l'usage alimentaire. Dans le tableau 7, il y a des HE autorisées pour l'usage alimentaire qui sont contre indiquées pendant les trois premiers mois de la grossesse (arbre à thé, bergamote...) ou toute la grossesse et l'allaitement (giroflie menthes...) Dans le tableau 8, il y a également des HE autorisées dans l'alimentation mais contre indiquées chez l'enfant (menthes, origans, persils...), à utiliser avec précaution chez l'enfant (giroflie), interdites aux bébés mais utilisables chez l'enfant de plus de 6 ans (eucalyptus globuleux, menthe poivrée). Est-ce qu'en respectant les valeurs seuils TTC fixées pour l'usage alimentaire, l'absence d'effets nocifs est réelle pour les consommateurs considérés à risque en usage thérapeutique ?

**Tableau 7 : Liste d'huiles essentielles contre indiquées pendant la grossesse et pendant l'allaitement [14]**

Les HE contre indiquées pendant les 3 premiers mois de la grossesse *	Les HE contre indiquées pendant toute la grossesse et pendant l'allaitement *
Arbre à thé Basilic, Bergamote Camomille, Citron Estragon, Eucalyptus citronné Genévrier, Gingembre Laurier, Lavande Mandarine, Myrrhe amère Oranger Rose Verveine citronnée Ylang-Ylang	Absinthe, Aneths, Anis étoilé, Armoises Balsamite, Basilic camphré, Boldo Cannelle, Cèdres, Céleri cultivé, Curcuma Giroflie Hélichryse, Hysope officinale Lavande stoechade Menthes, Moutarde noire Origans Persils Romarin à camphre Sapin blanc, Sauges Thuya

\* Listes non exhaustives

**Tableau 8 : Liste des huiles essentielles contre indiquées chez les enfants [14]**

HE contre indiquées chez l'enfant *		HE à utiliser avec précautions chez l'enfant *	HE interdites aux bébés mais utilisables chez l'enfant de plus de 6 ans*
Absinthe Achillées Acores Aneths Anis étoilé (badiane) Anis vert Armoises Balsamite Basilic camphré Boldo Buchus Calaments Camphrier du Japon Cannelles Carvi Cèdres Chénopode Curcuma Cyprès bleu Eucalyptus dives Eucalyptus polybractea	Germandrées Hysope officinale Lantana Lavande stoechade Menthes Moutarde noire Muscade Myrique baumier Origans Persils Ravensare anisé Romarin à camphre Romarin à verbénone Rue odorante Santoline Sassafras Sauges Souchet Tagète Thuya Zédoaire	Giroflier Hélichryse Niaouli	Eucalyptus globuleux Menthe poivrée

\*Listes non exhaustives

#### e. Effets néfastes sur la santé

Les HE principalement utilisées dans l'industrie alimentaire sont la cannelle, l'agrumes, le clou de girofle, la citronnelle, la coriandre, l'origan, la sauge, le piment, le thym et le romarin, et seuls de faibles pourcentages des HE sont tolérables dans les aliments [10]. Certains composants chimiques présents dans les HE sont homologués et reconnus comme sains dans les pays de l'Union européenne. Il s'agit du carvacrol, du carvone, du cinnamaldéhyde, du citral, du p-cymène, de l'eugénol, du limonène, du menthol et du thymol qui sont inclus dans l'annexe I du règlement Arôme de 2008. Bien que les HE soient enregistrées comme GRAS par la FDA aux Etats-Unis, l'ingestion de fortes doses peut induire de graves problèmes de toxicité [60]. C'est pourquoi, il est nécessaire d'adapter les doses aux risques de toxicité. De plus, en fonction de la composition chimique qui est liée à la plante source ou à son terrain de cultivation, la toxicité peut varier [10].

Les HE autorisées dans l'alimentation sont considérées comme sûres, il n'y a donc en théorie pas de dangers vis-à-vis de la santé des consommateurs. Le danger pourrait cependant être questionné en cas de surdosage. Les HE consommés pure de manière excessive par voie orale peuvent engendrer différents types de toxicité :

- **Neurotoxicité** : Les HE contenant des cétones ont une forte affinité pour les lipides, elles sont capables de passer la barrière hémato-encéphalique et d'avoir une action

lipolytique sur les gaines de myéline et provoquent une perturbation électrique des neurones [14]. Les troubles neurologiques engendrés peuvent être des convulsions, agitations, somnolences et crises épileptiformes, voire coma [54]. Ex : persil, eucalyptus.

- **Toxicité digestive** : Les HE peuvent parfois irriter voire inflammer la muqueuse digestive [54]. Les plus susceptibles de causer des irritations sévères sont celles contenant du cinnamaldéhyde, de l'eugénol, du carvacol ou du thymol.
- **Hépatotoxicité** : Les HE riches en phénols et aldéhydes peuvent avoir une toxicité pour le foie après une exposition prolongée et à forte dose (0.5 à 1 g/jour pendant plus de 15 jours) [14], [54]. Ex : cannelle, thym, menthes.
- **Néphrotoxicité** : Les HE riches en monoterpènes peuvent enflammer et dégrader à terme les néphrons [14]. Ex : genévrier, pins, cyprès.
- **Effet hormone-like** : Les HE riches en sesquiterpénols possèdent une structure moléculaire proche des hormones du corps humain et peuvent mimer leur activité. Elles pourraient avoir des effets lors de la grossesse [14], [54]. Ex : eucalyptus, cyprès.
- **Embryotoxicité** : Les HE peuvent être toxiques pour les fœtus. Ex : giroflier, origan, cannelle [54].
- **Allergisant** : Les HE peuvent provoquer des réactions allergiques, notamment celles contenant de l'eugénol [10], [54]. Ex : lavande, eucalyptus, clou de girofle.

#### f. Aspects bénéfiques (santé, thérapeutique, ...)

Les huiles essentielles sont utilisées pour améliorer un état de santé, soulager voire guérir certains maux du quotidien comme le mal de gorge, la migraine, l'acné, les douleurs abdominales [14]... La voie orale est privilégiée pour traiter des infections digestives, respiratoires, urinaires ou gynécologiques. En général, l'administration d'une HE par voie orale s'effectue uniquement sur prescription médicale. Les gouttes à avaler nécessitent leur incorporation à un support tel que du miel ou un comprimé neutre disponible en pharmacie. De nombreux bienfaits sont attribués à des huiles essentielles autorisées dans l'alimentation [14] :

- **Propriétés antibactériennes, antivirales** : Les huiles essentielles sont considérées comme des « antibiotiques naturels » qui ne provoquent pas de résistances. Elles capables de détruire les fonctions de base des bactéries ou de rendre leur environnement nocif. Elles peuvent également être antivirales. Certaines familles

chimiques sont responsables de ces propriétés tels que les monoterpénols, les cétones et les aldéhydes [61]. Ex : arbre à thé, ylang-ylang, cannelier de Ceylan, citron, mandarine, citronnelle de Java, eucalyptus globuleux, eucalyptus radié, hélichryse italienne, génevrier...

- **Propriétés antifongiques** : les huiles essentielles notamment les alcools monoterpéniques peuvent traiter efficacement les infections fongiques (buccales, vaginales) [57]. Ex : arbre à thé, oranger, eucalyptus globuleux, lavande vraie, origan compact
- **Propriétés antiseptiques** : les huiles essentielles ont des propriétés assainissantes et peuvent désodoriser et désinfecter, il s'agit essentiellement des terpènes et des alcools à cinéole [47]..
- **Propriétés calmantes** : La plupart des huiles essentielles ont une activité analgésique et réduisent la sensibilité à la douleur (girofler) elles peuvent également diminuer le stress et l'anxiété, notamment celles riches en esters et éthers, exemples : ylang-ylang, camomille romaine, citron, mandarine, oranger, girofler, laurier sauce, lavande vraie...
- **Propriétés anti-inflammatoires** : contre les rhumatisme (citronnelle de Java, hélichryse italienne, génevrier, laurier sauce...), traitement des phlébites (hélichryse italienne)
- **Propriétés digestives** : Les huiles essentielles riches en éthers ont des effets antispasmodiques (cannelier de Ceylan, citronnelle de Java, girofler, laurier sauce, lavande vraie, menthe poivrée...), certaines sont détoxifiantes et hépatoprotectrice (citron, carotte, hélichryse italienne...)
- **Propriétés diurétiques** : génevrier
- **Propriétés cardio-régulatrices** : Ex : ylang-ylang
- **Propriétés décongestionnantes veineuses et lymphatiques, vasodilatrices** : contre les hémorroïdes, varices (cyprès provençal)
- **Propriétés antioxydantes** : Les huiles essentielles possédant des molécules aromatiques anti-oxydantes constitueraient une alternative aux vitamines pour lutter contre les radicaux libres et limiter ainsi leurs impacts négatifs sur l'organisme.

### III. Mises en application

Les HE améliorent le goût, l'odeur et la couleur lorsqu'elles sont ajoutées à la nourriture. Elles servent depuis longtemps d'agent aromatisant dans diverses denrées alimentaires, comme le montre le tableau 9, des produits laitiers aux sucreries ainsi que dans les boissons auxquelles elles apportent une certaine saveur. De nombreuses d'entre-elles ont d'ailleurs déjà été approuvées par le règlement 1334/2008 [64].

**Tableau 9 : Représentation de la répartition des HE dans différents secteurs alimentaires [65]**

<b>Groupe de produits</b>	<b>Participation (%)<sup>a</sup></b>
Boissons non alcoolisées	38
Sucreries	14
"Savoury"-produits <sup>b</sup> , snacks	14
Pâtisserie	7
Produits laitiers	6
Desserts	5
Glaces	4
Boissons alcoolisées	4
Autres	8

<sup>a</sup> indications approximatives

<sup>b</sup> ligne de produits salés, tels que légumes, aromates, viandes

Malgré une utilisation historique dans de nombreux produits, peu d'études scientifiques sont publiées à ce jour afin d'approfondir les connaissances sur les effets aromatisants des HE. Une seule étude concernant l'utilisation des HE en tant qu'arômes dans les denrées transformées semble avoir été publiée à ce jour dans le domaine public.

#### 1) Effet aromatisant

L'étude « *The production of pork with garlic flavour notes using garlic essential oil* » publiée en 2009, vise à réduire l'intensité des saveurs indésirables dans la viande. Un panel d'expert évalue la qualité et les propriétés hédoniques de deux sources différentes de viande de porc et de mouton. L'une a été hachée puis supplémentée d'HE d'ail, l'autre est issue d'un élevage de porc nourri pendant 23 jours avec des denrées contenant de l'HE d'ail puis

hachée. A la suite de ce traitement, des augmentations significatives ont été observées de l'intensité et de la saveur de l'arôme d'ail dans le porc nourri avec un régime contenant l'HE. Ces résultats étaient identiques pour la saveur de mouton. Dans le porc haché puis supplémenté, les résultats montrent qu'avec l'augmentation de la concentration de HE d'ail, une augmentation significative de l'intensité de la saveur de l'ail a été mesurée, une diminution de l'intensité de la saveur de porc et une augmentation de l'acceptabilité de la saveur de l'ail [66].

D'après cette étude, l'inclusion d'HE d'ail dans le régime alimentaire des porcs a amélioré la tolérance de la saveur indésirable dans la viande du porc mais la quantité nécessaire pour produire un effet similaire à la viande hachée était 20 fois plus élevée que lorsqu'elle est ajoutée directement à la viande hachée avant sa cuisson. Cette étude a également montré que les coûts de l'utilisation d'HE d'ail sont équivalents que l'utilisation de l'ail sous ses autres formes (poudre, frais, ...). Les aspects économiques de cette approche devraient donc être pris en compte, en particulier du point de vue du producteur de porc. De plus l'ajout diététique d'HE d'ail pourrait également être bénéfique pour les paramètres immunitaires chez les porcs [66]. Enfin, il faut souligner les propriétés antimicrobiennes de l'ail apportée par la présence de l'allicine (également responsable de la forte odeur d'ail).

## **2) Effet conservateur :**

Les intoxications alimentaires sont un problème de santé publique croissant dans le monde. Un contrôle efficace des agents pathogènes d'origine alimentaire nécessite l'utilisation de multiples techniques de conservation dans la fabrication et le stockage des produits alimentaires. Par ailleurs, la tendance récente des consommateurs à préférer les produits à faible teneur en sel et en sucre présents augmente la nécessité de conservateurs efficaces, étant donné que cette baisse diminue la durée de conservation du produit. Les HE et leurs constituants chimiques se sont montrés efficaces en tant que conservateurs dans les aliments, mais leur utilisation a été limitée car des concentrations élevées sont nécessaires pour atteindre une activité antimicrobienne suffisante. De plus, ces concentrations entraînent souvent des effets organoleptiques négatifs dépassant le seuil de tolérance pour les consommateurs. Ces interactions limitent donc leur application aux aliments épicés où le seuil sensoriel acceptable est relativement élevé.

De nombreuses études font état des nombreuses propriétés conservatrices des HE (et de leurs autres propriétés dans le milieu médical).

#### a. Activité antioxydante

Dans l'étude « *Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils* » publiée en 2007, les viandes de porc et de bœuf ont été traitées avec de l'HE d'origan concentrée à 3% pour évaluer son activité antioxydante après 1, 4, 8 et 12 jours de stockage. Les résultats ont montré que les traitements aux HE réduisaient considérablement l'oxydation, tandis que le traitement thermique et le temps de stockage affectaient significativement l'activité antioxydante de la viande. Le rôle des antioxydants présents dans les huiles essentielles semble être beaucoup plus important dans la viande cuite que dans la viande crue et les protéines de la viande réduisent grandement l'activité antioxydante [67].

L'activité antioxydante de divers composés d'HE a été mesurée à l'aide d'un test d'acide thiobarbiturique dans des systèmes de viande modèles, montrant un potentiel pour protéger la viande de l'oxydation. Le test d'acide thiobarbiturique (TBA) emploie la réactivité du TBA pour mesurer la dégradation autooxydante dans les graisses alimentaires. En comparant les valeurs de ce test entre les échantillons de viande porcine et bovine, les auteurs ont conclu qu'outre l'activité antioxydante des HE, d'autres substances telles que des protéines, présentes dans les échantillons de viande pourraient avoir un effet sur l'activité antioxydante des échantillons. Cela pourrait s'expliquer par le pourcentage plus élevé d'acides gras saturés dans la viande bovine que dans la graisse porcine, connue pour être moins sujette à l'oxydation que les graisses insaturées [67].

#### b. Activité antibactérienne

La review « *Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese* », publiée en 2017, met en jeu plusieurs HE pouvant être appliquées comme agents antimicrobiens naturels des fromages afin de réduire les pertes et la contamination des denrées alimentaires. Les résultats ont montré que les principaux composés tels que le thymol, le carvacrol, l'eugénol, la carvone et le cinnamaldéhyde sont responsables d'une activité antimicrobienne par divers mécanismes tels que l'augmentation de la perméabilité cellulaire, le changement des acides gras membranaires et l'effet sur les protéines membranaires. Outre ces mécanismes, le pouvoir antimicrobien des constituants des HE dépend également du pH, de la température, et du niveau de contamination microbienne. Cependant, la concentration appliquée de ces substances dans les fromages doit être examinée attentivement en raison de leurs éventuels effets négatifs sur les propriétés organoleptiques [64].

De nombreux produits chimiques antibactériens synthétiques ont été utilisés dans les aliments pour prévenir / contrôler la croissance de micro-organismes pathogènes. Les composés antibactériens trouvés dans les plantes naturelles ont commencé à recevoir une grande attention en tant qu'additifs alimentaires plus sûrs. Diverses plantes naturelles sont connues pour avoir une activité antibactérienne. Généralement, les HE suivantes sont rapportées par ordre décroissant d'activités antimicrobiennes :

- Origan
- Girofle
- Coriandre
- Cannelle
- Thym
- Menthe
- Romarin
- Moutarde
- Coriandre / sauge [64].

### c. Activité antifongique

De nouvelles recherches sur les composés actifs biologiques présents dans les huiles des plantes ont été considérées comme un moyen potentiel de contrôler la contamination fongique. L'étude « *Evaluation of antioxidant and antifungal properties of the traditional plants against foodborne fungal pathogens* », publié en 2015, a analysé les caractéristiques antifongiques de certaines plantes traditionnelles, dont *T. vulgaris*, sur les espèces d'origine alimentaire d'*Aspergillus* et de *Penicillium* par plusieurs concentrations en HE de Thym croissante. L'ajout de concentrations croissantes de l'huile a conduit à une croissance des champignons plus faible, montrant un effet de *T. vulgaris* sur l'inhibition du développement fongique. Les résultats, ont démontré que le thymol et le carvacrol ont un potentiel antifongique remarquable, indiquant une plus grande sensibilité d'*Aspergillus spp.* que celle de *Penicillium spp.* [68].

Le mécanisme d'action antifongique par lequel le thymol ou le carvacrol agit n'est pas bien compris. Bien que l'hypothèse d'une perturbation de la membrane et de la paroi cellulaire avec déformation morphologique ait été émise, les activités antifongiques et les capacités réductrices présentées dans les tests d'activité antioxydante indiquent que ces huiles pourraient être des candidats dans les industries alimentaires comme conservateurs de denrées alimentaires contre les champignons d'altération. La saveur et l'odeur de ces HE

aux concentrations utilisées constitue un avantage supplémentaire pour leurs activités antimicrobiennes, ce qui en fait des candidates appropriées pour une utilisation en tant que conservateurs alimentaires [68].

#### d. Emballage alimentaire

Des approches comprenant la micro-encapsulation d'HE, l'incorporation dans un film comestible et l'enrobage ou l'application de ces huiles avec d'autres agents antimicrobiens et conservateurs peuvent être plus efficaces dans la prévention de la croissance microbienne et l'amélioration de la sécurité et de la qualité que les techniques d'emballages utilisées actuellement dans l'industrie agro-alimentaire [64]. L'option consistant à utiliser des HE dans des emballages actifs plutôt que comme ingrédients dans le produit lui-même est l'une des plus étudiées aujourd'hui. Les HE peuvent être encapsulées dans des polymères d'enrobages ou de sachets comestibles et biodégradables qui fournissent une libération lente à la surface des aliments ou dans l'espace libre des emballages, par exemple de fruits, de viande et de poisson [69]. Les sachets qui libèrent des HE volatiles dans l'environnement de l'espace libre sont simplement placés dans un emballage alimentaire fermé. L'avantage d'incorporer des composants volatils d'HE dans des films ou des revêtements comestibles est que la vitesse de diffusion des agents loin du produit alimentaire peut être réduite, maintenant ainsi les composés actifs dans l'espace libre ou sur la surface du produit pendant une durée prolongée [69].

L'étude « *Gelatin film incorporated with banana leaf essential oil for food preservation* » publiée en 2018, a évalué le potentiel d'un film de gélatine (GL) incorporé avec de l'HE de feuille de bananier (BA) comme alternative aux films adhésifs non biodégradables. Sur la base d'une étude de conservation de 14 jours, le film GL-BA a réussi à conserver les tomates cerises en abaissant les valeurs de perte de poids et d'indice de brunissement. Les résultats de l'étude de conservation suggèrent que l'ajout d'HE de feuille de bananier au film de gélatine a considérablement amélioré la barrière à la lumière, à la vapeur d'eau et à l'oxygène du film : cet ajout a donc grandement augmenté la capacité du film de gélatine à conserver les tomates cerises. Les résultats de l'étude antimicrobienne ont montré une amélioration de la propriété antimicrobienne du film GL-BA par l'ajout de l'HE de feuille de bananier fournit une propriété antimicrobienne au film de gélatine, qui s'est avérée capable d'inhiber *S. aureus* et *E. coli*. [70].

## IV. Étude de marché

### A. Arômes Alimentaires :

#### 1) La demande :

Le marché des arômes connaît une hausse depuis la prise de conscience des consommateurs de l'importance d'un mode de vie sain. De plus en plus d'industriels orientent leur production vers des arômes naturels afin de répondre à la demande de produit naturel. Avec une hausse de 56% du marché national entre 2011 et 2018, la demande des consommateurs pour des « ingrédients propres » a une réelle influence sur le secteur de l'industrie alimentaire. Leur chiffre d'affaires a augmenté de 624 millions d'euros en 2019. Soit une hausse de 5 à 6 % par an de la demande en France. Il a également été constaté que 60% des arômes produits en France sont exportés [71]. Au niveau du marché mondial des arômes alimentaires, l'augmentation du chiffre d'affaires a été de 16,4 milliards de dollars en 2020. Sa croissance est prévue à un rythme de 4,8% par an jusqu'en 2025 où il devrait atteindre 20,7 milliards de dollars [72].

#### 2) L'offre :

De plus en plus d'entreprises comme Natarome+ ou encore Diana Foods utilisent le concept des arômes naturels. Afin de répondre à la demande, les producteurs de colorants et d'arômes ont investi des sommes importantes et orientent leurs productions de plus en plus vers les arômes naturels. Malheureusement, le marché est trop jeune pour avoir plus de renseignements concernant le chiffre d'affaires, le tonnage produit et le nombre d'entreprises impliquées.

Selon une récente étude sur la perception des arômes par opinionway, 63% des consommateurs pensent que les arômes sont artificiels or la part de production d'arôme naturel augmente d'années en années et dépasse largement celles des arômes de synthèse en France [73]. Pour les produits biologiques les derniers chiffres montrent une croissance des produits contenant des arômes soit +18% pour les produits laitiers, + 31% pour les glaces surgelés, +400% pour les confiseries et +16% pour les boissons [74]. Rappelons que la France représente 20% de l'aromatique en Europe et 3% dans le monde [75].

### 3) SWOT :

La matrice SWOT est un outil qui permet une analyse stratégique en combinant l'étude des forces et des faiblesses d'une option avec celles des opportunités et des menaces de son environnement. L'analyse SWOT présentée dans le tableau 10 porte sur « l'étude sectorielle des producteurs d'arômes naturels et de synthèse ».

**Tableau 10 : SWOT du marché des arômes**

Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"><li>- Prise de conscience chez les consommateurs des bienfaits pour leur santé des produits naturels</li><li>- Les consommateurs veulent des produits sains</li><li>- Large gamme de produits</li><li>- Investissements (les HE sont des composants des arômes, le budget nécessaire sera donc moindre ou similaire)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Marchés de plus en plus convoités</li><li>- Difficile à marketer</li><li>- Les molécules de synthèse moins coûteuses pourraient se développer grâce aux progrès de la biotechnologie</li></ul>
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"><li>- Concept innovant</li><li>- Produits naturels</li><li>- Goût authentique</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Coût élevé des machines d'extraction</li><li>- Risque d'allergie élevé</li></ul>

### 4) Pestel

L'outil Pestel permet d'étudier le contexte externe du marché des arômes alimentaires. L'analyse est présentée dans le tableau 11.

**Tableau 11 : Analyse Pestel du marché des arômes**

	Opportunités	Menaces
Économique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le marché de l'industrie aromatique est dominé par les entreprises françaises</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crise économique due à la pandémie du coronavirus</li> <li>- Les concurrents « non naturels » ont un prix de revient plus avantageux et donc un prix de vente plus bas</li> </ul>
Socioculturel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Changement de comportement du consommateur (éco consommateur)</li> <li>- Les arômes industriels permettent au secteur de l'agro-alimentaire de proposer des plats cuisinés à moindre coût.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les plats transformés à base d'additifs favorisent l'obésité, le diabète, les allergies et l'asthme chez les jeunes.</li> </ul>
Écologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'état se dirige vers une politique visant au développement durable des entreprises</li> </ul>	
Légal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Label « d'origine naturelle »</li> <li>- Les étiquettes des produits industriels ne sont pas très claires pour le consommateur ni même pour le producteur [7], [24]</li> <li>- Clean label [73]</li> <li>- Règlement UE2018-248</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atteinte de statut d'étiquette propre, exige des matières premières standardisées de la plus haute qualité</li> <li>- règlement (CE) n°1334/2008, pour les additifs relatifs à l'alimentation humaine [27]</li> <li>- règlement (CE) n°1831/2003, pour les additifs relatifs à l'alimentation animale [26]</li> </ul>

## **5) Étude des prix :**

Les arômes artificiels coûtent 2 à 20 fois moins chers que les arômes naturels. Prenons l'exemple de l'arôme de vanilline pour 1kg de gousse de vanille, il y a 25 g de vanilline. Soit un coût de revient estimé à 1500€ / kg alors que le coût de revient de l'arôme artificiel revient à 15 € /Kg. Cela signifie que le coût de revient pour une entreprise est plus élevé quand celle-ci utilise des arômes naturels, et que le prix de vente sera donc également plus élevé.

### **B. Huiles Essentielles**

#### **1) La demande :**

En France, le marché des HE est en constante croissance depuis 2011. On note une évolution de 15% du chiffre d'affaire entre 2015 et 2016. Il devrait continuer d'augmenter d'ici 2022 de 9,60% sur le marché Américain et de 8,80% sur le marché européen. En 2018, la demande mondiale d'HE s'élevait à environ 227 000 tonnes et devrait atteindre environ 404 000 tonnes en 2025. Nous relevons que 13,6 millions d'unités aromatiques ont été vendues en 2012, soit une évolution positive de 13,2 % comparé à 2011. Cela représente 123 millions d'euros de chiffre d'affaires. La demande est en forte hausse, ceci est dû à la nouvelle prise de conscience des consommateurs pour l'achat de produits sains pour la santé [72].

#### **2) L'offre :**

Le milieu de l'agroalimentaire propose peu d'offres mais des tonnes d'HE sont produites sous différentes formes (cristal, pure, spray, comprimés, sticks, sirop, gel, perles ou roll on) chaque année dans le monde afin de combler la demande des marchés pharmaceutiques. Cette forte demande est une réelle opportunité pour les industriels car l'offre ne comble toujours pas à ce jour cette demande importante.

### 3) SWOT :

**Tableau 12 : Swot du marché des huiles essentielles**

Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faible concurrence des entreprises d'HE dans le milieu de l'agroalimentaire</li> <li>- Marché en pleine croissance</li> <li>- Projet innovant</li> <li>- Image de marque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Loi qui ne cesse d'évoluer sur les HE</li> <li>- Mentalité encore septique à l'idée de l'utilisation d'HE</li> <li>- Coût très élevé des machines d'extraction</li> <li>- Concurrence des produits de synthèse à bon marché</li> </ul>
Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produit vegan</li> <li>- Produit labellisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entretien de nouvelles machines dédiés à l'extraction (si l'extraction se fait au sein de la même usine)</li> <li>- Traçabilité des produits (pour obtenir l'appellation naturelle, il faut un produit à 95% d'origine naturelle, ce qui est difficile avec le marché).</li> </ul>

### 4) Pestel :

**Tableau 13 : Pestel du marché des huiles essentielles**

	Opportunités	Menaces
Économique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Marché en plein essor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crise économique due à la pandémie du coronavirus</li> <li>- Les concurrents « non naturels » ont un prix de revient plus avantageux et donc un prix de vente plus bas</li> </ul>

Socioculturel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Changement de comportement du consommateur (éco consommateur)</li> <li>- Recherche de produits sains pour la santé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation des HE banalisée par les consommateurs</li> </ul>
Technologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avancées technologiques</li> <li>- Gamme développée d'HE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût d'extraction</li> </ul>
Écologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concept moins polluant pour la planète que les arômes (car compositions moins complexe).</li> </ul>	
Légal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Label « d'origine naturel »</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Loi de plus en plus stricte et compliquée à suivre</li> <li>- Réglementation 1334/2008</li> </ul>

### C. Conclusion

Ainsi, suite à cette analyse, nous pouvons constater que le marché des arômes naturels et des HE est un marché porteur et en plein essor en raison de plusieurs facteurs, tels que les nouveaux consommateurs qui rentrent dans une démarche écologique mais également les changements d'habitudes alimentaires depuis la crise des lasagnes à la viande de cheval de la marque Findus. Ce scandale sanitaire a rendu les consommateurs plus attentifs à la traçabilité des produits mais également à leur composition. Les nouveaux consommateurs souhaitent donc consommer des produits de meilleure qualité et surtout plus sains pour la santé. C'est pourquoi, substituer les arômes par des substances plus naturelles semble pertinent.

Le marché des arômes naturels et des HE est en plein essor. En effet, les consommateurs sont prêts à consommer des produits plus naturels et plus sains pour leur santé et sont déjà

familiarisés avec les arômes depuis de nombreuses années. Ils sont également prêts à payer plus cher. Le marketing de ce type de produit devrait se faire par le biais de l'image des produits naturels et de la transparence de la composition ainsi que la diminution de l'impact sur la santé par rapport aux arômes artificiels. Les entreprises utilisant cette méthode pourront utiliser une politique de prix dite d'écrémage c'est-à-dire de pratiquer un prix plus élevé que ses concurrents pour réussir à atteindre un segment de clientèle bien précis à fort pouvoir d'achat. Cela permettrait aux industries de se différencier de leurs concurrents tout en rentrant dans une démarche écologique. Ils se différencieront également par leur engagement et pourront communiquer sur ce concept et ainsi promouvoir leurs labels (écolabel, 100% naturel, AB, élu produit de l'année, origine France garantie, Rain Forest alliance par exemple). Ils pourront également faire le choix d'utiliser une politique de prix dite de pénétration c'est-à-dire d'établir un prix plus bas afin de pénétrer le marché concurrentiel mais cela impactera la marge de l'entreprise.

Nous pouvons également noter que le marché des HE est un marché plus jeune et donc moins porteur actuellement que les arômes naturels car peu connu de tous les consommateurs. Les entreprises devraient cibler des hommes et des femmes faisant partie d'une fourchette d'âge allant de 30 ans à 55 ans et n'ayant pas forcément le temps de cuisiner tous les jours mais souhaitant consommer des produits sains pour leur santé. Ces produits seraient disponibles dans des commerces spécialisés de type épicerie biologique. Cependant, en termes d'investissement et de coût de revient, ce marché pourrait être beaucoup plus économique et plus rentable pour les entreprises de l'agroalimentaire souhaitant utiliser les HE comme substituts. En effet, les prix aux litres des HE semblent beaucoup moins élevés que ceux des arômes naturels. Ce marché devra donc avant de promouvoir le concept, promouvoir et informer les consommateurs sur les bienfaits des HE pour l'utilisation alimentaire. Cela sera donc plus coûteux en promotion en communication et en marketing que l'autre marché, et également plus long pour s'implanter sur le marché car la campagne d'information prendra du temps.

## V. Analyse critique et perspectives

Lors de la rédaction de ce mémoire, j'ai rencontré plusieurs difficultés qui n'ont pas facilité la rédaction de mon mémoire. La difficulté principale a été le manque d'information aussi bien concernant les arômes que concernant les huiles essentielles.

Au niveau législatif, il n'existe aucune distinction entre les HE et les arômes pour l'usage alimentaire alors que la problématique même de mon mémoire nécessite cette distinction. Pourtant, les HE peuvent également être utilisées autrement qu'en agent aromatisant comme dans les produits de la pharmacopée par exemple. A mon sens, une dissociation des HE par rapport aux arômes permettrait de donner plus de spécificité à leur utilisation. Mais il n'est pas possible de les dissocier les HE des arômes sur leurs propriétés aromatiques seules.

Pour la partie toxicologique, les rapports décrivant la toxicité des arômes ne sont pas systématiquement rendus disponibles par l'EFSA et il est difficile de trouver des études scientifiques récentes. J'ai découvert lors de mes recherches que ce manque de données fait également l'objet de controverses sur la méthode d'évaluation des substances aromatisantes dont font partie légalement les HE. La méthode approuvée pour l'évaluation toxicologique est qualitative, ce qui limite grandement le besoin en données et donc les données disponibles. Bien que des organismes aient tenté de réaliser des rapports toxicologiques concrets pour les arômes, cela n'a pas abouti étant donné qu'il existe aujourd'hui plus de 2000 arômes.

Pour la partie des cas d'étude, bien qu'il existe des études parlant de l'utilisation des HE dans les produits alimentaires transformés, je n'ai pas trouvé d'études s'intéressant à la substitution des arômes par les HE. Ce sont leurs propriétés antibactériennes et antifongiques qui sont les plus reconnues et exploitées, par exemple pour la fabrication d'emballages alimentaires.

Enfin, pour l'étude de marché, je ne dispose pas des données relatives à des réelles études de marché car les ressources qui me sont accessibles sont limitées ou payantes. J'ai pu m'essayer à l'exercice de réaliser une étude de marché avec les éléments qui était à ma portée et en utilisant des outils reconnus d'analyse stratégique et de gestion de projet (SWOT, PESTEL, ...).

## Conclusion

La législation commune des HE et des arômes limite les utilisations possibles des HE dans le secteur agro-alimentaire. En effet, en raison de ces similitudes les consommateurs associent souvent les substances aromatisantes aux additifs qui font aujourd'hui encore l'objet d'une mauvaise réputation pour les produits agro-alimentaires. Il est important de développer la législation, mettre en avant les effets bénéfiques voire thérapeutiques des HE afin de pouvoir les différencier à l'avenir des arômes et des autres substances aromatisantes. Les activités biologiques des huiles essentielles sont déjà utilisées dans la prévention de diverses maladies.

La méthode d'évaluation des huiles essentielles et des arômes ne permet pas aujourd'hui d'observer de réels enjeux sur les dangers toxicologiques ce qui crée aujourd'hui une controverse pour ces substances. Pourtant, certaines huiles essentielles semblent disposer d'informations supplémentaires concernant leur toxicité car celles-ci sont également utilisées dans le domaine pharmaceutique.

Le marché des arômes naturels et des huiles essentielles est un marché en plein essor qui entre dans une démarche écologique mais qui répond également aux changements des habitudes alimentaires. En effet, aujourd'hui, avec la promotion croissante des bienfaits des huiles essentielles, notamment par le développement de l'aromathérapie, leur utilisation en tant que substitut aux arômes alimentaires pourrait attirer de nouveaux consommateurs déjà sensibilisés à être plus attentifs à la composition des denrées alimentaires. De plus, le coût des huiles essentielles semble plus faible que celui des arômes naturels (le coût des arômes synthétiques défiant toute concurrence). Leur utilisation serait donc d'autant plus bénéfique aux industriels parce qu'elle permettrait d'attirer l'attention de nouveaux consommateurs en améliorant leurs marges.

Les huiles essentielles se sont avérées avoir des activités médicinales bénéfiques, notamment des effets antibactériens, antiviraux, anti-cancérigènes et antioxydants. Ce qui explique que l'intérêt porté aux huiles essentielles est majoritairement pour la conservation des denrées. En effet, les vertus aromatiques sont très peu étudiées car celles-ci, lorsqu'elles sont en forte concentration, sont capable de détériorer l'équilibre organoleptique parfois fragile dans les denrées alimentaires. Néanmoins, l'intérêt technologique qu'elles peuvent apporter au niveau de leurs propriétés antifongiques, antibactériennes et antioxydantes sont très étudiées que ce soit par incorporation dans les films alimentaires

ou par une micro-encapsulation en de plus faible concentration ne perturbant pas l'équilibre des denrées.

Pour pouvoir mettre en place et permettre une utilisation plus généralisée des huiles essentielles dans l'industrie des produits transformés et ultra-transformés, il est d'abord nécessaire d'explorer les nouvelles avancées technologiques qui permettraient de les utiliser sans nuire aux denrées ou qui inhiberaient certains de leurs effets. L'encapsulation et la libération contrôlée semble être une option qui pourrait potentiellement réduire l'impact organoleptique et augmenter simultanément la puissance antimicrobienne. Il s'agit d'une piste de recherche qui pourrait se révéler intéressante pour leur utilisation dans l'avenir.

## Bibliographie

- [1] I. M. S. Sales et al., « Toxicity of synthetic flavorings, nature identical and artificial, to hematopoietic tissue cells of rodents », *Braz. J. Biol.*, vol. 78, no 2, p. 306-310, août 2017, doi: 10.1590/1519-6984.07716.
- [2] G. S. Marques, S. I. de O. da Silva, J. M. de C. e Sousa, P. M. P. Ferreira, et A. P. Peron, « Cytotoxic and genotoxic potential of liquid synthetic food flavorings evaluated alone and in combination », *Food Sci. Technol. Camp.*, vol. 35, no 1, p. 183-188, mars 2015, doi: 10.1590/1678-457X.6596.
- [3] Journal officiel de l'Union européenne, Directive 88/388/CEE du 22 juin 1988. [En ligne]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:31988L0388&from=FR>
- [4] SNIAA, « Définition d'arôme alimentaire ». <http://www.sniaa.org/arome#definition> (consulté le avr. 13, 2020).
- [5] CNRTL, « Définition d'arôme ». <https://www.cnrtl.fr/definition/arome> (consulté le avr. 13, 2020).
- [6] Journal officiel de l'Union européenne, RÈGLEMENT (CE) No 1334/2008 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 2008. Consulté le: juill. 20, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1334&from=FR>
- [7] C. Mainguet et DGCCRF, « Évolutions réglementaires en matière d'arômes ». Consulté le: avr. 10, 2021. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.economie.gouv.fr/files/directions\\_services/dgccrf/manifestations/colloques/aromes\\_alimentaires/04\\_mainguet.pdf](https://www.economie.gouv.fr/files/directions_services/dgccrf/manifestations/colloques/aromes_alimentaires/04_mainguet.pdf)
- [8] ANSES, « Les arômes ». <https://www.anses.fr/fr/content/les-arômes> (consulté le mai 03, 2020).
- [9] A. LEON, « Guide à l'usage des huiles essentielles dans l'industrie cosmétique : Comprendre les huiles essentielles de la plante au flacon, l'évaluation de leur sécurité et analyse des dispositions réglementaires », Université Toulouse III Paul Sabatier, Faculté des sciences pharmaceutiques, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://thesesante.ups-tlse.fr/3010/1/2020TOU32089.pdf>
- [10] M. Yahyaoui, « Application des huiles essentielles dans le domaine des emballages alimentaires », Chimie organique, Université du Pays Basque, 2020. Consulté le: mai 15, 2021. [En ligne]. Disponible sur: [https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/45866/TESIS\\_YAHYAUI\\_MARWA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/45866/TESIS_YAHYAUI_MARWA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- [11] DGCCRF, « Huiles essentielles Conseils pour les utiliser en toute sécurité ». août 2019. Consulté le: mars 12, 2021. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions\\_services/dgccrf/documentation/publications/depliants/huiles-essentielles-depliant.pdf#:~:text=La%20pharmacopée%20européenne%20définit%20l'huile%20essentielle%20comme%20%3A,par%20un%20procédé%20mécanique%20approprié%20sans%20chauffage%20](https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/documentation/publications/depliants/huiles-essentielles-depliant.pdf#:~:text=La%20pharmacopée%20européenne%20définit%20l'huile%20essentielle%20comme%20%3A,par%20un%20procédé%20mécanique%20approprié%20sans%20chauffage%20)».
- [12] AFNOR, « AFNOR NFT75-006 ». <https://www.boutique.afnor.org/norme/nf-t75-006/matieres-premiers-aromatiques-d-origine-naturelle-vocabulaire/article/653978/fa045711> (consulté le avr. 26, 2020).
- [13] ISO, « Matières premières aromatiques naturelles - Vocabulaire ». <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9235:ed-2:v1:fr:term:2.19> (consulté le avr. 25, 2020).
- [14] L. Muther, « Utilisation des huiles essentielles chez l'enfant », Faculté de pharmacie de Clermont Ferrand, 2015. Consulté le: juin 20, 2021. [En ligne]. Disponible sur: <http://docplayer.fr/36552634-Faculte-de-pharmacie-de-clermont-ferrand-these-presentee-pour-l-obtention-du-diplome-de-docteur-en-pharmacie-diplome-d-etat.html>
- [15] Benouali, « Extraction et identification des huiles essentielles », 2015. [https://www.univ-usto.dz/faculte/fac-chimie/images/CHAPITRE\\_I\\_separation\\_et\\_analyses\\_des\\_biomolecules.pdf](https://www.univ-usto.dz/faculte/fac-chimie/images/CHAPITRE_I_separation_et_analyses_des_biomolecules.pdf)
- [16] J. CROUZET, « Arômes alimentaires », sept. 1998, Consulté le: mai 30, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://www-techniques-ingenieur-fr.ressources-electroniques.univ-lille.fr/res/pdf/encyclopedia/42426210-f4100.pdf>
- [17] Survivalisme survie, Le survivaliste en B.A.D. : la distillation. [En ligne]. Disponible sur: <https://survivalisme-survie.fr/le-survivaliste-bad-la-distillation/>
- [18] H. LIENARD, « Intérêts, limites et toxicité des huiles essentielles en infectiologie ORL. Enquête sur la place qu'elles occupent au sein des médecines actuelles. » Consulté le: mai 22, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://pepite-depot.univ-lille2.fr/nuxeo/site/esupversions/68eff5e2-ecee-42eb-82ed-a77e40729d26>
- [19] F. Chemat, Extractions assistées par micro-ondes des huiles essentielles et des extraits aromatiques. 2005. [En ligne]. Disponible sur: [http://soachim.org/files/volume\\_20/5-%20F%20Chemat%20et%20al.pdf](http://soachim.org/files/volume_20/5-%20F%20Chemat%20et%20al.pdf)
- [20] Innovation fluides supercritiques, Découvrir, exploiter les fluides supercritiques. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.portail-fluides-supercritiques.com/Fluides-supercritiques.55.0.html>

- [21] A. Capuzzo, M. Maffei, et A. Occhipinti, « Supercritical Fluid Extraction of Plant Flavors and Fragrances », *Molecules*, vol. 18, no 6, p. 7194-7238, juin 2013, doi: 10.3390/molecules18067194.
- [22] X. Li et al., « One-step coextraction method for flavouring soybean oil with the dried stipe of *Lentinus edodes* (Berk.) sing by supercritical CO<sub>2</sub> fluid extraction », *LWT*, vol. 120, p. 108853, févr. 2020, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108853.
- [23] Speichim, L'extraction liquide liquide simplifiée. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.speichim.com/lextraction-liquide-liquide-simplifiee/>
- [24] ANSM, « Recommandations relatives aux critères de qualité des huiles essentielles ». [https://www.ansm.sante.fr/var/ansm\\_site/storage/original/application/657257784ff10b16654e1ac94b60e3fb.pdf](https://www.ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/657257784ff10b16654e1ac94b60e3fb.pdf) (consulté le avr. 22, 2020).
- [25] SUEZ, Les presses à vis. Consulté le: août 20, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.suezwaterhandbook.fr/procedes-et-technologies/traitement-des-boues-liquides/autres-procedes-de-filtration/les-presses-a-vis>
- [26] Economie.gouv.fr, « Alimentation animale ». <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/alimentation-animale> (consulté le avr. 15, 2020).
- [27] Economie.gouv.fr, « Additif alimentaire ». <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/Publications/Vie-pratique/Fiches-pratiques/additifs-alimentaires-conditions-et-modalites-utilisation> (consulté le avr. 15, 2020).
- [28] EFSA, « Additif alimentaire ». <http://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/food-additives> (consulté le avr. 20, 2020).
- [29] EFSA, « Substance aromatisante ». <http://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/030318> (consulté le avr. 23, 2020).
- [30] Eur-Lex, « Décision de la commission du 7 avril 2004 ». <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:113:0028:0036:FR:PDF> (consulté le mai 03, 2020).
- [31] Journal officiel de l'Union européenne, RÈGLEMENT D'EXÉCUTION (UE) No 872/2012 DE LA COMMISSION du 1er octobre 2012. Consulté le: juill. 20, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32012R0872>
- [32] Journal officiel de l'Union européenne, RÈGLEMENT (CE) n° 882/2004 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 29 avril 2004. Consulté le: mai 30, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004R0882&from=FR>

- [33] ANSES, « Evolution de l'utilisation des additifs alimentaires dans les produits transformés ». <https://www.anses.fr/fr/content/evolution-de-l'utilisation-des-additifs-alimentaires-dans-les-produits-transformés> (consulté le mai 13, 2020).
- [34] SNIAA, « Comment les consommateurs perçoivent-ils les arômes ? » <https://www.sniaa.org/article/cp-sniaa-comment-les-consommateurs-percoivent-ils-les-aromes>
- [35] ANSES, « Bilan et evolution de l'utilisation des additifs dans les produits transformés ». <https://www.anses.fr/fr/system/files/OQALI2018SA0064Ra.pdf> (consulté le juill. 20, 2020).
- [36] Société Suisse de Nutrition, « Les arômes alimentaires ». <http://www.sge-ssn.ch/media/tabula-1-14-f-reportage.pdf> (consulté le mai 13, 2020).
- [37] EFSA, « Les arômes », août 08, 2008. <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/afc080808> (consulté le août 13, 2020).
- [38] EFSA, « Additifs alimentaires et arômes ». <https://www.efsa.europa.eu/fr/science/scientific-committee-and-panels/faf> (consulté le avr. 13, 2021).
- [39] EFSA, « Arômes ». <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/flavourings> (consulté le mai 17, 2021).
- [40] Economie.gouv.fr, « Une nouvelle liste d'arômes pour l'UE grâce aux évaluations réalisées par l'EFSA ». <https://www.efsa.europa.eu/fr/press/news/121001b> (consulté le juill. 15, 2020).
- [41] DG SANTE, « FOOD », 2021. [https://webgate.ec.europa.eu/foods\\_system/main/?event=substances.search&substances.pagination=1](https://webgate.ec.europa.eu/foods_system/main/?event=substances.search&substances.pagination=1) (consulté le mai 13, 2021).
- [42] EFSA, « Dossiers portant sur des ingrédients alimentaires : Outils ». <https://www.efsa.europa.eu/fr/applications/food-improvement-agents/tools> (consulté le juin 13, 2021).
- [43] EFSA, « Food consumption data », mars 03, 2021. <https://www.efsa.europa.eu/fr/data-report/food-consumption-data> (consulté le mai 14, 2021).
- [44] EFSA, « Guidance on the use of the Threshold of Toxicological Concern approach in food safety assessment ». avr. 24, 2019. Consulté le: juin 18, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://efsa-onlinelibrary-wiley-com.ressources-electroniques.univ-lille.fr/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2019.5708>

- [45] EFSA, « Seuil de préoccupation toxicologique ». <https://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/threshold-toxicological-concern> (consulté le mai 18, 2020).
- [46] R. Kroes et al., « Structure-based thresholds of toxicological concern (TTC): guidance for application to substances present at low levels in the diet », *Food Chem. Toxicol.*, vol. 42, no 1, p. 65-83, janv. 2004, doi: 10.1016/j.fct.2003.08.006.
- [47] P. van Zwanenberg et E. Millstone, « Taste and Power: The Flavouring Industry and Flavour Additive Regulation », *Sci. Cult.*, vol. 24, no 2, p. 129-156, avr. 2015, doi: 10.1080/09505431.2014.937686.
- [48] R. D. M. Nunes, I. M. S. Sales, S. I. O. Silva, J. M. C. Sousa, et A. P. Peron, « Antiproliferative and genotoxic effects of nature identical and artificial synthetic food additives of aroma and flavor », *Braz. J. Biol.*, vol. 77, no 1, p. 150-154, mars 2017, doi: 10.1590/1519-6984.12115.
- [49] A. G. Moura, G. M. Santana, P. M. P. Ferreira, J. M. C. Sousa, et A. P. Peron, « Cytotoxicity of Cheese and Cheddar Cheese food flavorings on Allium cepa L root meristems », *Braz. J. Biol.*, vol. 76, no 2, p. 439-443, mars 2016, doi: 10.1590/1519-6984.20514.
- [50] Institutional Program for Scientific Initiation (PIBIC), Biological Sciences Course, Campus Senador Helvécio Nunes de Barros (CSHNB), Federal University of Piauí (UFPI), Picos, Piauí, Brazil et al., « Acute Toxicity of Grape, Plum and Orange Synthetic Food Flavourings Evaluated in in vivo Test Systems », *Food Technol. Biotechnol.*, vol. 55, no 1, 2017, doi: 10.17113/ftb.55.01.17.4770.
- [51] Economie.gouv.fr, « Compléments alimentaires - Huiles essentielles ». <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/complements-alimentaires-huiles-essentielles> (consulté le juin 05, 2020).
- [52] L. Duval, « Les huiles essentielles à l'officine », Sciences pharmaceutiques, UFR de médecine et pharmacie de Rouen, 2012. [En ligne]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00713158/document>
- [53] A. Mongreville, « Aromathérapie : Législation et toxicologie en France et en Europe, appliquées à la pédiatrie », UFR de médecine et pharmacie de Rouen, 2017. [En ligne]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01643722/document>
- [54] T. Poirot, « Bon usage des huiles essentielles, effets indésirables et toxicologie », Sciences pharmaceutiques, Université de Lorraine, 2018. [En ligne]. Disponible sur: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01732166/document>

- [55] PubChem, « Fennel oil ». <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/compound/6850740#section=GHS-Classification> (consulté le août 03, 2020).
- [56] PubChem, « Linalyl acetate ». <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/compound/8294#section=Hazard-Classes-and-Categories> (consulté le août 03, 2020).
- [57] PubChem, « Peppermint oil ». <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov.ressources-electroniques.univ-lille.fr/compound/6850741#section=Natural-Pollution-Sources> (consulté le août 03, 2020).
- [58] PubChem, « Tea tree oil (compound) ». <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Tea-tree-oil#section=Non-Human-Toxicity-Values>
- [59] Service public fédéral, santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement, « Avis relatif aux huiles essentielles encapsulées Citrus limon (L.) ». oct. 09, 2018. [En ligne]. Disponible sur: [https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth\\_theme\\_file/monographie\\_he\\_citron\\_fr\\_def.pdf](https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/monographie_he_citron_fr_def.pdf)
- [60] ECFR, « Substances generally recognized as safe », 2021. [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=e956d645a8b4e6b3e34e4e5d1b690209&mc=true&node=pt21.3.182&rgn=div5#se21.3.182\\_120](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=e956d645a8b4e6b3e34e4e5d1b690209&mc=true&node=pt21.3.182&rgn=div5#se21.3.182_120)
- [61] CNRTL, « Bactéricide ». <https://www.cnrtl.fr/definition/bactericide> (consulté le juill. 20, 2020).
- [62] CNRTL, « Antibiotique ». <https://www.cnrtl.fr/definition/antibiotique> (consulté le juill. 20, 2020).
- [63] CNRTL, « Antiseptique ». <https://www.cnrtl.fr/definition/antiseptique> (consulté le juill. 20, 2020).
- [64] V. Preedy, Essential oils in food preservation, flavor and safety. 2016. Consulté le: sept. 20, 2020. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9780124166417>
- [65] A. Audrin, Werner Bauer, et J. Löliger, « Arômes et colorants ». [http://www.imreblank.ch/Book\\_NRC\\_AROMES.pdf](http://www.imreblank.ch/Book_NRC_AROMES.pdf) (consulté le août 22, 2020).
- [66] J. Leong, P. C. H. Morel, R. W. Purchas, et B. H. P. Wilkinson, « The production of pork with garlic flavour notes using garlic essential oil », *Meat Sci.*, vol. 84, no 4, p. 699-705, avr. 2010, doi: 10.1016/j.meatsci.2009.11.006.

- [67] M. K. Fasseas, K. C. Mountzouris, P. A. Tarantilis, M. Polissiou, et G. Zervas, « Erratum to “Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils” [Food Chem. 106 (3) (2008) 1188–1194] », *Food Chem.*, vol. 109, no 1, p. 173, juill. 2008, doi: 10.1016/j.foodchem.2007.11.068.
- [68] A. Sharifzadeh, A. Jebeli Javan, H. Shokri, S. Abbaszadeh, et K. Keykhosravi, « Evaluation of antioxidant and antifungal properties of the traditional plants against foodborne fungal pathogens », *J. Mycol. Médicale*, vol. 26, no 1, p. e11-e17, mars 2016, doi: 10.1016/j.mycmed.2015.11.002.
- [69] M. Hyltdgaard, T. Mygind, et R. L. Meyer, « Essential Oils in Food Preservation: Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components », *Front. Microbiol.*, vol. 3, 2012, doi: 10.3389/fmicb.2012.00012.
- [70] A. Kamari, A. L. A. Halim, S. N. M. Yusoff, et S. Ishak, « Gelatin film incorporated with banana leaf essential oil for food preservation », *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1097, p. 012047, sept. 2018, doi: 10.1088/1742-6596/1097/1/012047.
- [71] SNIAA, « Chiffres clés 2019-2020 : encore une belle année pour la filière de l’aromatique alimentaire ! », févr. 05, 2020. <https://www.sniaa.org/article/cp-sniaa-chiffres-cles-2019-2020-encore-une-belle-annee-pour-la-filiere-de-l-aromatique-alimentaire>
- [72] Businesscoot, « Le marché des arômes alimentaires | France ». <https://www.businesscoot.com/fr/etude/le-marche-des-aromes-alimentaires-france> (consulté le sept. 03, 2020).
- [73] Process alimentaire, « Arômes, un secteur en mouvement ». <https://www.processalimentaire.com/ingredients/aromes-un-secteur-en-mouvement-26352> (consulté le août 03, 2020).
- [74] G. Fermont, « Les défis de l’aromatization biologique relevés par les acteurs du goût », mai 25, 2021. <https://ingrebio.fr/2021/05/25/defis-aromatization-biologique-relevés-acteurs-gout/>
- [75] SNIAA, « Chiffres clés 2018-2019 de l’aromatique alimentaire : croissance, innovation... et engagement RSE [CP SNIAA] », févr. 08, 2019. <https://www.sniaa.org/article/chiffres-cles-2018-2019-de-l-aromatique-alimentaire-croissance-innovation-et-engagement-rse-cp-sniaa>

**Chellaoui Mehdi**

Depuis quelques années, la consommation de produits à base **d'huiles essentielles** ne cesse d'augmenter. En effet, on observe un « boum » de l'aromathérapie qui s'inscrit dans une nouvelle tendance de consommation plus saine. Qu'en est-il par rapport aux **denrées alimentaires** ? Ce mémoire est une analyse de l'intérêt de la substitution des **arômes** par les huiles essentielles dans les denrées alimentaires transformées et ultra-transformées. La **législation** qui entoure les arômes et les huiles essentielles est d'abord présentée. Par la suite, une évaluation de la **toxicité** des arômes et des huiles essentielles est menée et les applications déjà réalisées dans le domaine alimentaire ont été identifiées. Enfin, une **analyse de marché** a été réalisée.

**Mots-clés : huile essentielle ; denrées alimentaires ; arômes ; législation ; toxicité ; analyse de marché**

In recent years, the consumption of products based on **essential oils** is increasing. Indeed, we observe a "boom" of aromatherapy which is part of a new trend of healthier consumption. What about **foodstuffs**? This thesis is an analysis of the interest of the substitution of **flavors** by essential oils in processed and ultra-processed foodstuffs. The **legislation** surrounding flavors and essential oils is first presented. Then, an evaluation of the **toxicity** of flavors and essential oils is conducted and the applications already realized in the food field have been identified. Finally, a **market analysis** was conducted.

**Keywords : essential oil; foodstuffs; flavors; legislation; toxicity; market analysis**