

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES LIANTS DANS LES PRODUITS A BASE DE VIANDE.

THESE

pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2007
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

Sonia, Andréa, Mauricette INGHELS
née le 12 décembre 1978 à Trappes (78)

Directeur de thèse : Madame le Professeur Geneviève BENARD

JURY

PRESIDENT :

M. Gérard CAMPISTRON

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEURS :

Mme Geneviève BENARD

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

M. Guy BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directeur	M.	A. MILON
Directeurs honoraires	M.	G. VAN HAVERBEKE
	M.	J. FERNEY
	M.	P. DESNOYERS
Professeurs honoraires	M.	L. FALIU
	M.	C. LABIE
	M.	C. PAVAUX
	M.	F. LESCURE
	M.	A. RICO
	M.	D. GRIESS
	M.	A. CAZIEUX
	Mme	V. BURGAT
	M.	J. CHANTAL
	M.	J.-F. GUELFY
M.	M. EECKHOUTTE	

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- M. **CABANIE Paul**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **DARRE Roland**, *Productions animales*
- M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **BODIN ROZAT DE MANDRES NÈGRE Guy**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les industries agro-alimentaires*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Anatomie pathologique*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **HENROTEAUX Marc**, *Médecine des carnivores*
- M. **MARTINEAU Guy-Pierre**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

PROFESSEURS 2^e CLASSE

- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*
- M. **DUCOS Alain**, *Zootéchnie*
- M. **DUCOS de LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*
- Mme **KOLF-CLAUW Martine**, *Pharmacie - Toxicologie*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*
- Mlle. **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des équidés et des carnivores domestiques*

INGÉNIEUR DE RECHERCHES

- M. **TAMZALI Youssef**, *Responsable Clinique équine*

PROFESSEURS CERTIFIÉS DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

- Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*
- M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAÎTRE DE CONFÉRENCES HORS CLASSE

- M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

MAÎTRES DE CONFERENCES CLASSE NORMALE

- M. ASIMUS Erik, *Pathologie chirurgicale*
M. BAILLY Jean-Denis, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mme BENNIS-BRET, Lydie, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
M. BERGONIER Dominique, *Pathologie de la Reproduction*
M. BERTAGNOLI Stéphane, *Pathologie infectieuse*
Mme BOUCLAINVILLE –CAMUS, Christelle, *Biologie cellulaire et moléculaire*
Mme BOUCRAUT-BARALON Corine, *Pathologie infectieuse*
Mlle BOULLIER Séverine, *Immunologie générale et médicale*
Mme BOURGES-ABELLA Nathalie, *Histologie, Anatomie pathologique*
M. BOUSQUET-MELOU Alain, *Physiologie et Thérapeutique*
M. BRUGERE Hubert, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
Mlle CADIERGUES Marie-Christine, *Dermatologie*
Mme DIQUELOU Armelle, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. DOSSIN Olivier, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*
M. FOUCRAS Gilles, *Pathologie du bétail*
Mme GAYRARD-TROY Véronique, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*
M. GUERIN Jean-Luc, *Elevage et Santé Avicoles et Cunicoles*
M. JACQUIET Philippe, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
M. JAEG Jean-Philippe, *Pharmacie et Toxicologie*
Mlle LACROUX Caroline, *Anatomie Pathologie, Histologie*
Mme LETRON –RAYMOND, Isabelle, *Anatomie pathologique*
M. LYAZRHI Faouzi, *Statistiques biologiques et Mathématiques*
M. MATHON Didier, *Pathologie chirurgicale*
Mme MEYNAUD-COLLARD Patricia, *Pathologie chirurgicale*
M. MEYER Gilles, *Pathologie des ruminant*
M. MONNEREAU Laurent, *Anatomie, Embryologie*
Mme PRIYMENKO Nathalie, *Alimentation*
M. SANS Pierre, *Productions animales*
Mme TROEGELER –MEYNADIER, Annabelle, *Alimentation*
M. VERWAERDE Patrick, *Anesthésie, Réanimation*

MAÎTRES DE CONFERENCES CONTRACTUELS

- M. CASSARD Hervé, *Pathologie du bétail*
M. NOUVEL Laurent-Xavier, *Pathologie de la reproduction*
M. PADHILA MATHIAS Goncalo, *Maladies contagieuses*
M. REYNOLDS Brice, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*
M. VOLMER Romain, *Infectiologie*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

- Mlle BIBBAL Delphine, *H.I.D.A.O.A Sciences de l'Alimentation*
M. CONCHOU Fabrice, *Imagerie médicale*
M. CORBIERE Fabien, *Pathologie des ruminants*
M. MOGICATO Giovanni, *Anatomie, Imagerie médicale*
Mlle PALIERNE Sophie, *Chirurgie des animaux de compagnie*
M. RABOISSON Didier, *Productions animales*

A Monsieur le Professeur Gérard CAMPISTRON,

Professeur des Universités,

Praticien hospitalier,

Physiologie – Hématologie,

qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.

Hommages respectueux.

A Madame Geneviève BENARD,

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Hygiène et Industries des Denrées Alimentaires d'Origine Animale,

qui a eu le courage ainsi que la patience de collaborer et de corriger de nombreuses fois ce travail.

Tous mes remerciements.

A Monsieur le Professeur Guy BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE,

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie,

qui, en plus d'avoir accepté de faire partie du jury, m'a fortement aidé dans des moments difficiles.

Veillez recevoir mes plus chaleureuses et amicales pensées.

A Madame Joselyne RECH,

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,

Alimentation,

pour avoir réalisé les dessins d'interprétation de nos coupes histologique.

Quel coup de crayon, merci.

A mes parents, que je tiens à remercier chaleureusement. Ils m'ont toujours soutenu, même s'ils n'ont pas toujours cru en moi, et m'ont rarement comprise, je leur exprime ma plus grande gratitude.

- maman, arrête de chercher la petite bête... cool...

- papa, sort de ton trou, voie la vie du bon côté et ça ira peut être mieux...

Hé oui, j'adore les tirets et les choses concises, à bas les grandes phrases pour ne rien dire !! J'ai quand même essayé que ce travail soit lisible et rédigé... Mais cela ne me ressemble pas.

A Steph, la meilleure des petites sœurs, en souvenir de nos délires, de nos prises de tête communes... que notre complicité dure longtemps...

Pour Sylvie, qui a fait ce que je n'aurais jamais pu et su faire, bravo et merci.

A mes amies pour la vie : **Karine**, bien sur, témoins de tout : mes galères, mes moments de joie et de faiblesse, merci Karine d'être toujours là pour moi, **Cynthia**, même si je n'ai pas toujours compris tes choix, je t'aime de tout mon cœur (fais un bisou à ton p'tit loup), **Aude**, la plus ancienne à mes côtés, même si nous nous éloignons, tu restes toujours très proche de moi.

Au **Docteur André THEVENET** (et à Marjorie) qui m'a accueilli, m'a formé et chez qui j'ai tout fait « pour la première fois »... avec un peu de stress et beaucoup de rigueur. Fidèle tout au long de ma scolarité, que de bons moments passés au sein de son cabinet.

A **Hervé** qui a eu la patience de me voire squatter chez lui, pour son épaule réconfortante et son fil planté dans le mur...lol.

Et tous les autres, **François, Babeth, Sonia, Frederyck, Coralie, Séverine, Estelle, Hélène, Marianne, Emilie** et ceux que j'oublie, je m'en excuse...

A mes grosses bêtes à poils **Bonhomme et Ecume** qui m'ont tenu compagnie lors de mes moments de solitude, qu'aurais-je fais sans vous...

A Fabrice, mon amour. Merci pour tout : ta présence, ton réconfort quotidien, tu es parfait, ne change pas. Que notre route commune soit longue...

Et merci à mon professeur personnel de chimie qui m'a permis de « digérer » tout ça...

Table des matières :

<u>THESE</u>	<u>1</u>
Directeur de thèse : Madame le Professeur Geneviève BENARD.....	1
PREMIÈRE PARTIE :.....	14
RÈGLEMENTATION RELATIVE À L'UTILISATION DES LIANTS DANS LES PRODUITS À BASE DE VIANDE.....	14
1. LA SÉCURITÉ DES ALIMENTS EN EUROPE : ORGANISATION ET LÉGISLATION :.....	16
1.1. <i>Historique de la mise en place de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESA) :</i> [18] [49].....	17
1.1.1. 2000, parution du Livre blanc : [18] [49] [50] [51].....	17
1.1.2. 2002, création de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESA) : [6] [49] [51].....	18
1.2. <i>Textes législatifs européens relatifs aux additifs alimentaires :</i>	19
1.2.1. Législation Européenne concernant les additifs alimentaires en général : [36] [46].....	19
1.2.2. Législation européenne concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants : [36] [47].....	20
1.2.3. Législation européenne concernant les critères de pureté spécifique :.....	21
1.2.4. Législation européenne relative aux contrôles officiels : [45].....	21
1.2.5. Classification des additifs alimentaires :.....	22
1.2.6. Règles d'étiquetage concernant les additifs alimentaires:.....	22
2. LA SÉCURITÉ DES ALIMENTS EN FRANCE : ORGANISATION ET LÉGISLATION.....	24
2.1. <i>Organismes existant sur le territoire français :</i>	24
2.1.1. Organismes chargés de la gestion de la sécurité des aliments:.....	24
✓ La Direction Générale de la Concurrence de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF): [16].....	24
✓ La Direction Générale de l'Alimentation (DGAL) : [17] [32].....	24
✓ Les Services Vétérinaires (SV) et les Directions Départementales des Services Vétérinaires (DDSV) : [15].....	25
2.1.2. <i>Organisme fournissant des informations scientifiques : l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) :</i> [2] [36].....	25
2.2. <i>Textes législatifs français :</i>	25
✓ Décret modifié n° 89-674 [62] : « décret relatif aux additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine » :.....	25
✓ Arrêté interministériel modifié du 2 octobre 1997 [63] : « arrêté relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine » :	26
✓ Le Code des Usages de la Charcuterie, de la Salaison et des Conserves de Viande : [9] [23].....	27
3. MARCHÉ À SUIVRE POUR UTILISER UN NOUVEL ADDITIF :.....	29
3.1. <i>Démarches à effectuer en France :</i> [36].....	29
3.2. <i>Démarches à effectuer en Europe :</i> [44].....	29
3.3. <i>Composition du dossier de demande d'évaluation d'un additif alimentaire préalablement à son autorisation :</i>	29
Partie I. Données administratives :.....	30
Partie II. Données techniques :.....	30
Partie III. Données toxicologiques :.....	30
DEUXIÈME PARTIE :.....	33

LES LIANTS UTILISÉS DANS LES PRODUITS À BASE DE VIANDE. 33

1. QUELQUES DÉFINITIONS :	35
1.1. <i>L'aliment :</i>	35
1.2. <i>L'ingrédient : [36].</i>	35
1.3. <i>L'additif alimentaire :</i>	36
1.3.1. <i>Définition de l'additif dans la réglementation française et dans le cadre de l'UE : [36].</i>	36
1.3.2. <i>Définition de l'additif dans le cadre du Codex alimentarius :</i>	36
1.4. <i>L'auxiliaire technologique :</i>	37
1.4.1. <i>Définition de l'auxiliaire technologique en France et dans le cadre de l'UE : [36].</i>	37
1.4.2. <i>Définition de l'auxiliaire technologique dans le cadre du Codex alimentarius :</i>	37
1.4.3. <i>Distinction additif / auxiliaire technologique : [36].</i>	37
1.5. <i>Les liants : généralités [21].</i>	38
1.5.1. <i>Intérêts technologiques des liants dans les produits à base de viande :</i>	38
1.5.2. <i>Les liants d'origine protéique :</i>	39
1.5.3. <i>Les liants d'origine glucidique :</i>	39
1.5.4. <i>Les liants d'origine lipidique :</i>	39
1.6. <i>L'émulsion et les émulsifiants :</i>	40
1.6.1. <i>L'émulsion :</i>	40
1.6.2. <i>Les émulsifiants :</i>	40
1.7. <i>La gélification / épaissement et les gélifiants / épaississants : [21].</i>	41
1.7.1. <i>La gélification et l'épaississement :</i>	41
1.7.2. <i>Les gélifiants et épaississants :</i>	42
2. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES LIANTS AUTORISÉS EN TANT QU'INGRÉDIENTS DANS LES PRODUITS À BASE DE VIANDE :	43
2.1. <i>Les liants de nature protéique :</i>	43
2.1.1. <i>Le lait et ses dérivés :</i>	43
2.1.2. <i>Les œufs (blanc) et les ovoproduits :</i>	45
2.1.3. <i>Le sang et ses dérivés :</i>	46
2.1.4. <i>Les protéines végétales, isolées, concentrées :</i>	48
2.1.5. <i>Les levures : [1] [14] [21] [28].</i>	51
2.2. <i>Les liants de nature amylacée :</i>	51
2.2.1. <i>La chapelure :</i>	52
2.2.2. <i>La farine : [21].</i>	52
2.2.3. <i>Les amidons natifs et amidons modifiés : [4] [7] [21] [30].</i>	52
2.3. <i>Les liants de nature lipidique :</i>	55
3. ÉTUDE DÉTAILLÉE DES ADDITIFS ALIMENTAIRES AUTORISÉS COMME LIANTS DANS LES PRODUITS À BASE DE VIANDE :	57
3.1. <i>Les additifs alimentaires émulsifiants : [13] [65].</i>	57
3.1.1. <i>Généralités :</i>	57
3.1.2. <i>E471 et E472 (a,b,c,d,e et f) : Les mono- et diglycérides d'acides gras et leurs esters :</i>	57
3.2. <i>Les additifs alimentaires gélifiants et épaississants :</i>	58
3.2.1. <i>E400 à E404 : L'acide alginique et les alginates de sodium, potassium, ammonium et calcium :</i>	58
3.2.2. <i>E407 : Les carraghénanes :</i>	66
3.2.3. <i>E410 : La farine de graines de caroube :</i>	73
3.2.4. <i>E412 : La farine de graines de guar :</i>	78
3.2.5. <i>E415 : La gomme xanthane :</i>	79
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	87
RÉFÉRENCES DES TEXTES LÉGISLATIFS :	91
Textes de l'Union européenne :	91
Textes appartenant à la législation française :	91

L'évolution constante des habitudes alimentaires amène les industriels à rivaliser d'imagination pour créer et fabriquer des produits répondant aux attentes des consommateurs tout en respectant une législation dense et restrictive.

La transformation des viandes résulte de deux préoccupations essentielles :

- obtenir à partir de viandes fraîches, des produits susceptibles de se conserver afin d'étaler leur consommation dans le temps,
- varier les goûts et les formes de présentation.

C'est uniquement à la forme et à la présentation des produits à base de viande que notre travail se rapporte.

En ce qui concerne la nature des ingrédients, les produits à base de viande (charcuteries principalement) sont élaborés à partir de viandes (maigre, gras, abats) des animaux de boucherie, de volaille, de lapin et de gibier.

Selon les produits considérés, d'autres ingrédients sont ajoutés :

- ingrédients d'origine carnée (par exemple: gelée, fond, bouillon, saindoux, boyaux),
- ingrédients d'origine non carnée : eau, sel, sucres, épices, arômes, aromates, vins, alcools, œufs et ovoproduits, lait et produits laitiers, matières protéiques végétales, pain, farine, amidon...
- additifs technologiquement nécessaires qui ne doivent pas présenter de danger pour le consommateur ni l'induire en erreur sur la nature du produit concerné.

L'objectif de ce travail est de regrouper dans un seul et même volume les dernières données législatives et scientifiques sur un point particulier : les liants dans les produits à base de viande. Le but étant d'identifier les liants qui sont autorisés pour en développer les caractéristiques.

La première partie étudie la législation en vigueur concernant la sécurité des aliments au niveau européen et français et plus particulièrement celle concernant les additifs.

La deuxième partie commence par quelques définitions pour développer ensuite une description de chaque liant autorisé dans les produits à base de viande, qu'il soit considéré comme un ingrédient de la recette ou comme un additif alimentaire.

Première partie :

**Règlementation relative à l'utilisation des liants dans
les produits à base de viande.**

La notion de **sécurité alimentaire** recouvre la recherche de la couverture quantitative des besoins élémentaires en aliments et en eau.

Dans les pays à l'abri de la pénurie et de la malnutrition, nous parlons de **sécurité des aliments** pour désigner la sécurité sanitaire des produits destinés à l'alimentation humaine.

Cette première partie rassemble la législation actuellement en vigueur en Europe puis en France sur la sécurité des aliments, et particulièrement sur les liants (gélifiants, épaississants et émulsifiants) considérés comme des additifs alimentaires. Elle présente aussi la marche à suivre par l'industriel pour obtenir les autorisations nécessaires à la commercialisation ou à l'utilisation d'un nouvel additif.

1. La sécurité des aliments en Europe : organisation et législation :

[18] [36]

Pour élaborer leur législation européenne, les institutions s'appuient sur les travaux scientifiques internationaux, notamment ceux de trois institutions qui ont des missions complémentaires dans le domaine de la sécurité des aliments :

- l'Office International des Epizooties (OIE).

- l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO pour Food and Agriculture Organisation en anglais),

- l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS),

L'OIE définit les codes sanitaires applicables aux échanges internationaux d'animaux et de produits d'origine animale.

Le programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires est mis en œuvre par la Commission du Codex alimentarius (Codex). Celui-ci a, notamment, un rôle de conseiller en ce qui concerne la liste et les conditions d'utilisation des additifs. Pour cela, il demande au CMEAA (Comité Mixte FAO/OMS d'Experts des Additifs Alimentaires ou JEFCA en anglais) d'évaluer les données toxicologiques concernant les additifs alimentaires (fixation de Doses Journalières Admissibles ou DJA) et d'établir des normes d'identité et de pureté pour ces mêmes additifs.

JECFA : Joint FAO/WHO Experts Committee on Food Additives.

L'Union européenne (UE) élabore donc, depuis plusieurs décennies, un corpus de textes législatifs qu'elle regroupe sous un même terme : la « sécurité alimentaire » mais ces textes ont pour double objectif :

- de faciliter la libre circulation des marchandises (sécurité alimentaire proprement dite),

- d'obtenir et maintenir un haut niveau de protection sanitaire (sécurité des aliments).

L'UE intervient par conséquent au niveau de la production primaire (production de viande, poissons et végétaux), la production secondaire (produits agro-alimentaires, nouveaux aliments, additifs...), de l'alimentation animale et des zoonoses.

Pour ce faire, l'UE a mis en place un organisme remplissant le rôle de référence scientifique : l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESAs), indépendante en matière d'évaluation des risques.

1.1. Historique de la mise en place de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESA) : [18] [49]

Depuis les années 1990 et les crises alimentaires qui les ont traversées, la Commission européenne a pris conscience de la nécessité de mettre en place des moyens pour assurer un niveau élevé de protection de la vie et de la santé humaine. C'est ainsi que le [Livre blanc](#) sur la sécurité alimentaire, publié en janvier 2000, a mis en place une politique plus préventive face à d'éventuels risques alimentaires. Il a en plus amélioré, au niveau européen, la capacité et la rapidité de réaction en cas de risque alimentaire avéré.

La Commission annonce alors le développement d'un cadre juridique couvrant l'ensemble de la chaîne alimentaire « de la ferme à la table » selon une approche globale et intégrée. Elle prévoit la création d'une Autorité Européenne de Sécurité des Aliments : l'AESA (ou EFSA pour European Food Safety Authority en anglais).

Le règlement n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil institue l'AESA et fixe les procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires. Depuis 2002, l'AESA fournit donc à la Commission européenne des informations scientifiques concernant toutes les questions ayant un impact direct ou indirect sur la sécurité des aliments. L'AESA est une entité juridique distincte et indépendante des autres institutions européennes.

1.1.1. 2000, parution du Livre blanc : [18] [49] [50] [51]

Généralités :

Le Livre blanc s'était fixé trois priorités :

- créer une autorité alimentaire européenne : l'AESA,
- mettre en œuvre une approche cohérente qui s'applique à toute la chaîne alimentaire et à tous les secteurs de l'alimentation. Cette approche cohérente doit aussi s'appliquer à tous les états membres en vue d'instaurer un traitement vraiment uniforme sur l'ensemble du territoire communautaire. Le Livre blanc souligne la nécessité de progresser dans l'harmonisation des systèmes de contrôles et d'étendre ceux-ci aux frontières extérieures de l'Union en vue du prochain élargissement,
- établir le principe selon lequel la responsabilité première de la sécurité des aliments incombe aux exploitants du secteur, les états membres assurant la surveillance et le contrôle de ces exploitants et la Commission européenne vérifiant l'efficacité des capacités de contrôle des états membres (principe de subsidiarité).

L'UE fonde sa politique alimentaire sur l'application des trois composants de l'analyse des risques: l'évaluation des risques (avis scientifiques et analyse de l'information), la gestion des risques (réglementation et contrôle) et la communication sur les risques.

Les particularités du Livre blanc relatives aux additifs alimentaires :

Les questions qui se posaient à l'époque du livre blanc concernaient notamment l'évaluation des dossiers constitués par les industriels pour obtenir une autorisation communautaire d'utilisation ou de production d'un nouvel additif.

Il a donc été entrepris de mettre à jour et de compléter la législation existante concernant les additifs.

Certaines directives ont par conséquent été modifiées :

- la directive n° 89/107/CEE [55] concernant les additifs alimentaires en général.
- la directive n° 95/2/CE [56] concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants.
- la directive n° 96/77/CE [57] portant établissement de critères de pureté pour les additifs alimentaires.
- la directive n° 81/712/CEE [54] portant fixation des méthodes d'analyses communautaires pour le contrôle des critères de pureté de certains additifs alimentaires est incorporée au texte concernant les « accords sur l'espace économique européen – annexe II – réglementation techniques, normes, essais et certifications – liste prévue à l'article 23 » [61].

En conclusion, nous pouvons dire que le [Livre blanc sur la sécurité des aliments](#) a souligné la nécessité d'une politique relative à la sécurité des aliments reposant sur une base scientifique solide et sur une législation modernisée.

1.1.2. 2002, création de l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESA) : [6] [49] [51]

☞ Généralités :

Adopté fin janvier 2002, le [règlement \(CE\) n°178/2002](#) [58] est le texte fondateur de la nouvelle législation en matière de sécurité des aliments. L'AESA est créée ainsi qu'un comité permanent de la chaîne alimentaire et de la santé animale (CPCASA) remplaçant les huit comités scientifiques permanents existant précédemment.

☞ La structure de l'AESA :

L'AESA est constituée d'un conseil d'administration, d'un directeur exécutif, d'un forum consultatif, d'un comité scientifique et de huit groupes scientifiques. L'un de ces groupes scientifique est spécialisé dans les additifs, arômes, auxiliaires technologiques et matériaux en contact avec les aliments.

Les [travaux scientifiques](#) de l'AESA sont entrepris par son comité scientifique, ses groupes scientifiques et des groupes de travail d'experts scientifiques externes, chacun étant spécialisé dans un domaine.

☞ les missions de l'AESA :

L'AESA a pour rôle premier d'émettre un avis scientifique indépendant sur la sécurité des aliments et ses enjeux, c'est entre autre le cas lors de questions techniques permettant d'orienter la politique ou la législation. Enfin, en cas de situation urgente, la Commission consulte aussi l'AESA lors de la création d'une cellule de crise. L'AESA a comme second rôle de collecter, d'analyser et de notifier les risques identifiés. Enfin, elle a une mission de communication et de dialogue avec le grand public.

1.2. Textes législatifs européens relatifs aux additifs alimentaires :

L'utilisation des additifs alimentaires est « harmonisée » signifie que la réglementation est définie au niveau communautaire puis appliquée au niveau national. Seules les substances explicitement autorisées peuvent être utilisées (principe de la liste positive).

Les textes sont proposés par la Commission puis débattus au Parlement et au Conseil pour être modifiés. Ils sont ensuite adoptés ou rejetés.

Un industriel désireux d'employer un additif doit déposer une demande d'autorisation. Avant d'être autorisés, les additifs sont soumis à une évaluation approfondie quant à leur sécurité et à leur nécessité. Cette évaluation est réalisée par le Comité Scientifique de l'Alimentation Humaine qui est un organisme scientifique indépendant conseillant la Commission pour les aspects liés à la sécurité des aliments.

1.2.1. Législation Européenne concernant les additifs alimentaires en général : [36] [46]

La directive cadre additif est la directive n° 89/107/CEE [55] associée à ses modifications successives. Elle effectue le « rapprochement des législations des états membres concernant les additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine ».

Une liste commune des additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine est établie dans le but de protéger la santé des consommateurs et de garantir la libre circulation de ces denrées dans l'UE.

Cette directive concerne uniquement les additifs alimentaires. Elle en donne la définition (article 1^{er}), ainsi que celle des auxiliaires technologiques (appendum à l'article 1^{er}) pour éviter les confusions (cf partie 2 : 1.4.3. Distinction additif / auxiliaire technologique). Elle exclut donc les auxiliaires technologiques, les produits phytosanitaires de protection des plantes, les arômes et les nutriments.

Cette directive fixe les grands principes sur l'utilisation des additifs en alimentation humaine :

- elle fixe les règles d'étiquetage des additifs vendus en tant que tels aux fabricants ou aux consommateurs finaux, (cf partie 1 : 1.2.6. Règles d'étiquetage)
- elle prévoit la consultation du Comité Scientifique de l'Alimentation Humaine concernant toutes les dispositions susceptibles d'avoir une incidence sur la santé publique,
- elle donne la possibilité aux états membres, d'autoriser temporairement l'utilisation d'un nouvel additif alimentaire sur leur territoire national,
- elle fixe dans son annexe II les principes généraux à respecter pour l'utilisation des additifs alimentaires. Cette partie du texte est la plus importante car avant toute analyse toxicologique, elle dicte l'utilisation possible ou non des additifs. En effet, ceux-ci ne peuvent être employés que :
 - si un besoin technologique suffisant peut être démontré et si l'objectif recherché ne peut être atteint par d'autres méthodes économiquement et technologiquement utilisables,
 - s'ils ne présentent aucun danger pour la santé du consommateur aux doses proposées, dans la mesure où les données scientifiques dont on dispose permettent de porter un jugement,
 - si leur emploi n'induit pas le consommateur en erreur.

1.2.2. Législation européenne concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants : [36] [47]

🌀 Généralités :

La directive n° 95/2/CE [56] et ses modifications successives concernant les « additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants » est une directive spécifique découlant de la [directive cadre](#) modifiée n° 89/107/CEE [55] intéressant les additifs alimentaires en général.

Elle précise que seuls les additifs conformes aux spécifications adoptées après avis du Comité Scientifique de l'Alimentation Humaine peuvent être employés dans les denrées alimentaires. La directive précise les définitions des substances qui sont considérées comme additifs alimentaires, les denrées alimentaires pour lesquelles ces additifs peuvent être utilisés ainsi que les conditions d'emploi de ceux-ci.

🌀 Les articles :

L'article premier donne la définition de toutes les catégories d'additifs autres que les colorants et les édulcorants. Sont données, entre autre, les définitions d'émulsifiant, affermissant, agent moussant, gélifiant et amidon modifié. Ces définitions nous serviront par la suite.

Les articles suivants précisent :

- * les produits ne pouvant pas être considérés comme des additifs. Ce sont par exemple : les produits contenant de la pectine, certains amidons modifiés, le plasma sanguin, la gélatine alimentaire, les hydrolysats de protéines et leurs sels, l'albumine du lait, le gluten, les caséinates, la caséine...

- * les denrées alimentaires qui n'ont pas le droit de contenir d'additifs alimentaires : ce sont, par exemple, les denrées non transformées, le miel, le lait, le beurre...

- * les additifs alimentaires interdits dans l'alimentation pour nourrissons et l'alimentation de sevrage.

🌀 Les annexes :

Les six annexes de la directive apportent des précisions sur les aspects suivants :

- l'annexe I précise la liste des additifs autorisés et leurs codes européens,
- l'annexe II donne la limite quantitative d'utilisation de certains additifs alimentaires dans certaines denrées alimentaires. Pour d'autres, elle définit le principe d'autorisation des additifs selon le « *quantum satis* ». Ce terme signifie que les additifs doivent être employés conformément aux bonnes pratiques de fabrication, en quantité strictement nécessaire pour obtenir l'effet désiré, aucune quantité maximale n'étant spécifiée.

Le fait qu'un additif figure à l'annexe II n'implique pas nécessairement que l'emploi de cet additif soit technologiquement indispensable ou nécessaire dans toutes les denrées auxquelles s'applique cette annexe. De plus, son utilisation ne doit pas induire le consommateur en erreur (conformément aux restrictions d'utilisations imposées par la directive modifiée n° 89/107/CEE - annexe II [55]).

- l'annexe III précise les quantités maximales de conservateurs et antioxygènes dans certaines denrées alimentaires,

- l'annexe IV donne les quantités maximales pour les additifs restant,

- l'annexe V indique les noms et codes européens des supports et solvants porteurs autorisés.

- l'annexe VI est une liste des additifs alimentaires autorisés dans les aliments pour nourrissons et enfants en bas âge.

1.2.3. Législation européenne concernant les critères de pureté spécifique :

La directive n° 96/77/CE [57] et ses modifications successives indiquent l'« établissement des critères de pureté spécifiques pour les additifs alimentaires autres que les colorants et édulcorants ». Elle se base sur les spécifications et les techniques d'analyse fixées par le Codex alimentarius et établies par le Comité Mixte FAO/OMS d'Experts en matière d'Additifs Alimentaires (CMEAA).

L'annexe de la directive reprend chaque additif et précise pour chacun :

- sa définition : ses synonymes, son mode d'obtention, sa dénomination chimique, son numéro EINECS (european inventory of existing chemical substances), sa formule chimique, son poids moléculaire, sa composition et une description du produit brut ;
- ses méthodes d'identification : spectrométrie, réactions chimiques, différents tests, solubilité, chromatographie... ;
- ses critères de pureté avec les quantités maximales de résidus autorisés : eau, cendre, métaux lourds (plomb, mercure, arsenic ...).

1.2.4. Législation européenne relative aux contrôles officiels : [45]

Le règlement modifié (CE) n°882/2004 du Parlement européen et du Conseil [59] est relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité des denrées alimentaires avec la législation.

Ce règlement a pour objectif d'adopter une nouvelle législation communautaire afin d'améliorer la capacité à gérer toute la chaîne des denrées alimentaires (production, transformation et distribution). Il établit les conditions générales applicables lors de la réalisation des contrôles officiels destinés à vérifier le respect des règles visant notamment à prévenir, éliminer ou réduire à un niveau acceptable les risques et à garantir des pratiques loyales en ce qui concerne le commerce des denrées alimentaires et la protection des intérêts des consommateurs, notamment l'étiquetage et toute autre forme d'information destinée aux acheteurs.

Cette approche comprend des principes de gestion et des règles rigoureuses en matière d'accréditation des laboratoires de contrôle. Entrent en compte : le personnel, la formation et les procédures de contrôle. L'Office Alimentaire et Vétérinaire (OAV) de la Commission procède à des audits pour évaluer le niveau de performance des laboratoires de contrôle.

Le règlement prévoit également l'adoption par les États membres de mesures coercitives de type administratif en cas de problèmes particuliers et de non respect de la législation, ainsi que des mesures coercitives dans l'UE (suspension du droit de mettre sur le marché intérieur).

1.2.5. Classification des additifs alimentaires :

Il existe deux classements des additifs alimentaires : celui de l'Europe (et donc de la France) et celui utilisé outre-Atlantique. Les deux classements, établis par le CMEAA, sont proches. En effet, l'identification par numéro des additifs est identique mais la lettre E précédant le numéro est réservée à l'UE. Dans le cadre du Codex, il s'agit du Système International de Numérotation (SIN ou INS pour International Numbering System).

Dans l'UE et donc en France, le classement par catégorie des additifs a été établi par la directive modifiée n° 89/107/CE [55]. Cette directive européenne est reprise dans le droit français par le décret modifié n° 89/674 [62].

Vingt cinq catégories d'additifs y sont décrites dont les colorants, conservateurs, antioxygènes, émulsifiants, épaississants, gélifiants, stabilisants, amidons modifiés...

La définition des catégories d'additifs et de leurs supports est donnée par la directive modifiée 95/2/CE [56] au niveau européen et retranscrite dans le droit français par l'arrêté modifié du 2 octobre 1997 [63].

La réglementation ne fixe l'appartenance des additifs à une catégorie que dans certains cas. Pour les additifs divers, il appartient au fabricant de définir la catégorie correspondant le mieux à l'usage qui en est fait. La répartition est ainsi faite :

- de E100 à E180 pour les colorants,
- de E200 à E252 et de E280 à E285 ainsi que E1105 pour les conservateurs,
- de E310 à E321 pour les antioxygènes,
- E420, E421 et E950 à E967 pour les édulcorants,
- E920 est un agent de traitement de la farine,
- tous les autres sont classés dans les additifs divers.

Les additifs qui nous intéresseront par la suite (E400 à E404, E407, E410, E412, E415, E471 et E472) sont tous classés dans les additifs divers.

1.2.6. Règles d'étiquetage concernant les additifs alimentaires:

Les règles d'étiquetage sont définies par la directive modifiée n° 89/107/CE [55] ; les articles 8 et 10 ont été fidèlement repris dans les articles 9 et 10 du décret modifié n° 89-674 [62] de la législation française.

Ces articles exposent que les additifs alimentaires destinés à la vente au consommateur final ne peuvent être commercialisés que si :

- leur emballage porte les indications en caractères apparents, clairement lisibles et indélébiles,
- la langue utilisée est facilement compréhensible par les acheteurs,
- la dénomination de vente du produit est clairement marquée : nom et n° européen. Si le(s) additif(s) est (sont) mélangé(s) à d'autres substances, les substances doivent apparaître par ordre décroissant d'importance,
- le nom ou la raison sociale et l'adresse du fabricant, du conditionneur ou d'un vendeur établi dans la Communauté est notifiée,

- la quantité nette de produit est indiquée,
- une date de durabilité minimale est déterminée.

2. La sécurité des aliments en France : organisation et législation

La sécurité des aliments au niveau français est orchestrée par plusieurs organismes. Certains ont un rôle de gestion (DGCCRF, DGAl et les SV) alors que l'AFSSA n'a qu'un rôle de conseiller fournissant des informations scientifiques.

2.1. Organismes existant sur le territoire français :

2.1.1. Organismes chargés de la gestion de la sécurité des aliments:

✓ *La Direction Générale de la Concurrence de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF): [16]*

La DGCCRF est sous la direction des ministères de l'économie, des finances et de l'industrie.

L'activité de la DGCCRF s'exerce en suivant plusieurs axes :

- La régulation concurrentielle des marchés : l'objectif est de garantir les conditions d'un fonctionnement équilibré et transparent des marchés.
- La protection économique du consommateur en passant par son information loyale : règles d'étiquetage, de composition et de dénomination des marchandises, contrôle des falsifications et tromperies...
- La sécurité du consommateur : en protégeant la sécurité physique et la santé des consommateurs.

La DGCCRF intervient sur tous les produits, alimentaires et industriels et à tous les niveaux (production, importation, distribution) ainsi que sur les services s'y rapportant.

✓ *La Direction Générale de l'Alimentation (DGAl) : [17] [32]*

La DGAl a pour principales missions de :

- veiller à la sécurité et à la qualité des aliments à tous les niveaux de la chaîne alimentaire, et pour cela agir avec les différents partenaires professionnels, institutionnels et associatifs concernés,
- promouvoir les modèles alimentaires, sanitaires et phytosanitaires français au niveau international.

Pour élaborer le dispositif juridique correspondant à ses missions et en contrôler l'application, la DGAl dispose de services centraux et déconcentrés.

- les services centraux sont composés de diverses sous-directions. La Sous-Direction de la Sécurité Sanitaire des Aliments (SDSSA) surveille l'éventuelle contamination des denrées alimentaires et gère les crises liées à la sécurité des aliments. La Sous-Direction de la Réglementation, de la Recherche et de la Coordination des Contrôles (SDRRCC) assure, entre autre, la tutelle de l'AFSSA.
- les services déconcentrés sont composés des Directions Départementales des Services Vétérinaires (DDSV) dont l'une des missions est de réaliser des inspections (abattoirs, restauration...) pour veiller à la qualité et à la sécurité/salubrité des aliments.

La DGAl s'appuie sur un réseau de laboratoires officiels, constitué principalement par les laboratoires nationaux de référence (LNR) et des laboratoires d'analyses agréés.

✓ **Les Services Vétérinaires (SV) et les Directions Départementales des Services Vétérinaires (DDSV) : [15]**

Les DDSV appartiennent aux services déconcentrés de la DGAL.

Leur mission consiste à garantir de façon durable le bien être et la santé des animaux pour eux même et au profit de l'homme.

En matière d'hygiène alimentaire, les DDSV inspectent tous les stades de la production, de la transformation et de la commercialisation, les animaux dont la chair est destinée à la consommation publique (y compris les produits de la mer et d'eau douce), les denrées d'origine animale (lait, œufs, miel...) ainsi que les produits plus élaborés composés pour tout ou partie de ces éléments (salaisons, conserves, plats cuisinés à l'avance ...). Les DDSV contrôlent aussi les structures, les aménagements et les conditions d'exploitation des entreprises.

2.1.2. Organisme fournissant des informations scientifiques : l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) : [2] [36]

L'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) a été créée par la loi n° 98-535 [64] relative au renforcement de la veille sanitaire et du contrôle de la sécurité des aliments destinés à l'homme. Elle se substitue aux structures antérieures.

Les trois missions principales de l'AFSSA sont :

- une mission d'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires de l'homme et l'animal. Ses préoccupations intègrent l'ensemble de la chaîne alimentaire et s'exercent sur chacune de ses étapes (de la production à la consommation);
- une mission de recherche et d'appui scientifique notamment en matière de santé animale et de maladies d'origines animales ;
- une mission d'évaluation et de surveillance des médicaments vétérinaires et des produits phytosanitaires,

L'Agence a un rôle de veille et d'alerte, mais n'a pas de pouvoir de contrôle direct, ni de pouvoir de police sanitaire.

Les différents travaux réalisés par l'Agence sont : d'émettre des avis, de formuler des recommandations, d'accomplir des recherches, de fournir de l'expertise dans le cadre de l'appui scientifique et technique et de mener des actions d'information ou de formation.

Au sein de l'AFSSA, il existe 10 comités d'experts dont celui des « additifs, arômes et auxiliaires technologiques ».

2.2. Textes législatifs français :

La réglementation nationale relative aux additifs destinés à l'alimentation humaine reprend fidèlement les dispositions communautaires. La structure des textes français est donc très proche de celle des directives européennes.

✓ **Décret modifié n° 89-674 [62] : « décret relatif aux additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine » :**

Le décret modifié n° 89-674 [62], transpose en droit national les dispositions de la directive cadre additifs modifiée n° 89/107/CE [55]. Ce décret définit les procédures d'autorisation d'emploi des additifs. Si un professionnel souhaite utiliser un nouvel additif

alimentaire, non prévu par la réglementation communautaire, il lui faudra fournir à l'administration un dossier technique (cf partie 1 : 3. Marche à suivre pour utiliser un nouvel additif).

L'industriel remet son dossier à la DGCCRF qui le transmet à l'AFSSA « en vue de l'évaluation des risques que les additifs alimentaires peuvent présenter pour la santé, et en vue de l'évaluation du besoin technologique auquel leur emploi répond » [62] article 17.

Le décret modifié n° 89-674 [62] se décompose de la façon suivante :

- l'article 1 reprend la définition communautaire de l'additif ;
- l'article 2 expose le mode d'utilisation des additifs : les types de produits dans lesquels ils peuvent être utilisés, sous quelles conditions, en quelle quantité, quels sont les critères de pureté et les différentes catégories d'additifs ;
- les articles 3, 5 et 6 expliquent la marche à suivre pour faire une demande d'utilisation d'un nouvel additif au sein de l'UE ;
- l'article 4 rappelle la définition du « *quantum satis* » (quantité suffisante) et ses conditions d'emploi ;
- l'article 7 rappelle les obligations de réponse (délais notamment) par l'AFSSA suite à une demande d'introduction d'un nouvel additif ;
- l'article 8 insiste sur l'obligation de mettre à jour les arrêtés cités à l'article 2, à chaque fois que nécessaire ;
- les articles 9 et 10 rappellent les mentions légales devant apparaître sur les étiquettes dans le cadre d'une vente au consommateur final ou à un transformateur ;
- l'article 11 interdit la possession et la cession (gratuite ou onéreuse) des produits ne répondant pas aux dispositions des articles 2, 9 et 10 ;

✓ ***Arrêté interministériel modifié du 2 octobre 1997 [63] : « arrêté relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine » :***

L'arrêté modifié du 2 octobre 1997 [63], a transposé les directives communautaires n° 94/35/CE (concernant les édulcorants), 94/36/CE (concernant les colorants) et 95/2/CE modifiée [55] concernant les autres additifs. Cet arrêté prévoit trois types de listes :

- la liste des produits alimentaires ne pouvant contenir d'additifs,
- la liste des additifs autorisés dans toutes les denrées alimentaires, selon le principe du « *quantum satis* »,
- la liste des additifs autorisés dans les denrées faisant l'objet de limitation ainsi que leurs doses maximales d'utilisation imposées.

Cet arrêté a été modifié treize fois. Il se compose actuellement de la façon suivante :

- le titre 1 concerne les colorants,
- le titre 2 concerne les édulcorants,
- le titre 3 traite des additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants destinés à être employés dans les denrées alimentaires. Ce titre se compose de 6 articles (de l'article 9 à l'article 14) :

- l'article 9 donne la définition légale des différentes catégories d'additifs ; il reprend, en fait, les définitions européennes ;

- l'article 10 énumère les produits qui ne sont pas considérés comme des additifs ;

- l'article 11 précise les conditions d'utilisation des additifs et donne la liste des produits qui n'ont pas le droit d'en contenir ;

- l'article 12 concerne les limites d'utilisation des additifs ;

- l'article 13 donne la définition d'une denrée alimentaire non transformée ;

- l'article 14 concerne les limites d'utilisation des supports d'additifs ;

- le titre 4 concerne les dispositions générales d'applications du texte.

✓ *Le Code des Usages de la Charcuterie, de la Salaison et des Conserve de Viande : [9] [23]*

Afin de répondre aux attentes des acheteurs et des consommateurs et pour leur garantir la qualité et le respect de la tradition française, les fabricants ont mis en place depuis trente ans (via le Centre Technique de la Salaison, de la Charcuterie et des Conserve de Viande : CTSCCV qui n'existe plus actuellement) un système original et consensuel : le Code des Usages de la Charcuterie, de la Salaison et des Conserve de Viande. Ce Code prévoit des règles d'utilisation des additifs plus strictes que celles fixées par la réglementation européenne et française.

1) Le Code des Usages : (dernière modification en 1997)

Ce document a vocation à évoluer afin de tenir compte du développement de nouveaux produits, de nouvelles technologies ou de l'évolution des goûts des consommateurs.

La DGCCRF a approuvé ce Code «qui pourra, sous le contrôle des tribunaux servir de référence, en France, pour s'assurer du caractère loyal et marchand des produits».

Ce Code a pour objectifs :

- de mieux protéger le consommateur par une meilleure information sur les produits: appellation, composition, etc...
- d'apporter une plus grande clarification sur la qualité des produits en créant pour la plupart deux ou trois niveaux de qualité (supérieur, choix ou standard),
- de limiter le recours aux additifs en imposant des restrictions d'utilisation par rapport à ceux autorisés par la réglementation communautaire,
- de garantir la loyauté des transactions pour plus de 350 produits.

2) Le contenu du Code des Usages 1997 :

L'édition 1997 du Code des Usages de la Charcuterie, de la Salaison et des Conserve de viande comprend trois parties :

- **l'étiquetage** : il s'agit de la compilation des textes réglementant l'étiquetage des produits définis dans la suite du Code des Usages.

- **les définitions des produits** : cette partie constitue le Code des Usages proprement dit; les produits y sont classés en seize familles technologiques.

Une fiche est éditée pour chaque famille. Cette fiche définit les produits de charcuterie qui composent la famille : définition des produits, ingrédients, caractéristiques sensorielles, physiques, chimiques, microbiologiques et dénominations particulières.

En ce qui concerne les ingrédients qui peuvent être utilisés, le Code retient le principe de la liste positive : tout ce qui n'est pas explicitement autorisé est interdit.

Pour les additifs, les professionnels ont choisi de retenir pour chaque produit une liste limitée d'additifs parmi ceux autorisés par la réglementation. Pour certains additifs, une dose maximale d'emploi est fixée par le Code. Il est important de rappeler qu'autorisation ne signifie pas obligation d'utilisation et que, dans tous les cas, les additifs autorisés dans le Code des Usages le sont à la dose juste suffisante pour obtenir l'effet recherché dans les limites fixées par la réglementation.

La partie «définition des produits» est complétée par un rappel des conditions réglementaires d'emploi des additifs, et par un glossaire où sont précisées et expliquées les définitions des matières premières, des ingrédients et des termes technologiques.

- **les contrôles** : cette partie est une synthèse de la réglementation et des méthodes de contrôle applicables aux produits définis dans le Code des Usages. Il s'agit de contrôles métrologiques, chimiques et autres.

3. Marche à suivre pour utiliser un nouvel additif :

Conformément aux dispositions de la directive modifiée n° 89/107/CEE [55], rappelons que les additifs ne peuvent être utilisés que s'il existe une nécessité technologique, une innocuité pour le consommateur et que celui-ci n'est pas induit en erreur par l'ajout de l'additif.

L'approbation de l'additif alimentaire doit aussi tenir compte de toute dose journalière admissible ou donnée équivalente, établie pour l'additif en question, et de l'apport quotidien probable de cet additif dans tous les produits alimentaires cumulés consommés au cours d'une journée.

Le but de ce chapitre est de présenter la marche à suivre en France et dans l'Union européenne, de façon concrète, pour introduire un nouvel additif sur le marché ou réviser la fiche technique d'un additif déjà existant (nouvelle source d'extraction, nouvelle méthode de production...).

3.1. Démarches à effectuer en France : [36]

En France, toute demande d'emploi d'un additif alimentaire nouveau doit en premier lieu être adressé à la DGCCRF (loi n°98-535 [23]). Elle doit être accompagnée du dossier nécessaire à son instruction, en vue de sa transmission à l'AFSSA.

Le dossier doit être établi conformément aux exigences de la Commission des Communautés européennes.

L'instance d'évaluation formule tout d'abord un avis sur la base des informations contenues dans le dossier et de l'état des connaissances dans le domaine considéré. Après avoir recueilli l'avis de l'instance concernée, le ministre de l'économie (DGCCRF) inscrit la nouvelle substance et ses conditions d'emploi dans un arrêté qui est ensuite contresigné par les ministres chargés de la santé, de l'agriculture et de l'industrie. Conformément à la procédure définie par la directive cadre additifs, cette autorisation ne peut être accordée que pour une durée maximale de deux ans, pendant laquelle les démarches nécessaires à l'extension de cette autorisation à l'échelon communautaire peuvent être entreprises.

3.2. Démarches à effectuer en Europe : [44]

La démarche pour l'acceptation d'un nouvel additif s'effectue en plusieurs étapes : La lettre qui spécifie clairement la demande et la législation communautaire concernée ainsi que le document résumé du dossier doivent être envoyés à la Commission européenne. En même temps, il faut envoyer une copie de la lettre, le document résumé, le dossier technique complet et un support électronique contenant le dossier au « Secretariat of the Panel on Food Safety Authority » à Parme en Italie.

3.3. Composition du dossier de demande d'évaluation d'un additif alimentaire préalablement à son autorisation :

La composition du dossier est guidée par le « guidance on submissions for additive evaluations by Scientific committee on Food prior to its authorization » [48].

Le dossier doit être constitué de la façon suivante :

Partie I. Données administratives :

Cette partie doit contenir :

- 1) Le nom du requérant (firme, organisation...), son adresse et les autres moyens de le joindre (fax, téléphone...),
- 2) Le nom du (des) fabricant(s) de la substance (s'il est différent), son adresse et les autres moyens de le joindre (fax, téléphone...),
- 3) Le nom de la personne responsable du dossier,
- 4) La table des matières du dossier.

Partie II. Données techniques :

Cette partie doit contenir :

1) Les noms de la substance : nom commun, nom commercial, synonymes, abréviations, numéro CAS (Chemical Abstracts Service qui correspond au numéro donné par la société américaine de chimie)...

2) Ses spécifications :

Doivent apparaître : sa composition, ses différentes formules (formule empirique, formule de structure...), son poids moléculaire, son degré de pureté, sa solubilité et les autres données que le requérant juge utiles pour identifier la substance.

3) Le processus de fabrication de la substance ;

4) Ses méthodes d'analyse :

Elles regroupent les méthodes analytiques pour :

- la description de la substance, l'évaluation de sa pureté et la mesure de ses caractéristiques physicochimiques et microbiologiques,
- la détermination de la présence de l'additif et de ses produits de dégradation (le cas échéant) dans la denrée alimentaire à laquelle la substance doit être ajoutée.

5) La justification de l'existence ou de l'utilisation de l'additif. Il s'agit de préciser : l'utilisation envisagée et son but, la dose d'incorporation et les études sur l'efficacité de la substance.

6) L'exposition humaine probable ;

7) Les réactions et le devenir de l'additif dans les denrées alimentaires.

Partie III. Données toxicologiques :

Cette partie doit contenir :

1) Les principes généraux de l'évaluation toxicologique de cet additif alimentaire pour les groupes de population les plus vulnérables.

2) Les protocoles :

Des méthodes de détermination de la toxicité sont décrites dans les « accords sur l'espace économique européen – annexe 1 – questions vétérinaires et phytosanitaires – liste » [60].

Des protocoles pour la réalisation d'études ont également été mis au point par divers organismes internationaux (par exemple l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ou l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE)).

3) Une section toxicologique :

La section toxicologique du dossier doit comprendre les rubriques suivantes : toxicité aiguë, génétique, métabolique, subchronique, toxicité de reproduction, de tératogénicité et carcinogénicité chronique, réactions allergiques, intolérance et autres réactions anaphylactiques.

4) Un examen des résultats et une conclusion :

Le but de cette rubrique est de fournir une interprétation de l'effet constaté chez l'animal et de présenter une extrapolation des données animales à l'homme.

Conclusion :

Cette première partie purement législative a servi à exposer le cadre légal imposé aux industriels ainsi que la manière de constituer le dossier permettant d'obtenir l'accréditation pour l'utilisation d'un nouvel additif.

Dans la deuxième partie, nous allons étudier les liants autorisés et utilisés dans les produits à base de viande. Nous commencerons par reprendre quelques définitions pour ensuite développer un par un, les différents composés utilisés et autorisés pour leurs propriétés liantes dans les produits à base de viande, que ces composés soient considérés comme un ingrédient de la recette ou comme un additif alimentaire.

Deuxième partie :

Les liants utilisés dans les produits à base de viande

1. Quelques définitions :

1.1. L'aliment :

Selon le Larousse encyclopédique, l'aliment est « *tout ce qui sert de nourriture à un être vivant* » [27]. Cette définition est très large. L'Encyclopedia Universalis est plus précise, la notion d'aliment y est définie de la façon suivante « *On appelle aliment toute substance non toxique capable de satisfaire aux besoins nutritifs de l'organisme, besoin de matière, besoin de chaleur, besoin d'énergie mécanique* » [19]. Une deuxième définition donnée par l'Encyclopédia Universalis : l'aliment est une « *denrée comportant des nutriments, donc nourrissante, susceptible de satisfaire l'appétit, donc appétissante et habituellement consommée dans la société considérée, donc coutumière* » [19]. En réalité, il existe autant de définitions que d'auteurs. Dans le langage courant, le grand public désigne par aliment tout ce qui est ingéré et digéré.

Nous nous appuyerons donc sur la définition donnée par le règlement n°178/2002 (CE) [58] : « *On entend par « denrée alimentaire » (ou « aliment »), toute substance ou produit, transformé(e) ou non transformé(e), destiné(e) à être ingéré(e) ou raisonnablement susceptible d'être ingéré(e) par l'être humain. Ce terme recouvre les boissons, les gommes à mâcher et toute substance y compris l'eau [...]. Le terme « denrée alimentaire » ne couvre pas : les aliments pour animaux, les animaux vivants, [...], les médicaments, [...], les cosmétiques, [...], le tabac, [...], les stupéfiants, [...], les résidus et contaminants.* ».

Parmi les produits employés lors de la fabrication des denrées alimentaires, il convient de distinguer les ingrédients alimentaires, les additifs alimentaires, les auxiliaires technologiques et les arômes. Tous ces termes vont être définis par la suite, sauf les arômes qui ne rentrent pas dans le cadre de ce travail (les arômes sont des ingrédients volontairement ajoutés aux denrées alimentaires dans le but technologique de leur conférer une saveur particulière. Ils sont chimiques ou naturels et ne sont pas considérés comme des additifs).

1.2. L'ingrédient : [36]

D'après le code de la consommation, un ingrédient est : « *une substance à valeur nutritive utilisée en quantité significative dans la fabrication ou la préparation d'une denrée alimentaire. Cet ingrédient est encore présent dans le produit fini, éventuellement sous une forme modifiée* » [66]. Selon le Larousse encyclopédique, un ingrédient est tout simplement un « *produit qui rentre dans la composition d'un mélange* » [27], cette définition est très large. Le Codex alimentarius nous en propose une autre : l'ingrédient peut être « *toute substance à l'exclusion des additifs alimentaires utilisée dans la fabrication ou la préparation d'une denrée alimentaire et présente dans le produit fini* » [11].

Un ingrédient est donc une matière composante, habituellement consommée comme un aliment en soi. Par exemple : la farine, le saindoux, le sucre et l'extrait de malt sont les ingrédients caractéristiques d'une biscotte. Ce sont des constituants spécifiques et non des additifs. L'acide ascorbique (antioxygène) dans cette même biscotte n'est pas un composant caractéristique de cette denrée ni des aliments en général, c'est un additif.

1.3. L'additif alimentaire :

L'additif alimentaire est, lui, bien décrit dans la législation, il a donc une définition précise. Toute autre définition ne peut donc être considérée comme valide, mais nous remarquons que la définition légale et celle donnée par le grand public sont pratiquement les mêmes.

1.3.1. Définition de l'additif dans la réglementation française et dans le cadre de l'UE : [36]

Par le décret du 18 septembre 1989, faisant application de la directive communautaire n° 89-107, la définition de l'additif est la suivante : « *On entend par additif alimentaire toute substance habituellement non consommée comme aliment en soi et habituellement non utilisée comme ingrédient caractéristique dans l'alimentation, possédant ou non une valeur nutritive, et dont l'adjonction intentionnelle aux denrées alimentaires dans un but technologique au stade de leur fabrication, transformation, préparation, traitement, conditionnement, transport ou entreposage, a pour effet, ou peut raisonnablement être estimée avoir pour effet, qu'elle devient elle-même ou que ses dérivés deviennent, directement ou indirectement, un composant de ces denrées alimentaires.* » [62].

Cette définition est complexe, elle est le résultat de beaucoup de discussions.

Nous pouvons en préciser quelques points :

- l'« adjonction intentionnelle dans un but technologique » signifie que la mise en œuvre est voulue (distinction d'avec les contaminants) et qu'elle est motivée par une nécessité à un quelconque stade de la fabrication ou de la vente ;

- « devenant elle-même ou ses dérivés, [...] un composant de la denrée » peut s'expliquer par un exemple simple : le nitrate de sodium ajouté à une préparation à base de viande se transforme en nitrite par action microbienne (réductases), lequel forme avec la myoglobine des muscles un composé stable de couleur rose (nitrosomyoglobine). C'est par le biais de ce dérivé que le nitrate initial est un additif.

En résumé, nous pouvons définir l'additif comme une substance ajoutée en petite quantité aux aliments au cours de leur préparation, dans un but précis d'ordre technologique ou nutritionnel. Les additifs à but nutritionnel (vitamines, minéraux, acides aminés) sont réservés en France à une alimentation particulière (produits diététiques et de régime).

1.3.2. Définition de l'additif dans le cadre du Codex alimentarius :

Les accords internationaux respectent la position adoptée dans le cadre de la commission du Codex alimentarius c'est pour cela que les deux définitions (celle de l'Europe et celle du Codex) ont un fond identique, seule la syntaxe change.

En 1963, le Codex définit l'additif alimentaire comme une : « *substance qui n'est pas normalement utilisée comme ingrédient caractéristique d'une denrée alimentaire en soi et qu'elle ait ou non une valeur nutritive, et dont l'addition intentionnelle à la denrée alimentaire, dans un but technologique ou organoleptique, à une quelconque étape de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou du stockage de ladite denrée, entraîne ou peut entraîner (directement ou indirectement) son incorporation ou celle de ses dérivés dans la denrée, ou peut affecter d'une autre façon les caractéristiques de ladite denrée. L'expression ne s'applique ni aux contaminants ni aux substances ajoutées aux denrées alimentaires dans le but d'en maintenir ou d'améliorer les propriétés nutritives* » [11].

1.4. L'auxiliaire technologique :

Il faut bien distinguer additif alimentaire et auxiliaire technologique. Ces deux produits ajoutés aux ingrédients n'ont rien à voir l'un avec l'autre et sont soumis à des législations bien différentes.

1.4.1. Définition de l'auxiliaire technologique en France et dans le cadre de l'UE : [36]

Dans la directive n°89-107 CEE, en appendum de l'article premier, les auxiliaires technologiques sont définis comme : « *toute substance non consommée comme ingrédient alimentaire en soi et volontairement utilisée dans la transformation des matières premières, des denrées alimentaires ou de leurs ingrédients, pour répondre à un certain objectif technologique pendant le traitement ou la transformation et pouvant avoir comme résultat la présence non intentionnelle de résidus techniquement inévitables de cette substance ou de ses dérivés dans le produit fini et à condition que ces résidus ne présentent pas de risque sanitaire et n'aient pas d'effets technologiques sur le produit fini* » [55].

Cette définition a été reprise dans le décret du 31 juillet 2001 relatif aux auxiliaires technologiques pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine. Elle mérite quelques explications :

- « substance non consommée comme ingrédient en soi » : l'auxiliaire technologique ne peut jamais être considéré comme un ingrédient, même dans une autre recette ;
- « volontairement utilisée » : par opposition aux contaminants ;
- « ces résidus [...] n'aient pas d'effets technologiques sur le produit fini » : il doit avoir cessé d'exercer un rôle dans le produit fini, sinon, c'est un additif.

En résumé, nous pouvons définir les auxiliaires technologiques comme des substances ajoutées en petite quantité aux aliments au cours de leur préparation, mais, qui ne sont plus présents dans le produit fini, ou seulement sous forme de résidus techniquement inévitables. Ils ne sont pas considérés comme des constituants des produits finis.

1.4.2. Définition de l'auxiliaire technologique dans le cadre du Codex alimentarius :

La définition du Codex est la suivante : « *On entend par auxiliaire technologique toute substance ou matière, à l'exclusion des appareils ou instruments, non consommée comme ingrédient alimentaire en soi et volontairement utilisée dans la transformation des matières premières, des denrées alimentaires ou de leurs ingrédients, pour répondre à un certain objectif technologique pendant le traitement ou la transformation et pouvant avoir pour résultat la présence non intentionnelle mais inévitable de résidus ou de dérivés dans le produit fini* » [11]. Cette définition est proche de celle de l'UE, mais l'UE est plus précise quant à l'absence de risques dus aux résidus.

1.4.3. Distinction additif / auxiliaire technologique : [36]

La distinction entre additif alimentaire et auxiliaire technologique est primordiale pour ne pas confondre les substances et ainsi savoir à quelle législation se reporter pour l'utilisation des différents produits.

C'est en 1963 que les organisations internationales (Conseil de l'Europe, Communauté européenne et le Codex alimentarius), via la législation, distinguent les additifs (substance exerçant sur l'aliment un effet fonctionnel permanent et apparaissant sur l'étiquette) et les auxiliaires technologiques (intervention à effet transitoire : la substance n'apparaît pas sur l'étiquette en tant que constituant des produits finis) des autres produits chimiques.

Il n'est pas toujours possible de se référer à la teneur finale de la substance pour opérer la distinction. Bien souvent, la teneur en additif varie entre 100 mg/kg et 10 000 mg/kg (10g/kg) tandis que la teneur en auxiliaire technologique varie entre 1 mg/kg et 100 mg/kg, mais cela n'est pas toujours vérifié.

Contrairement au secteur des auxiliaires technologiques qui relèvent encore des réglementations nationales propres à chaque état membre de l'UE, le secteur des additifs alimentaires fait depuis 1989 l'objet d'une harmonisation communautaire totale.

Additifs et auxiliaires technologiques font l'objet de réglementations distinctes mais fondées sur le même principe, celui de l'autorisation d'emploi préalable, couramment appelé principe des « listes positives ». En d'autres termes, il est interdit d'employer, dans la fabrication des denrées alimentaires, des additifs ou des auxiliaires technologiques autres que ceux dont l'emploi aurait été déclaré licite.

1.5. Les liants : généralités [21]

Le terme de liant couvre l'ensemble des composants qui améliorent la cohésion, la tenue et la consistance des mélanges.

Différents classements sont possibles : selon leur mode d'action (émulsifiant, épaississant, gélifiant...), leur origine (animale ou végétale) et leur nature (protidique, glucidique, lipidique). Les classifications utilisées varieront au cours de ce travail.

1.5.1. Intérêts technologiques des liants dans les produits à base de viande :

Les liants ont essentiellement pour but de s'opposer à la séparation de l'eau et des gras (notamment au cours des traitements thermiques) et d'apporter aux produits (à trancher, à tartiner...) la texture désirée.

Dans les produits à base de viande, les protéines, dont les propriétés liantes sont excellentes, sont apportées par le maigre.

L'addition de liants se justifiera donc :

- dans les produits où la tenue est plus ou moins fortement compromise par les opérations technologiques de cuisson, appertisation, congélation ;
- dans les produits peu riches en maigre ou ceux contenant du maigre de qualité technologique médiocre (viandes grasses, exsudatives, congelées...).

1.5.2. Les liants d'origine protéique :

La figure n°1 donne la liste des principaux liants protéiques utilisés dans les produits à base de viande. Ces liants sont considérés comme des ingrédients.

	Liants	Principaux mode d'action	Nature des protéines	Teneur en protéines	Température (°C) de coagulation
Origine animale	lait et poudre	pouvoir de rétention d'eau	albumines, caséine	8% } 35% 27%	
	protéines de lactosérum	épaississant, émulsifiant	albumines	12 à 40%	+65° à +80°
	caséinate de sodium	émulsifiant, gélifiant	caséine	90%	ne coagule pas
	blanc d'œuf	épaississant, gélifiant	albumines	12%	+65°
	plasma sanguin	gélifiant, émulsifiant	albumines	8% si congelé 70% si en poudre	+65° à +70°
Origine végétale	isolats, concentrés protéiques de soja	émulsifiant, gélifiant	globulines	>90% si isolat 70 à 90% si concentré	+65° à +70°
	gluten	rétention d'eau	albumines, gliadine, glutéine	85%	+85°

Figure n°1 : Les principaux liants protéiques utilisés dans les produits à base de viande.

Source [21]

Les liants protéiques modifient la consistance des produits et doivent donc être utilisés avec précaution.

Ils doivent être choisis en fonction :

- de leurs caractéristiques propres car au cours de leur préparation, de leur purification, de leur stockage, ils peuvent être dénaturés,
- des conditions de milieu (pH, température...) qui leur permettront ou non d'exercer leur action dans des conditions optimales, en modifiant leur solubilité et leur coagulation.

Quand il s'agit de réaliser une émulsion, les liants protéiques émulsifiants doivent être incorporés dans les mélangeurs le plus tôt possible car les gras sont émulsifiés au cours du mélange. Les liants protéiques gélifiants peuvent être ajoutés simplement en cours de mélange de manière à rendre la mûlée aussi homogène que possible.

1.5.3. Les liants d'origine glucidique :

Ils sont souvent d'origine végétale. Nous pouvons les séparer en deux catégories :

- les amidons : féculé (pomme de terre, manioc), amidons de blé, amidons modifiés, farine de blé, maltodextrines.
- les hydrocolloïdes : alginates, carraghénanes, guar, caroube, gomme xanthane.

1.5.4. Les liants d'origine lipidique :

C'est le jaune d'œuf (lécithine) qui est utilisé traditionnellement. Les mono- et diglycérides (E471) ainsi que leurs esters (E472) ont aussi un très bon pouvoir émulsifiant.

1.6. L'émulsion et les émulsifiants :

1.6.1. L'émulsion :

☞ Définition : [10]

L'émulsion est un mélange de deux liquides non miscibles, l'un d'eux se trouvant sous la forme de petites gouttelettes dispersées et l'autre sous la forme d'une phase continue dispersante. Certaines émulsions alimentaires contiennent aussi des bulles de gaz et/ou des solides dispersés.

La formation de gouttelettes émulsifiées va de pair avec la création d'une surface interfaciale importante entre les deux phases non miscibles. Etant donné que tout liquide, pris séparément, tend à réduire autant que possible sa surface de contact avec un autre liquide non miscible, la création d'une surface interfaciale exige un apport d'énergie important. Dans l'industrie des produits à base de viande, cette énergie peut être fournie par des mélangeurs rapides, des homogénéiseurs ou des systèmes à ultrasons.

☞ Stabilité de l'émulsion : [10] [21]

L'émulsion résultante est instable et la structure de l'émulsion peut se modifier sous l'action de différents facteurs pour donner :

- le crémage : déplacement vers la surface des particules dispersées ou micelles,
- la sédimentation : déplacement vers le fond des particules dispersées,
- la floculation : agglomération de petites particules sous forme d'agrégats,
- la coalescence ou fusion des agrégats : la dimension moyenne des agrégats augmente et leur nombre total diminue,
- l'inversion de phase : changement de la structure de l'émulsion qui passe du type huile dans l'eau au type eau dans l'huile.

Divers phénomènes tendent toutefois à stabiliser les émulsions :

- ✓ une faible tension interfaciale entre les deux phases du fait de la nature de ces phases et/ou de l'addition d'agents tensioactifs ;
- ✓ la présence d'une couche interfaciale résistante, constituée par exemple par un film de protéines adsorbées, qui s'oppose mécaniquement à la coalescence des gouttelettes ;
- ✓ la présence de charges électrostatiques de même signe à la surface des gouttelettes dispersées, les forces de répulsion se manifestent lorsque les gouttelettes entrent en contact ;
- ✓ un petit diamètre des gouttelettes qui provoque une vitesse de crémage faible ;
- ✓ une forte viscosité de la phase continue, qui entraîne aussi une faible vitesse de crémage.

1.6.2. Les émulsifiants :

☞ Définition : [10] [13] [21]

D'après la directive modifiée 95/2/CE [56], un émulsifiant est : « *substances qui, ajoutées à une denrée alimentaire, permettent de réaliser ou de maintenir le mélange homogène de deux ou plusieurs phases non miscibles telles que l'huile et l'eau* ».

Ce sont des molécules qui présentent des pôles lipophiles et des pôles hydrophiles. Elles se placent à la périphérie des globules et maintiennent ainsi les deux phases en équilibre. Dans les produits alimentaires, deux grands types d'émulsifiants sont utilisés : les dérivés lipidiques et les protéines. Nous pouvons classer ces deux grands types d'émulsifiants en deux grandes classes de substances : les émulsifiants de faible masse molaire (monoglycérides,

lécithine, polyphosphates...) et les émulsifiants macromoléculaires (généralement des protéines, principalement d'œuf et de lait).

Les macromolécules dissoutes dans la phase continue peuvent aussi jouer un rôle de stabilisant soit parce qu'elles augmentent la viscosité de cette phase, soit parce qu'elles s'adsorbent à l'interface (protéines).

☞ Emulsifiants utilisés dans les produits à base de viande : [21]

Les émulsifiants naturels sont les protéines myofibrillaires (du muscle) soluble dans les solutions salines, en particulier l'actine, la myosine et à un moindre degré l'actomyosine. Dans les produits riches en muscle, leur présence suffit à assurer une très bonne tenue des émulsions. Il est possible d'ajouter divers autres liants protéiques : plasma sanguin, blanc d'œuf, caséinate de sodium, protéines de lactosérum, isolat de soja...

Les lipides (dont les additifs E471 et E472) sont aussi de très bons émulsifiants.

☞ Facteurs faisant varier l'efficacité de l'émulsion : [10] [21]

De nombreux facteurs influencent le caractère des émulsions : l'intensité de l'apport d'énergie, le volume de la phase liquide, la température, le pH, les forces ioniques, la concentration en protéines solubles et leurs propriétés émulsifiantes.

La solubilité des protéines :

La solubilité des protéines dépend de la protéine elle-même et de la teneur en sel du milieu. Ainsi, l'actine et la myosine sont très solubles dans les solutions salines jusqu'à 4 % de sel et encore plus si des polyphosphates sont ajoutés. Par contre, la solubilité des isolats de soja diminue beaucoup en présence de sel.

La température de dénaturation :

Le chauffage abaisse habituellement la viscosité et la rigidité du film protéique adsorbé à l'interface et par conséquent abaisse la stabilité de l'émulsion. Cependant, la gélification à chaud d'un film protéique interfacial fortement hydraté accroît sa viscosité de surface et sa rigidité, ce qui stabilise l'émulsion. Ainsi, la gélification des protéines myofibrillaires contribue à la stabilité thermique d'émulsions de viande et il en résulte une rétention accrue d'eau et de graisse et une plus grande cohésion.

L'augmentation de la température peut conduire à une insolubilisation de certaines protéines (plasma) et leur fait perdre leur pouvoir émulsifiant. Le caséinate de sodium qui ne se dénature qu'à des températures supérieures à celles de la cuisson des produits à base de viande reste un émulsifiant efficace jusqu'à la fin de la cuisson.

1.7. La gélification / épaissement et les gélifiants / épaississants : [21]

1.7.1 La gélification et l'épaississement :

Certaines macromolécules donnent seulement des solutions visqueuses (caséinates, guar, caroube et gomme xanthane). Une solution visqueuse ne forme pas un réseau structuré. Les molécules sont isolées mais entourées d'une « gangue » d'eau qui les empêche de se mouvoir facilement. Cependant, le milieu reste liquide.

D'autres macromolécules, comme les carraghénanes, les alginates (en présence de calcium), les protéines myofibrillaires, le blanc d'œuf, le plasma sanguin, les protéines du lactosérum forment des gels. Dans un gel, les molécules ne sont plus indépendantes comme dans la solution visqueuse, elles sont «organisées» et forment une structure rigide qui enserre l'eau dans ses mailles.

Certains épaississants qui, seuls, ne se gélifient pas, peuvent le faire s'ils sont associés à d'autres, et donner des gels très fermes et très stables. C'est le cas du mélange caroube-gomme xanthane. Par ailleurs, certains épaississants sont capables soit de donner plus de force ou de souplesse aux gels. La caroube renforce les gels de carraghénane par exemple.

Le gel est une structure fragile qui ne doit pas subir de refroidissements ou de réchauffements brutaux.

1.7.2. Les gélifiants et épaississants :

D'après la directive modifiée 95/2/CE [56], les gélifiants sont des : « *substances qui, ajoutées à une denrée alimentaire, lui confèrent de la consistance par la formation d'un gel* » ; et les épaississants sont des : « *substances qui, ajoutées à une denrée alimentaire, en augmentent la viscosité* ».

Les gélifiants et les épaississants utilisés dans les produits à base de viande appartiennent à deux familles :

Les protéines :

- Dans les produits à base de viande, les deux gélifiants de base sont les protéines myofibrillaires et le collagène.
- D'autres protéines animales sont capables de former par cuisson des gels : les albumines du lait, le blanc d'œuf, la caséine (en présence de carraghénane) et le plasma sanguin.

Les polysaccharides :

Ils sont extraits de graines, tubercules, algues, ou sont préparés par fermentation. Ce sont des macromolécules formées de longues chaînes dont les maillons sont des molécules de glucides ou des substances de familles voisines. Leur structure conditionne les propriétés du gélifiant.

2. Etude détaillée des liants autorisés en tant qu'ingrédients dans les produits à base de viande :

Le chapitre qui suit présente les ingrédients ne faisant normalement pas partie des recettes des produits à base de viande, mais dont l'ajout est autorisé. Nous nous intéresserons uniquement aux ingrédients pouvant présenter des propriétés liantes, épaississantes ou émulsifiantes au sein de ces produits.

Nous les présenterons selon la classe à laquelle ils appartiennent : protéique, glucidique, lipidique.

2.1. Les liants de nature protéique :

2.1.1. Le lait et ses dérivés :

Utilisé depuis longtemps dans les produits à base de viande, le lait tend de plus en plus à être remplacé par ses dérivés de qualité technologique supérieure et d'utilisation plus aisée.

☞ Le lait :

Composition moyenne du lait : [4]

Le lait est constitué en majeure partie d'eau (environ 870 g/L) dans laquelle nous trouvons en solution vraie ou colloïdale les autres constituants.

Le **lactose** (50 g/L environ) est un sucre. Sous l'action de la flore lactique, il se transforme en acide lactique. Il en résulte un abaissement du pH indispensable pour obtenir la coagulation du lait.

Les **matières grasses** (40 g/L environ) se trouvent en suspension dans le lait sous forme de millions de globules à l'état émulsionné.

Les **protéines** (34 g/L environ) sont de deux types et ont des propriétés bien différentes :

- Les caséines (27 g/L) qui se trouvent en suspension dans le lait sous forme de micelles (état colloïdal) flocculent sous l'action de l'acidité ou de la présure. Elles résistent bien à des traitements thermiques élevés (le lait frais chauffé ne coagule pas).

- Les autres protéines du lait (7 à 10 g/L environ) sont constituées par les lactoalbumines et les lactoglobulines. Elles sont solubles, précipitent à la chaleur (+65 à +80°C) et ne flocculent pas en milieu acide.

Propriétés du lait : [21]

Le lait présente différentes propriétés technologiques dues à la superposition des propriétés propres à chacun de ses composants :

- la caséine a une affinité moyenne pour l'eau, un pouvoir émulsifiant faible et ne coagule pas à la chaleur ;

- les protéines solubles ont une très bonne affinité pour l'eau, un bon pouvoir émulsifiant et coagulent à la chaleur ;

- le lactose a un pouvoir réducteur, est hygroscopique et est stable dans les produits à base de viande sauf si on a ajouté conjointement des ferments lactiques d'origine laitière.

Le lait est un excellent agent mouillant mais il a un faible pouvoir liant du fait de sa teneur réduite en protéines solubles (et plus aucune propriété s'il est stérilisé : les protéines solubles sont dénaturées), il présente donc des avantages limités au niveau technologique. Son intérêt est avant tout d'ordre gustatif et nutritionnel.

La poudre de lait présente l'avantage d'être d'utilisation plus aisée : elle peut être utilisée par saupoudrage ou après reconstitution.

Les dérivés du lait : [4] [21]

La figure n°2 détaille la composition des dérivés du lait.

	eau	caséine	protéines solubles	lactose	sels minéraux	propriétés technologiques
lait écrémé	900 g/L	27 g/L	7 g/L	52 g/L	9 g/L	mouillant, liant, saveur
poudre de lait écrémé	5%	27%	8%	52%	8%	liant, saveur
poudre de lactosérum	3%	traces	12,5%	72%	10%	liant
poudre de lactosérum ultrafiltré	3%	traces	20 à 80%	10 à 50%	5%	liant
lactose	0,1%	traces	traces	99%	traces	édulcorant
poudre de caséinate	4 à 6%	90%	traces	traces	5 à 6%	émulsifiant

Figure n°2 : Composition des dérivés du lait.

Source [21]

Le caséinate de sodium :

Le caséinate de sodium est préparé à partir de la caséine du lait par solubilisation de celle-ci dans la soude ou un sel de sodium.

C'est une protéine soluble utilisée dans les produits à base de viande pour son excellent pouvoir liant. En effet, il présente une bonne affinité pour l'eau (les solutions de caséinates sont visqueuses) et un excellent pouvoir émulsifiant. De plus, il a l'avantage de ne pas coaguler à la chaleur (résiste aux hautes températures).

Il est possible de trouver sur le marché des caséinates de sodium ayant une viscosité variable (d'un rapport de 1 à 100). Les caséinates à forte viscosité donnent une meilleure stabilité, car ils épaississent la phase aqueuse et s'opposent au déplacement des globules gras. La viscosité ne doit cependant pas être excessive (texture trop ferme ou caoutchouteuse), car elle gênerait la formation de l'émulsion.

Ils sont utilisés à sec par saupoudrage, sous forme de solution protéique ou d'émulsion grasse.

Le lactosérum :

Composition :

C'est la fraction aqueuse et soluble du lait obtenue après séparation du caillé de caséine (préparation des fromages) ou de la caséine. Il est constitué en majeure partie du lactose, des protéines solubles et des sels minéraux. Selon le mode de fabrication du caillé de caséine (lactique ou présure), on obtient un lactosérum plus ou moins acide et plus ou moins minéralisé.

Intérêt technologique :

Les propriétés technologiques correspondent à la superposition des propriétés des deux principaux composants : le lactose et les protéines solubles.

Cependant, du fait de sa faible teneur en protéines, le lactosérum non ultra-filtré présente un faible intérêt technologique. Il est néanmoins possible de préparer des lactosérums beaucoup plus riches en protéines (30 à 80%) par ultra-filtration.

L'ultra-filtration consiste en la séparation du lactose (molécule de petite taille) et des protéines (molécules de grosse taille).

Qualité des lactosérums :

Il existe sur le marché des poudres de lactosérum de différentes qualités. Les paramètres à prendre en considération sont :

- ✓ L'acidité : le lactosérum doit être doux ou peu acide (pH supérieur à 6), car l'acidité diminue le pouvoir de rétention d'eau des viandes ;
- ✓ La teneur en sels minéraux : les minéraux diminuent la perméabilité des cellules de la viande et l'efficacité des polyphosphates. Les lactosérums de meilleure qualité sont déminéralisés ;
- ✓ La teneur en protéines : le pouvoir liant augmente avec la teneur en protéines. Il faut préférer les lactosérums ayant un minimum de 35% de protéines ;
- ✓ La température de coagulation : les protéines de sérum coagulent entre +65°C et +80°C, mais de nouvelles techniques de préparation permettent d'obtenir des protéines qui coagulent à plus basse température.

2.1.2. Les œufs (blanc) et les ovoproduits :

Le terme «œuf» sans autre qualificatif désigne l'œuf de poule avec sa coquille. Pour les autres animaux, le mot «œuf» est suivi de l'espèce (par exemple : œuf de caille).

Le terme «ovoproduit» recouvre l'ensemble des produits dérivés des œufs : œuf écoqué entier, jaune ou blanc et pouvant se présenter sous des formes diverses : frais, pasteurisés, congelés ou en poudre.

☞ Composition des œufs et des ovoproduits : [39]

La figure n°3 présente la structure interne d'un œuf.

Le poids des œufs varie de 45 à plus de 70g (en moyenne 60g) dont :

- Coquille : 10 à 11 %	
- Blanc : 60 %	
humidité	88 %
protéines	10%
glucides libres	0,5%
lipides	< 1%
matières minérales	0,5%
- Jaune : 30 %	
humidité	50%
protéines	16%
lipides	33%
glucides	< 1%
matières minérales	0,8%

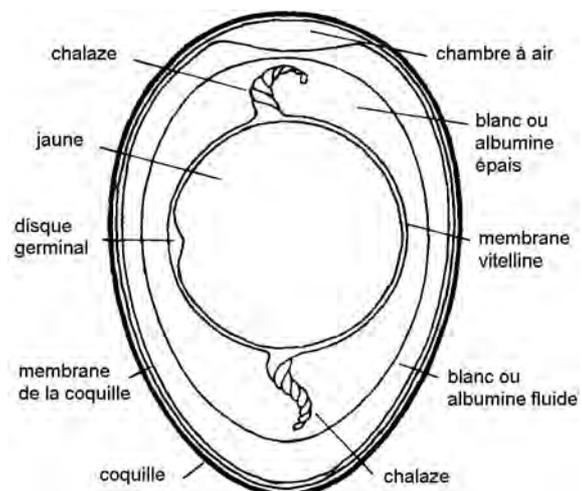


Figure n°3 : Structure d'un œuf.

Source [21]

☞ Différentes présentations : [21] [26]

Au cours de leur conservation, les œufs subissent un grand nombre de modifications d'origine enzymatique et microbienne qui diminuent leurs qualités technologiques.

Suivant leur qualité et leur mode de conservation, nous distinguons plusieurs catégories d'œufs. Les œufs de catégorie sanitaire A sont utilisés pour la consommation ménagère et collective, les œufs des autres catégories peuvent être utilisés dans l'industrie des ovoproduits.

Il existe plusieurs présentations des ovoproduits : frais, pasteurisés, congelés, séchés ou concentrés, obtenus par ultrafiltration de l'œuf liquide. Les ovoproduits concentrés, salés et/ou sucrés, peuvent être manipulés et conservés pendant plusieurs mois à température ambiante. Pour cela, les ovoproduits sont conditionnés dans des bidons ou des briques (tetra pack) de contenances variables. Toutes les qualités émulsionnantes, foisonnantes, coagulantes, organoleptiques et technologiques de l'œuf frais sont ainsi conservées.

☞ Intérêts technologiques du blanc d'œuf et des ovoproduits : [21]

Pouvoir liant :

Les protéines du blanc d'œuf sont des albumines qui coagulent à basse température (entre +60 et +65°C) et forment un gel qui emprisonne dans ses mailles les composants du produit dans lequel il est incorporé. C'est un liant idéal pour les produits peu cuits. Cette coagulation s'accompagne d'une augmentation de la consistance.

Le blanc d'œuf frais présente un pouvoir liant meilleur que le blanc d'œuf congelé. Dans des conditions de séchage normales, le pouvoir coagulant est préservé.

Pouvoir moussant :

Il n'est utilisé qu'en pâtisserie.

2.1.3. Le sang et ses dérivés :

☞ Caractéristiques du sang : [52]

Le sang est un liquide organique, de couleur rouge plus ou moins sombre, un peu visqueux et opaque. Un examen microscopique révèle qu'il contient des éléments figurés, en suspension dans un liquide clair, le plasma.

Parmi les éléments solides, nous distinguons des globules qui sont de trois types :

- les globules rouges ou hématies, très nombreux,
- les globules blancs ou leucocytes, assez rares,
- les plaquettes sanguines, peu nombreuses.

Le sang peut être séparé par sédimentation en deux tiers de plasma contre un tiers de cruor (phase lourde constituée des éléments solides).

La figure n°4 récapitule toutes ces données.

Composition chimique du sang : [21] [52]

Elle est variable selon les espèces mais globalement, le sang renferme 80 à 85% d'eau, 15 à 18% de protéines, 2 à 3% de matières minérales et présente un pH proche de la neutralité.

Traitement du sang : [21]

Au contact de l'air, le sang coagule. En effet, le fibrinogène qu'il contient se transforme, en présence des sels de calcium, en un réseau de fibrine qui provoque la formation d'un caillot (prise en masse des éléments figurés) séparé de la phase liquide (sérum). Cette formation est très rapide (une minute environ) mais pour garder le sang liquide, deux solutions sont possibles : mécanique (défibrinateur) et chimique (ajout de phosphates en France ou de citrate dans certains autres pays de l'UE).

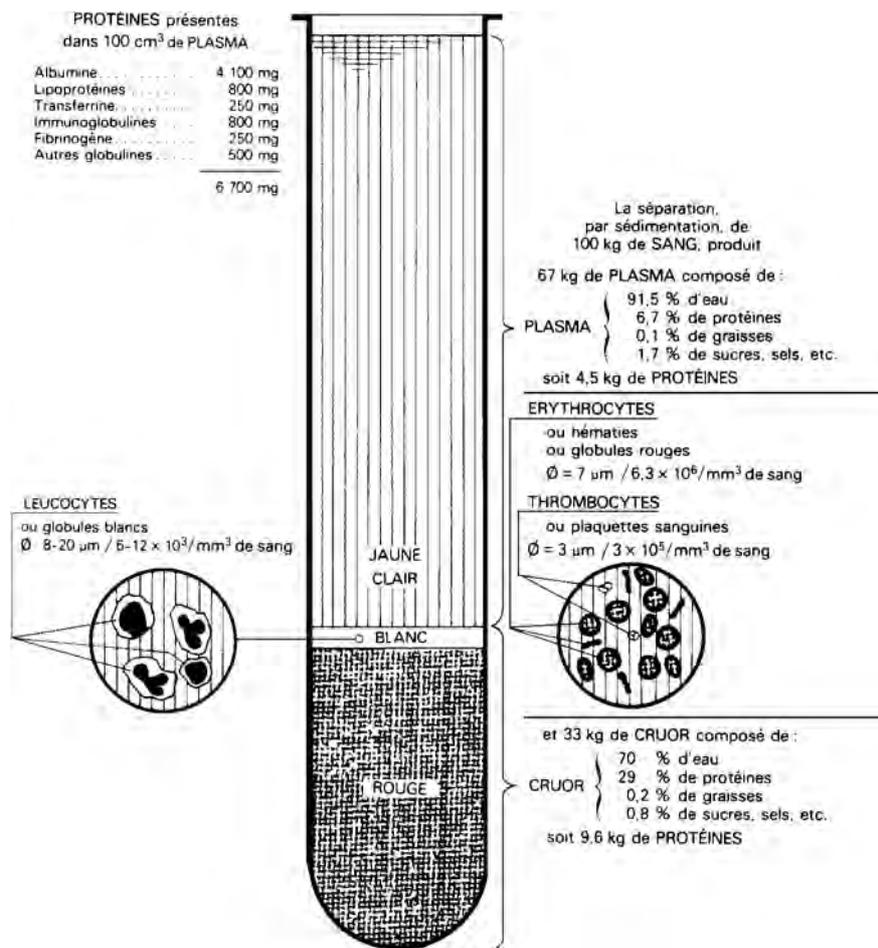


Figure n°4 : Composition du sang.

Source [21]

☞ Les différentes utilisations du sang et de ses dérivés : [21]

Le sang peut être utilisé pour trois grands types d'usage :

- usage opothérapique (pharmaceutique) ;
- usage dans l'alimentation humaine : le sang est récupéré à cette fin essentiellement chez les porcs, mais également chez les veaux et les bovins. Il peut être utilisé entier (fabrication des différents types de boudins) ou séparé (fabrication du plasma : liant dont l'emploi est autorisé dans la fabrication de certains produits à base de viande). Le sang entier et le plasma sont commercialisés frais, congelés ou en poudre ;
- usage industriel : engrais, tannerie, industrie textile, confection du béton...

☞ Dérivé du sang ayant des propriétés liantes : le plasma

Les différentes présentations du plasma : [21] [35]

Le plasma liquide frais est très périssable et doit être utilisé dans les plus brefs délais. Sinon, il doit être séché ou congelé.

La figure n°5 détaille la composition des plasmas liquides et séchés.

	eau	protéines	sels minéraux	matière grasse	autres
plasma liquide ou congelé	90,8	7,9	0,8	0,1	0,4
plasma séché	7,0	71,9	16,5 *	1,0	3,6

* Dont 9,2% apporté par l'anti-coagulant.

Figure n°5 : Composition du plasma en %.

Source [21]

Poudre de plasma : le séchage en cuiseur provoque la dénaturation des protéines qui perdent leurs propriétés fonctionnelles. Le sang doit donc être séché par atomisation (procédé Spray) à température modérée. Si le plasma est insuffisamment séché, ou s'il est stocké dans un local humide, à température trop élevée, des réactions d'oxydation entraînent une baisse de la solubilité.

Il peut être utilisé à sec par saupoudrage, en solution préparée juste avant fabrication ou sous forme d'émulsion grasse préparée à l'avance à chaud (entre +30 et +50°C).

Plasma congelé : le plasma peut être congelé en pains ou en paillettes : il conserve ainsi toutes ses propriétés liantes.

Qualités et intérêts technologiques du plasma : [21]

La qualité technologique du plasma dépend de sa teneur en protéines mais aussi de la qualité de ces protéines. Elles ne sont liantes que si elles sont solubles, il ne faut donc pas qu'elles aient été dénaturées au cours du séchage.

Pouvoir gélifiant : les solutions de plasma préparées à froid présentent une faible viscosité. Les protéines de plasma commencent à coaguler à +60°C. A partir d'une concentration de 4%, la solution protéique chauffée à +65°C, forme un gel dont la fermeté continue d'augmenter jusqu'à +75°C, puis se stabilise.

Pouvoir émulsifiant : les protéines de sang de porc et de bœuf présentent une bonne capacité émulsifiante équivalente à celle du caséinate de sodium et de l'isolat de soja.

2.1.4. Les protéines végétales, isolées, concentrées :

Les différentes catégories de protéines végétales: [10] [21]

Nous étudierons les protéines végétales en fonction de leur teneur en protéine, aussi nous distinguerons outre le gluten, les farines ou semoules, les concentrés et les isolats.

Le gluten :

Le gluten (100% protéique) est séparé de la fraction amylacée du blé après mouture sous un courant d'eau froide (lixiviation), les protéines de blé restant liées en masse.

Après séchage à température modérée, nous obtenons le gluten «vital» utilisé en panification. Si le gluten «vital» est soumis à une plus forte chaleur, ses propriétés changent : nous obtenons le «gluten de blé dévitalisé» qui présente des propriétés liantes.

Le gluten de blé est capable d'absorber jusqu'à deux fois son poids en eau, formant ainsi un réseau viscoélastique. Il coagule en réseau ferme à +85°C.

Le gluten a comme caractéristique essentielle d'avoir une bonne affinité pour l'eau, il évite donc le rejet de gelée à la cuisson ou à la stérilisation. Il a la propriété de donner une pâte élastique qui peut assurer une bonne liaison entre les particules de viande, mais il existe des cas d'intolérance au gluten chez l'homme (maladie caeliaque).

Les protéines isolées (ou isolats) :

Leur teneur en protéines par rapport à la matière sèche est supérieure à 90 %.

Les propriétés émulsifiantes sont bonnes si leurs protéines n'ont pas été dénaturées au cours de l'extraction.

L'isolat le plus connu est l'isolat de soja qui présente d'excellentes propriétés liantes.

Pouvoir gélifiant :

✓ Comportement à froid : à des concentrations inférieures à 7%, les solutions protéiques sont visqueuses, si la concentration devient supérieure à 7%, la solution protéique forme un gel.

✓ Comportement à la chaleur : la vitesse de coagulation et la fermeté du gel dépendent de la concentration protéique, de la température et de la durée de chauffage. Pour des concentrations de 8 à 14% les gels se forment en 10 à 30 minutes à une température de chauffage de +70 à +100°C. Si la température excède 125°C, les gels se rompent. Au-dessus d'une concentration de 16-17%, les gels sont fermes, élastiques et beaucoup plus résistants aux hautes températures.

✓ L'acidification à pH 5,5 de solutions de protéines de soja, ou l'addition d'ions calcium, provoquent la coagulation et la formation d'un « caillé » protéique. De tels caillés sont moins fermes que les gels obtenus par chauffage. Si ces caillés isoélectriques ou calciques sont chauffés, les chaînes polypeptidiques se déplient, un réseau tridimensionnel se forme, et la texture devient celle d'un gel.

Pouvoir émulsifiant :

L'isolat de soja présente un pouvoir émulsifiant voisin de celui du caséinate de sodium. Il est possible de former à partir d'une partie d'isolat, de 6 à 7 parties d'eau et de 6 à 7 parties de gras, une émulsion stable après cuisson et appertisation.

Les concentrés (ou concentrats) :

Leur teneur en protéines par rapport à la matière sèche est supérieure à 65 %. Ils sont très souvent texturés, colorés et aromatisés.

Ils ont, tout comme le gluten, une bonne affinité pour l'eau et évitent donc les rejets de gelée à la cuisson ou à la stérilisation.

Les farines et semoules :

Leur teneur en protéines est supérieure à 40% pour les farines non dégraissées et 50% pour les farines dégraissées. Elles sont obtenues par broyage de la graine décortiquée ou dépelliculée pour les céréales et des tourteaux dégraissés ; pour les oléagineux. Les farines se distinguent des semoules par leur granulométrie. Celle de la farine est de l'ordre de 0,1 mm alors que celle de la semoule est de l'ordre de 0,3 à 0,5 mm.

🔗 Présentation des protéines végétales : [21]

La cuisson/extrusion et le filage humide sont les procédés les plus employés pour obtenir des présentations différentes.

La cuisson/extrusion est un procédé qui donne des produits expansés à structure alvéolaire ou fibreuse (meat extenders dans la littérature anglo-saxonne) utilisés pour remplacer une partie des protéines traditionnelles.

Il est le plus utilisé car les opérations peuvent être réalisées en continu et à faible coût. De plus, il permet de traiter des matières premières peu purifiées donc moins onéreuses.

Le filage humide permet d'obtenir des produits fibreux dont la structure se rapproche de celle de la viande ou du poisson. Ce sont les «analogues» dans la terminologie anglo-saxonne. Ils peuvent servir à la préparation de produits élaborés.

Il s'agit d'un procédé très complexe, coûteux en main d'œuvre et en produits chimiques, mais ce coût reste accessible pour les produits à base de viande.

Utilisation des protéines végétales : [10] [21]

Les interactions protéines - eau :

Schématiquement, il est possible de décrire plusieurs états de l'eau associée aux protéines. Les protéines interagissent avec l'eau par leurs liaisons peptidiques (dipôle - dipôle, liaison hydrogène) ou par les chaînes latérales des acides aminés (interaction avec les groupements ionisés, polaires et même non polaires).

Il est important de signaler que les propriétés fonctionnelles des protéines végétales dépendent :

- ✓ des caractéristiques de la matière première : il existe des variations entre les protéines des différentes variétés de soja, et entre les glutens de différentes variétés de blé... ;
- ✓ des traitements thermiques subis ;
- ✓ du milieu, pH, force ionique, concentration en protéines...

Variations liées aux protéines elles-mêmes :

Le principal facteur influençant le comportement viscosimétrique des fluides protéiques est le diamètre apparent des molécules ou particules dispersées. Ce diamètre dépend des caractéristiques intrinsèques de la molécule (masse, taille, structure, charges électriques...), des interactions protéines-solvant (qui influencent le gonflement, la solubilité) et des interactions protéine-protéine (qui déterminent la taille des agrégats).

Variations liées aux traitements thermiques :

En règle générale, la solubilité des protéines s'accroît avec une élévation de la température de 0 à 40-50°C. En-dessous de 40-50°C, le mouvement des molécules devient suffisant pour rompre les liaisons impliquées dans la stabilisation des structures secondaires et tertiaires. Cette dénaturation est souvent suivie d'agrégation, la solubilité de la protéine dénaturée devenant inférieure à celle de la protéine native. Cependant, l'aptitude des protéines dénaturées à fixer l'eau n'est que très légèrement modifiée ; quelquefois elle est même accrue (principalement par absorption d'eau dans les capillaires du coagulum ou du gel formé).

Variations liées au pH :

Pour des valeurs de pH supérieures ou inférieures au point isoélectrique, la protéine porte une charge négative ou positive et les molécules d'eau interagissent avec ces charges contribuant ainsi à sa solubilisation. Ce comportement est mis à profit pour solubiliser certaines protéines et en particulier les protéines de graines (soja, tournesol...). La solubilité est supérieure aux pH alcalins par rapport aux pH acides.

Variations liées à la force ionique du milieu :

Les ions réagissent avec les charges des protéines et abaissent l'attraction électrostatique entre les charges opposées de groupements voisins. En outre, la solvataion due à ces ions permet d'augmenter la solubilité des protéines. A forte concentration saline, il n'y a plus assez de molécules d'eau disponibles pour la solubilisation de la protéine car la majorité de l'eau est fortement liée aux sels. Ainsi, les interactions protéines-protéines deviennent plus importantes que les interactions protéines-eau et cela peut conduire à une agrégation suivie de précipitation des molécules protéiques.

☞ Intérêt des protéines végétales :

Elles permettent de fournir, en général à prix abordable, des protéines de très bonne valeur nutritionnelle.

Dans les produits à base de viande en tant qu'agents technologiques (liant), elles sont fortement concurrencées par les protéines animales (ovalbumine, protéines du lait et du sang).

2.1.5. Les levures : [1] [14] [21] [28]

☞ Généralités sur les levures :

Les levures sont des champignons microscopiques qui, à un moment donné de leur cycle biologique, perdent la propriété de former un mycélium. Ce sont des êtres unicellulaires de quelques millièmes de mm (de 5 à 8µm) qui peuvent avoir des formes très variables suivant les espèces.

Les levures ont la faculté de fermenter et d'assimiler les sucres. Leurs facteurs de développement sont les mêmes que pour les bactéries. Les valeurs limites sont en général une température supérieure à -10°C, un pH supérieur à 4, et une activité de l'eau du support supérieur à 0,60 (Aw : activity water correspond au taux d'eau libre dans les aliments).

☞ Les levures aliments :

Les levures aliments sont des levures sélectionnées et cultivées dont le potentiel de multiplication est mis à profit pour élaborer des protéines et des vitamines à partir d'un substrat comportant une source carbonée, une source azotée et des sels minéraux.

Elles sont constituées de 50% à 65% de protéines d'excellente qualité, de sels minéraux et de nombreuses vitamines. Outre leur valeur nutritionnelle, les protéines de levures présentent des propriétés liantes, une capacité de rétention d'eau et renforcent les arômes.

2.2. Les liants de nature amylacée :

Les liants amylacés sont décrits ici du plus grossier au plus fin : la chapelure est produite à partir de denrées contenant de la farine ; la farine est elle-même composée principalement d'amidon.

2.2.1. La chapelure :

La chapelure est à l'origine issue de pain rassis émiétté (en général des parures), séché au four, pilé et tamisé. Actuellement, elle provient surtout des biscottes car elle est plus légère que celle provenant du pain. Elle sert à saupoudrer certains aliments pour les faire frire ou gratiner. [27] [39]

2.2.2. La farine : [21]

La dénomination « farine » sans autre qualificatif désigne le produit de la mouture de l'amande du grain de froment (blé) nettoyé.

☞ Utilisation de la farine :

La farine est surtout destinée à l'élaboration de pâtes pour la fabrication des produits de boulangerie, biscuiterie, pâtisserie et donc de la pâtisserie charcutière. Elle est également utilisée comme liant dans les produits à base de viande grâce à sa teneur en amidon et en gluten.

☞ Composition de la farine :

La composition de la farine est variable. Elle dépend essentiellement du type de blé mis en œuvre (le blé tendre a une teneur en protéine moyenne, alors que le blé de force est riche en protéine) et du taux d'extraction (pourcentage de farine extrait du blé).

Ses principaux composants sont les suivants :

- *Amidon* (70 - 75% dans la farine type 55) : c'est le principal constituant de la farine, il lui donne sa couleur blanche. Ses propriétés principales sont l'absorption d'eau, le rôle dans les propriétés plastiques des pâtes ou la texture des produits, une source d'aliment pour les levures biologiques responsables de la fermentation, la formation d'un empois d'amidon et la réaction avec les protéines au cours de la cuisson pour donner au produit une couleur brune, une odeur et une saveur caractéristiques (réaction de Maillard).

- *Les protéines* de l'amande du grain composent le gluten. Son rôle est de former un réseau qui soutient la pâte et lui confère ses propriétés rhéologiques (extensibilité, élasticité).

- *Les enzymes* : la farine contient des enzymes responsables de la dégradation de ses composants dont les effets peuvent être favorables ou défavorables (rancissement, dégradation des protéines, fermentation...). Pour les produits à base de viande, il est préférable que le pouvoir enzymatique soit le plus faible possible.

2.2.3. Les amidons natifs et amidons modifiés : [4] [7] [21] [30]

Le terme d'amidon est utilisé pour les céréales, celui de fécule pour les racines et tubercules (pomme de terre, manioc), mais les deux correspondent aux réserves énergétiques des végétaux.

Amidons natifs : $(C_6H_{10}O_5)_n$

Ils se présentent sous forme de granules semi-cristallines de 1 à 100µm. Extraits des cellules végétales, les amidons natifs ont des propriétés différentes selon leur composition et leur origine. Ils entrent dans les produits à base de viande, à faible dose, en tant que liants.

Composition chimique de l'amidon :

Composition chimique :

L'amidon est un homopolymère : il est formé par l'assemblage de très nombreuses unités de glucopyranose, l'une des formes cycliques du glucose.

Composition moléculaire de l'amidon :

La composition chimique de l'amidon est à l'origine d'une grande variété d'édifices macroscopiques. L'amidon est en fait une substance hétérogène, constituée de deux composants principaux, l'amylose et l'amylopectine. La proportion de ces deux composants varie en fonction de l'origine végétale de l'amidon.

- L'amylose est une longue chaîne d'unités glucose qui prend une structure hélicoïdale avec un canal central hydrophobe. Elle est composée de 250 à 6 000 monomères (les chiffres sont variables en fonction des auteurs). Les amidons les plus connus en France, ceux du blé et de la pomme de terre sont relativement riches en amylose (20 à 30%).

L'amylose est soluble dans l'eau à chaud (70°C), mais après refroidissement, elle cristallise.

- L'amylopectine est une chaîne ramifiée (à peu près tous les 20 résidus) de plus de 40 000 unités glucose. L'amylopectine est beaucoup plus abondante que l'amylose. Les amidons dits « cireux » ou « glutineux » en contiennent jusqu'à 95-97%, tels ceux du riz, du maïs, du sorgho...

Mode d'action des amidons : (figure n°6)

Le comportement des amidons au cours du chauffage et du refroidissement explique leurs propriétés.

Avant chauffage :

L'amidon est insoluble à froid et se comporte comme un corps inerte, c'est uniquement après un chauffage suffisant qu'il acquiert ses propriétés.

Au cours du chauffage (> 60°C) ou de la cuisson :

L'apport d'énergie modifie la structure (rupture des liaisons hydrogènes qui maintenaient les chaînes entre elles), les grains d'amidon absorbent de l'eau (jusqu'à 20 fois leur volume), la viscosité augmente, c'est la gélatinisation. Ce gonflement est irréversible. Dans un deuxième temps, la viscosité décroît, nous obtenons un magma colloïdal soluble, fragile, caractéristique de l'empois d'amidon.

Pendant le refroidissement :

Il se forme de nouvelles liaisons entre les chaînes. Les caractéristiques du produit à froid sont dictées par la dose d'emplois et le type d'amidon :

- ✓ si la dose d'emplois est faible, la quantité est insuffisante pour lier l'ensemble des composants du produit, il en résulte un simple épaississement,
- ✓ si la dose d'emplois est suffisante, il y a formation d'une liaison homogène : le gel est ferme.

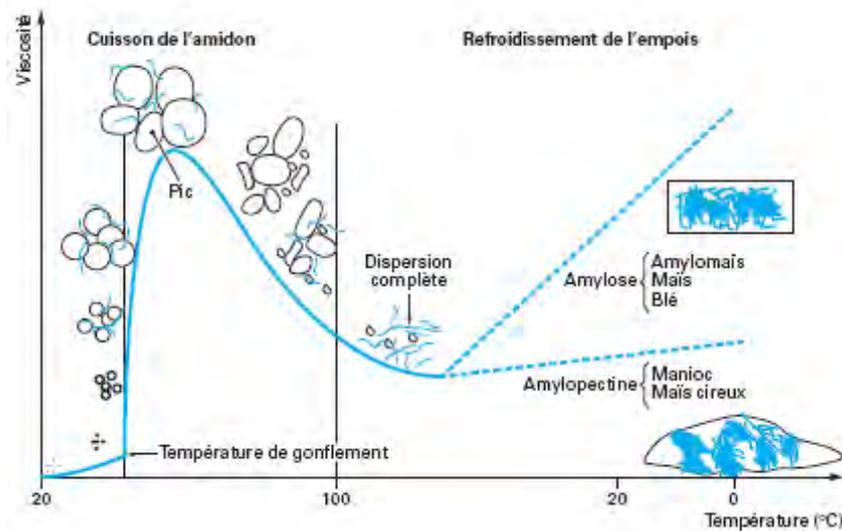


Figure n°6 : Comportement général des amidons à la cuisson et au refroidissement. En abscisse la température en °C et en ordonnée la viscosité.

Source [7]

Lors de l'entreposage :

Le «gel» évolue, il y a changement de structure, l'amidon s'insolubilise : c'est la rétrogradation. Il peut perdre ainsi son pouvoir liant : ce qui se manifeste par l'apparition d'une synérèse, c'est-à-dire une séparation des phases ou la formation de grumeaux.

La rétrogradation, phénomène irréversible, est difficilement maîtrisable car elle est influencée tant par la formulation du produit que par les traitements subis. Elle est plus marquée avec l'amylose qu'avec l'amylopectine.

Les propriétés des amidons natifs :

Les amidons natifs présentent, dans certaines conditions, de très bonnes propriétés liantes, mais qui restent limitées.

Les principaux inconvénients des amidons natifs sont les suivants :

- ✓ ils forment un gel le plus souvent opaque ;
- ✓ ils résistent mal aux traitements thermiques élevés, aux cisaillements (cutterage), au stockage prolongé au froid et surtout à la congélation ;
- ✓ ils supportent mal l'acidité : à un pH inférieur à 5, la gélatinisation diminue en même temps que la viscosité, il en résulte une diminution du pouvoir liant et stabilisant,
- ✓ ils nécessitent une cuisson, 56 à 69°C pour le blé et pour la pomme de terre et 62 à 74°C pour le maïs [116].

Leur emploi est réservé à des produits à base de viande ou des sauces soumis à des cuissons ou des traitements technologiques modérés et consommés rapidement après leur préparation.

Les plus utilisés sont la fécule de pomme de terre et l'amidon de maïs. La fécule de pomme de terre a une saveur plus marquée, de très bonnes qualités liantes, mais elle est fragile.

L'amidon de maïs présente la particularité d'être presque totalement constitué d'amylopectine : il ne gélifie pas mais épaissit et donne des solutions stables et translucides.

Les propriétés liantes de la farine de blé sont moins bonnes que celles de l'amidon de blé qui en est extrait pour plusieurs raisons : sa composition est variable (amidon, gluten) et la teneur en amidon est moindre par rapport à l'amidon pur, de plus elle renferme des enzymes qui hydrolysent l'amidon et les interactions gluten-amidon renforcent le phénomène de rétrogradation.

Amidons modifiés :

Définition :

D'après la directive modifiée 95/2/CE [56], les amidons modifiés sont : « *les substances obtenues au moyen d'un ou plusieurs traitements chimiques d'amidons alimentaires, qui peuvent avoir été soumis à un traitement physique ou enzymatique, et peuvent être fluidifiés par traitement acide ou alcalin ou blanchis* ».

Composition chimique des amidons modifiés :

Il s'agit d'un amidon natif ou une fécule native traité(e) de façon à modifier une ou plusieurs des propriétés (et donc de les améliorer) physiques ou chimiques initiales.

Il existe trois grands types d'amidons modifiés :

- Les malto-dextrines : ce sont des amidons qui ont été soumis à une hydrolyse. Ils ont l'avantage d'être solubles et de présenter des propriétés liantes et stabilisantes.

- Les amidons prégélatinisés : ce sont des amidons d'origines diverses qui ont été précuits, ils présentent des propriétés liantes à froid et n'ont donc pas besoin d'être soumis à un chauffage. Ils seront utilisés en tant que liants dans les produits où la cuisson n'est pas souhaitée ou doit rester modérée.

- Les amidons réticulés : ils sont obtenus par création de nouveaux ponts entre les chaînes carbonées. En fait, il est possible d'ajuster l'intensité de la réticulation aux conditions des traitements auxquels seront soumis les produits (pH, température, pression, cisaillement...). L'amidon réticulé a une plus haute viscosité que l'amidon natif correspondant.

En définitive, c'est à partir des contraintes imposées par la fabrication et la distribution du produit que l'on peut valablement proposer tel ou tel amidon modifié.

Les différents types d'amidon et leurs propriétés :

Les propriétés des principaux types d'amidon sont détaillées dans le tableau ci-après.

	% amylose	température de gélatinisation °C	pouvoir liant	aspect de l'empois	texture du gel	résistance aux traitements technologiques et à l'acidité
fécule de pomme de terre	20	60 - 65	très bon	peu opaque	le moins ferme	faible
fécule de manioc	15	60 - 65	passable	translucide	ferme	faible
tapioca	17	67	bon	translucide	onctueuse	bonne
amidon de maïs	25	70 - 75	bon	opaque	très ferme	moyenne
amidon de maïs cireux	1	70 - 75	bon	translucide	épaississant (pas de gel)	bonne
amidon de blé	25	80 - 85	bon	opaque	ferme	moyenne
amidons modifiés	selon amidon	selon amidon	très bon	translucide	ferme	très bonne
malto-dextrines	selon amidon	selon amidon	bon	selon amidon	peu ferme	moyenne
amidons prégélatinisés	selon amidon	selon amidon	bon	selon amidon	selon amidon	bonne

Figure n°7 : Caractéristiques des amidons.

Source [21]

2.3. Les liants de nature lipidique :

Seul le jaune d'œuf est autorisé dans les produits à base de viande. Il a un léger pouvoir liant et un pouvoir émulsifiant dû à la lécithine qu'il contient mais qui présente peu d'intérêt pour les produits à base de viande. Il a aussi un pouvoir colorant : le jaune confère aux produits une teinte jaune vif agréable à l'œil mais qui n'est pas recherchée pour colorer la masse interne des produits. [21]

Malgré ses nombreuses propriétés intéressantes, le jaune d'œuf n'est quasiment pas utilisé dans les produits à base de viande.

3. Etude détaillée des additifs alimentaires autorisés comme liants dans les produits à base de viande :

Dans ce chapitre, la classification est établie selon le mode d'action des produits. Nous aborderons donc d'abord les produits dits émulsifiants puis les produits dits gélifiants ou épaississants.

3.1. Les additifs alimentaires émulsifiants : [13] [65]

La liste des aliments autorisant certains additifs alimentaires est clairement énoncée par le Code des Usages de la Salaison et des Conserves de Viande [9]. Ce guide de référence a pour principe la liste positive c'est-à-dire que tout ce qui n'est pas expressément autorisé est interdit. Le guide indique donc que seules les quatre familles de préparations suivantes ont le droit d'ajouter des additifs alimentaires émulsifiants :

- pâté, mousse
- pâté, mousse supérieur(e), terrine, crème
- pâté, mousse de foie
- pâté, mousse de foie supérieur(e), terrine, crème, purée de foie

3.1.1. Généralités :

Les additifs alimentaires émulsifiants sont des esters partiels d'acides gras et de polyols ou d'acides organiques d'origine animale (lard, suif) ou végétale (huile). Ces additifs sont des agents émulsifiants très peu solubles dans l'eau, leur caractère lipophile domine. Pour améliorer leur efficacité, il est possible d'estérifier ces molécules avec des acides organiques.

Ces émulsifiants sont des molécules tensioactives, dont la structure renferme à la fois des fonctions hydrophiles (partie polaire) et des fonctions hydrophobes (partie apolaire). Ces tensioactifs tendent à s'orienter aux interfaces huile/eau de sorte que leur tête polaire hydrophile (fonction acide, fonction ester) se trouve dans la phase aqueuse et leur chaîne hydrophobe (partie lipophile composée de la chaîne carbonée en général) dans la phase non aqueuse. Ceci leur permet de stabiliser les émulsions thermodynamiquement instables.

3.1.2. E471 et E472 (a,b,c,d,e et f) : Les mono- et diglycérides d'acides gras et leurs esters :

Les additifs utilisables sont restreints à une liste fort courte puisqu'elle n'autorise que les mono- et diglycérides d'acides gras (E471) pour toutes les préparations citées précédemment. Les esters des mono- et diglycérides d'acides gras (E472 a,b,c,d,e et f) sont quant à eux exclusivement autorisés dans les mousses et crèmes.

L'additif E471 constitue la classe la plus importante des émulsifiants. Il est obtenu par une réaction de transestérification entre un triglycéride et du glycérol, en présence de soude à 200 - 250°C sous vide.

Les additifs E472 a à f sont, quant à eux, obtenus par estérification avec les acides organiques suivants : l'acide acétique, l'acide lactique, l'acide citrique et l'acide tartrique.

La législation [65] fixe des méthodes d'identification de ces produits purs :

- la mesure du spectre infrarouge doit être caractéristique d'un ester partiel d'acide gras d'un polyol pour E471,
- les tests de recherche du glycérol et des acides gras doivent être positifs pour tous. Doivent s'ajouter des résultats positifs aux tests de recherche de l'acide acétique pour E472a, recherche de l'acide lactique pour E472b, recherche de l'acide citrique pour E472c, recherche de l'acide tartrique pour E472d et enfin des résultats positifs aux recherches des acides tartrique et acétique pour E472e et f ;
- les composés doivent avoir une certaine solubilité (nous retrouvons celle ci dans la figure n°8 page suivante)

Ces émulsifiants sont principalement utilisés dans les pains spéciaux, les produits de panification, biscuiterie, biscotterie, spécialités laitières, matières grasses allégées... Les esters diacétyltartriques utilisés en panification confèrent de la texture au produit. Les esters citriques sont, quant à eux, utilisés dans les margarines où ils jouent un rôle d'antioxydant. Ces émulsifiants sont aussi utilisés dans les produits à base de viande pour leur rôle émulsifiant (mousses...).

3.2. Les additifs alimentaires gélifiants et épaississants :

Les produits à base de viande autorisant les additifs alimentaires en tant que gélifiants ou épaississants sont tous les produits appartenant aux pâtés, galantines et ballotines sauf les confits de foie.

Les gélifiants et les épaississants autorisés sont au nombre de cinq : l'acide alginique ainsi que ses alginates (E400 à E404) et les carraghénanes (E407) qui sont des extraits d'algues, la farine de graines de caroube (E410) et la farine de graines de guar (E412) qui sont issues de plantes et la gomme xanthane (E415) qui est quant à elle un composé obtenu par fermentation bactérienne. Ces composés vont être développés individuellement dans les paragraphes ci après en suivant un plan sensiblement identique : origine et description des produits de base, méthodes d'extraction des composés, structure moléculaire, propriétés fonctionnelles, méthodes d'identifications et utilisations alimentaires.

3.2.1. E400 à E404 : L'acide alginique et les alginates de sodium, potassium, ammonium et calcium :

La découverte de l'acide alginique date de 1883. Après trempage d'une lame de *Laminaria digitata* dans une solution alcaline, suivie d'une attaque acide, le professeur Stanford obtint un précipité blanchâtre auquel il donna le nom d' « algine ». Il faudra attendre 1907 pour établir que cette « algine » est présente dans de nombreuses algues et qu'elle libère dans l'eau des ions H⁺ (comme les acides). C'est pourquoi elle fut nommée « acide alginique ». [38]

Figure n°8 : Récapitulatif les noms, synonymes, définitions et solubilité des additifs alimentaires E471 et E472 a à f.

Source [65]

N° euro péen	nom	synonymes	définition	solubilité
E471	Mono- et diglycérides d'acides gras	Monostéarate de glycérine, Monopalmitate de glycérine, Monooléate de glycérine, etc. Monostéarine, monopalmitine, monooléine	Se composent de mélanges de mono-, di- et triesters de glycérol des acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités d'acides gras et de glycérol libres. Composition : teneur en mono- et en diesters: pas moins de 70%.	<i>Insolubles</i> dans l'eau, <i>Solubles</i> dans l'éthanol et le toluène.
E472 a	Esters acétiques des mono- et diglycérides d'acides gras	Esters acétiques des mono- et diglycérides, Acétoglycérides, Mono- et diglycérides acétylés, Esters acides gras et acétiques de glycérol	Esters de glycérol et d'un mélange d'acide acétique et d'acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités à l'état libre de glycérol, d'acides gras, d'acide acétique et de glycérides.	<i>Insolubles</i> dans l'eau, <i>Solubles</i> dans l'éthanol.
E472 b	Esters lactiques des mono- et diglycérides d'acides gras	Esters lactiques des mono- et diglycérides, Lactoglycéides, Mono- et diglycérides d'acides gras estérifiés par l'acide lactique.	Esters de glycérol et d'un mélange d'acide lactique et d'acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités à l'état libre de glycérol, d'acides gras, d'acide lactique et de glycérides.	<i>Insolubles</i> dans l'eau froide, <i>Dispersables</i> dans l'eau chaude.
E472 c	Esters citriques des mono- et diglycérides d'acides gras	Esters citriques des mono- et diglycérides, Citroglycérides Mono- et diglycérides d'acides gras estérifiés par l'acide citrique.	Esters de glycérol et d'un mélange d'acide citrique et d'acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités à l'état libre de glycérol, d'acides gras, d'acide citrique et de glycérides. Ils peuvent être partiellement ou totalement neutralisés avec l'hydroxyde de sodium ou de potassium.	<i>Insolubles</i> dans l'eau froide et l'éthanol froid, <i>Dispersables</i> dans l'eau chaude, <i>Solubles</i> dans les matières grasses.
E472 d	Esters tartriques des mono- et diglycérides d'acides gras	Esters tartriques des mono- et diglycérides, Mono- et diglycérides d'acides gras estérifiés per l'acide tartrique.	Esters de glycérol et d'un mélange d'acide tartrique et d'acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités à l'état libre de glycérol, d'acides gras, d'acide tartrique et de glycérides.	Non précisée par la législation.
E472 e	Esters monoacétyltartrique et diacétyltartrique des mono- et diglycérides d'acides gars	Esters diacétyltartriques des mono- et diglycérides, Mono- et diglycérides d'acides gras estérifiés par les acides monoacétyltartrique et diacétyltartrique, Esters acides gras et diacétyltartriques de glycérol.	Esters de glycérol et d'un mélange d'acides monoacétyltartrique et diacétyltartrique (obtenus à partir de l'acide tartrique) et d'acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités à l'état libre de glycérol, d'acides gras, d'acides tartrique et acétique ou de leurs produits de combinaison et de glycérides libres. Contient également des esters acétiques et tartriques d'acides gras.	Non précisée par la législation.
E472 f	Esters mixtes acetiques et tartriques des mono- et diglycérides d'acides gras	Mono- et diglycérides d'acides gras estérifiés par l'acide acétique et l'acide tartrique	Esters de glycérol et d'un mélange d'acides acétique et tartrique et d'acides gras des huiles et graisses alimentaires. Ils peuvent contenir de faibles quantités à l'état libre de glycérol, d'acides gras, d'acides tartrique et acétique et de glycérides libres. Ils peuvent également contenir des esters monoacétyltartriques et	Non précisée par la législation.

diacétyltartriques des mono- et diglycérides d'acides gras.

nomenclature européenne	nom(s) commun(s)	formules chimiques
E400	acide alginique	(C ₆ H ₈ O ₆) _n
E401	alginate de sodium sel sodique de l'acide alginique	(C ₆ H ₇ NaO ₆) _n
E402	alginate de potassium sel potassique de l'acide alginique	(C ₆ H ₇ KO ₆) _n
E403	alginate d'ammonium sel ammoniacal de l'acide alginique	(C ₆ H ₁₁ NO ₆) _n
E404	alginate de calcium sel calcique de l'alginate sel calcique de l'acide alginique	(C ₆ H ₇ Ca _{1/2} O ₆) _n

Figure n°9 : Noms, numéros européens et formules chimiques de l'acide alginique et des alginates.

Source [65]

L'origine des acides alginiques : [40]

L'acide alginique est une molécule tirée des algues brunes de la classe des Phaeophyceae appartenant à l'embranchement des Ochrophyta. Dans ce groupe, se trouvent les Fucles, représentées par les espèces *Ascophyllum*, *Durvillea*, *Fucus* et les *Sargassum* (plus de 400 espèces). Le groupe est aussi composé des *Laminaria* et des *Macrocystis*.

L'habitat : [41]

Les phéophycées sont presque toutes marines. Les Fucales et les *Laminariales* constituent des ceintures caractéristiques de la zone de balancement des marées. Elles vivent généralement fixées sur les rochers. Des sargasses flottantes constituent la mer des Sargasses.

Il est généralement admis que les Fucales sont originaires d'Australie et les *Laminariales* du Pacifique Nord, régions où elles sont respectivement abondantes. Sous les tropiques ce sont les Sargasses qui dominent.

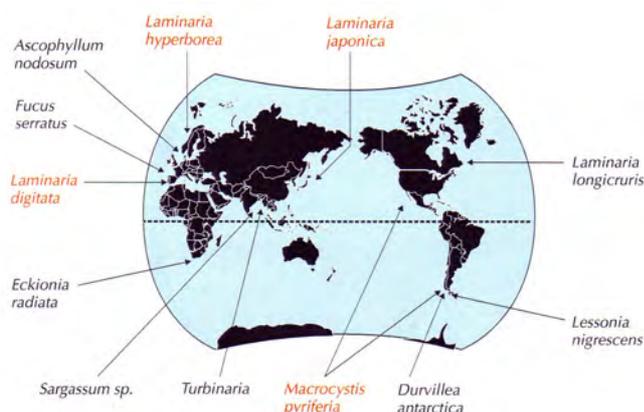


Figure n°10 : Zones où sont récoltées les espèces utilisées pour l'extraction de l'acide alginique. L'exploitation concerne principalement les espèces des genres *Laminaria* et *Macrocystis* (en rouge). Les autres ne sont souvent que des récoltes d'appoint. Seuls, *Laminaria japonica* et *Macrocystis pyrifera* font l'objet de culture.

Source [38]

Description de l'appareil végétatif des phéophycées : [38] [40] [41]

La morphologie des phéophycées présente une incroyable diversité dont nous donnons quelques exemples parmi celles qui peuvent être utilisées pour l'extraction des alginates. Elles peuvent se présenter sous la forme de lames de grande taille pourvues d'un crampon et d'un stipe (*Laminaria*), avec parfois une structure interne en forme de nid-d'abeilles (*Durvillea*

antarctica). Elles se rencontrent aussi sous forme de lanières grosses et charnues pourvues de grosses vésicules (Ascophyllum), lanières rubanées avec ou sans aérocytes, nervurées ou non (Fucus) ou bien de rameaux en forme de feuille (Macrocystis). Les Turbinaria (Sargassaceae tropicales) possèdent des rameaux pyramidaux insérés sur un axe principal.

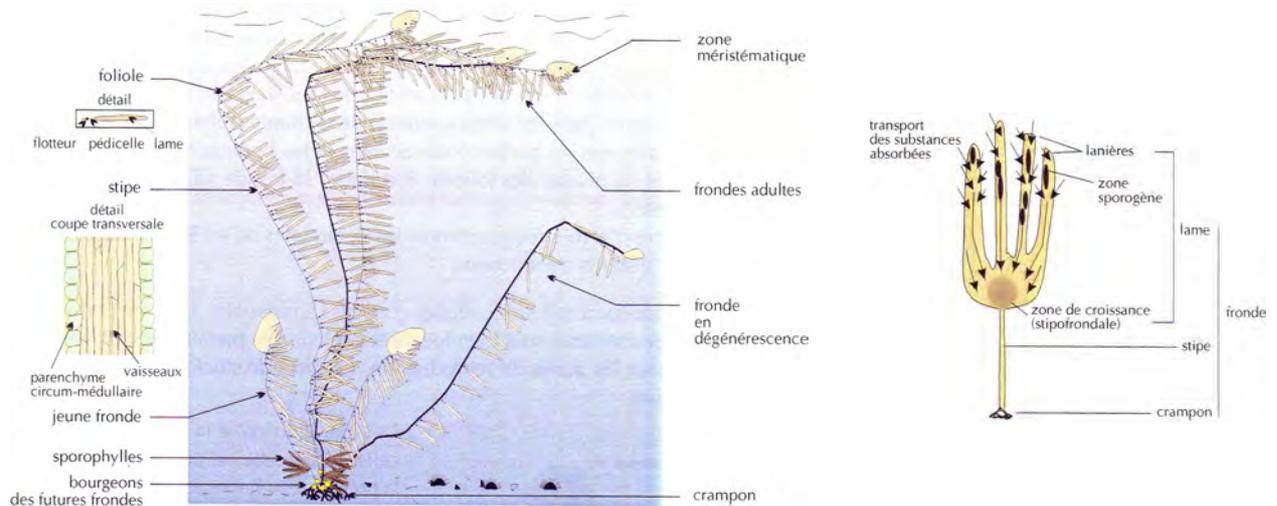


Figure n°11 : Structure de *Macrocyctis pyrifera* (à gauche) et de *Laminaria digitata* (à droite).

Source [38]

Leurs dimensions varient considérablement, depuis les organismes microscopiques jusqu'à des organismes géants : les plus grandes algues du monde sont des algues brunes appartenant au genre *Macrocystis* dont les thalles peuvent atteindre 40 à 60 mètres. *Durvillaea antarctica* peut atteindre une dizaine de mètres de longueur et faire plus de 5 cm d'épaisseur.



Figure n°12 : *Laminaria digitata* (à gauche) et *Laminaria japonica* (à droite).

Source [38]

☞ L'extraction de l'acide alginique : [38] [65]

L'extraction repose sur la solubilité des alginates de sodium. Les thalles sont stockés dans du formol après la récolte. Quand l'industriel veut les utiliser, il les lave pour éliminer le

formol, puis les recouvre d'acide sulfurique. Le calcium et le magnésium, qui bloquent sous forme d'un gel dur l'acide alginique dans les parois cellulaires et empêchent l'extraction, sont dissous puis évacués avec les eaux de rinçage. La biomasse ainsi obtenue est traitée au carbonate de sodium et l'acide alginique, insoluble dans l'eau passe à l'état d'alginate de sodium, qui lui, se dissout dans la phase liquide. Suite à un procédé de séparation de phases, l'industriel élimine la phase solide contenant les thalles pour ne récupérer que la phase liquide contenant l'alginate de sodium. Cette phase liquide est à nouveau traitée à l'acide sulfurique pour éliminer le sodium et ainsi reformer de l'acide alginique qui remonte à la surface grâce à la mousse d'acide alginique solide et le gaz carbonique créé par la réaction entre l'acide sulfurique et le carbonate de sodium. Cette écume est passée sous presse pour obtenir un composé à moins de 30% d'eau. Un autre procédé de récupération existe au moment de la précipitation de l'acide alginique : le contenu de la cuve est filtré par dialyse, la membrane utilisée laisse passer les polysaccharides à faible poids moléculaire (petites molécules) tout en retenant ceux à haut poids moléculaire (les plus volumineux).

☞ La structure cellulaire : [40]

La paroi des algues brunes contient une partie rigide cellulosique et une partie mucilagineuse. Le mucilage sert à protéger de l'air (dessiccation) lors d'une émergence prolongée. Ce mucilage est composé de sels d'acide alginique et de polymères complexes à base de fucose. Une espèce est considérée comme un bon alginophyte lorsqu'elle possède une teneur en acide alginique supérieure à 18%, et qu'elle constitue des peuplements suffisamment importants pour assurer le fonctionnement d'une usine durant toute l'année.

Chaque espèce présente une teneur en acide alginique qui lui est propre et varie selon les saisons. Le pourcentage s'élève durant la période de croissance mais la polymérisation (c'est-à-dire la qualité de l'acide alginique) est meilleure entre les périodes de pousse.

☞ La structure primaire : composition de la molécule [29] [33] [38] [40]

L'acide alginique est un polymère entièrement constitué de mannoses (sucre à six carbones) se présentant ici sous forme d'acide mannuronique (-M-) ou d'acide guluronique (-G-). En principe, ces deux acides uroniques sont répartis en blocs polymannuroniques (-M-M-) et polyguluroniques (-G-G-) qui sont des segments homogènes. Ils peuvent aussi être répartis en segments hétérogènes soit des blocs mixtes mannuronique/guluronique (-M-G-). Chaque bloc est formé de 20 à 30 unités uroniques.

Il y a dans la molécule entre 1 500 et 2 000 monomères associés en une chaîne linéaire et l'ensemble constitue une chaîne non ramifiée de masse moléculaire de 10 à 600 kDa [65]. Plus ce nombre est élevé, plus le degré de polymérisation et la qualité du produit (viscosité ou aptitude à former des gels) sont importants.

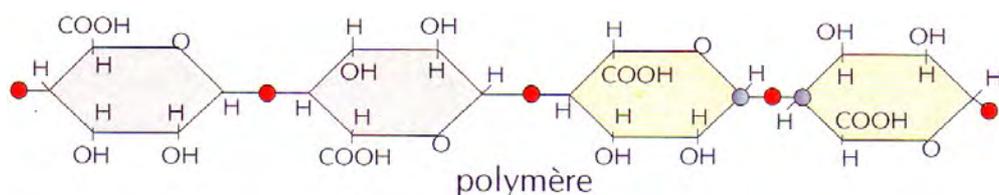


Figure n°13 : Structure primaire de l'acide alginique : deux acides mannuroniques (rose) puis deux acides guluroniques (jaune).

Source [38]

☞ La structure secondaire : organisation dans l'espace [29] [33] [38] [40]

Dans l'espace, la molécule se présente sous la forme d'une spirale enroulée à gauche, plus resserrée dans les zones où dominent les acides guluroniques (séquences moins fragiles), plus lâches dans les zones où les acides mannuroniques sont nombreux (séquences fragiles). C'est généralement au niveau des séquences fragiles que la molécule a tendance à se briser avec le temps ou au cours d'agressions (chimiques ou bactériennes). Plus il y a de séquences fragiles, moins l'acide alginique sera stable : il aura tendance à se dépolymériser.

☞ La solubilité des différents composés : [29] [33] [38] [40]

L'acide alginique pur est insoluble dans l'eau mais très hydrophile : il peut stocker jusqu'à 140 fois son propre volume.

Dissolution avec des ions monovalents : (situation 1 de la figure n°14)

L'acide alginique est soluble en présence d'ions monovalents Na^+ , NH_4^+ et K^+ . Si nous en versons un gramme dans un verre contenant 100 cm^3 d'eau distillée, nous pouvons, après dissolution de l'alginate de sodium, retourner le verre sans que l'eau ne s'écoule.

En solution, le sel d'alginate n'apporte ni goût, ni odeur, ni couleur : il ne modifie donc pas la solution dans laquelle il est incorporé. Il en change uniquement la viscosité.

Les sels d'alginate ne sont pas thermoréversibles.

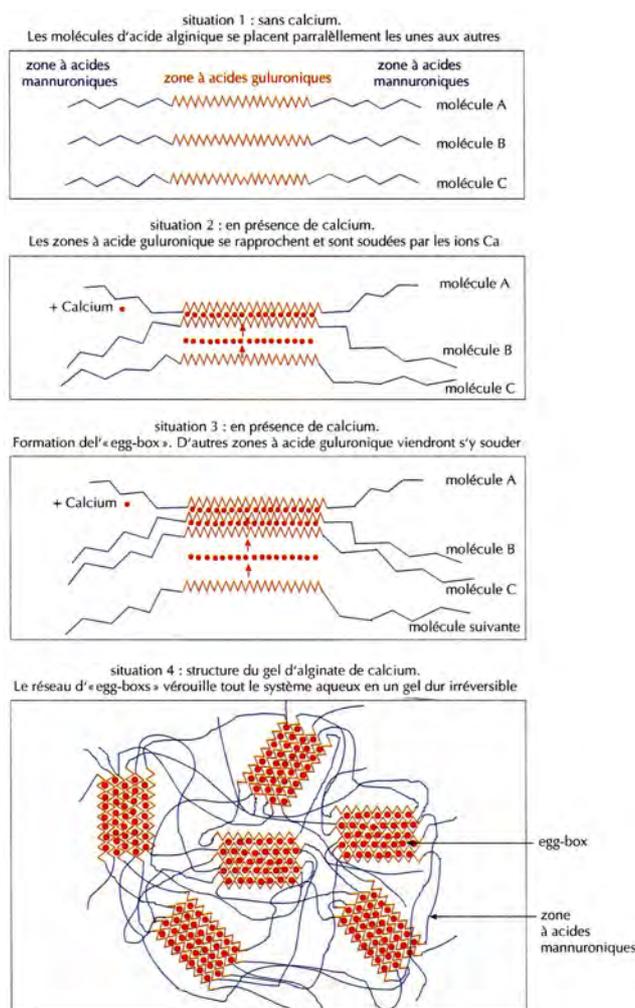


Figure n°14 : Formation du gel d'alginate en présence d'ions bi- ou trivalents, les zones à acide guluronique de plusieurs molécules s'associent pour former une structure en « boîte à œufs » (ou « egg box »).

Source [38]

Dissolution avec des ions bi- et trivalents : structure tertiaire (situation 2 à 4 de la figure n°14)

En présence d'ions bivalents ou trivalents (calcium, par exemple), les zones à acide guluronique de plusieurs molécules s'associent pour former une structure en « boîte à œufs » (ou « egg box ») dans laquelle les œufs sont représentés par l'ion. L'agrégation des chaînes parallèles conduit à un assemblage géométrique tridimensionnel régulier ionoréversible et non thermoréversible. Ceci signifie que l'assemblage en question est sensible à l'environnement ionique, mais insensible à l'action de la température.

La gélification ne peut se produire dans les zones à acide mannuronique car dans celles-ci, les groupes carboxyliques sont orientés à l'opposé. Or ce sont ces groupements qui permettent à l'acide alginique de former, à froid, des gels durs, irréversibles pouvant résister à 400°C. Plus le groupement contiendra d'acides guluroniques, plus l'acide alginique sera gélifiant, d'où l'intérêt du rapport acide mannuronique/acide guluronique (M/G). Un polymère sera un bon gélifiant lorsque ce rapport sera voisin de 0,5. Dans la pratique, la texture et la qualité recherchées du gel sont obtenues en jouant sur la concentration en ions du milieu. Le gel d'alginate peut être facilement dissout à nouveau en l'immergeant dans une solution contenant une concentration élevée d'ions sodium, potassium, ou magnésium. C'est le cas de l'acide extrait de *Laminaria hyperborea* (côtes européennes) et de *Sargassum diaphanum* (Inde).

☞ Les tests d'identification des molécules à l'état pur: [65]

Pour l'acide alginique E400:

- ✓ La poudre doit tout d'abord avoir une solubilité particulière : elle doit être insoluble dans l'eau et les solvants organiques et lentement soluble dans les solutions de carbonate de sodium, d'hydroxyde de sodium et de phosphate tricalcique.
- ✓ Le test de précipitation au chlorure de calcium (décrit dans le texte réglementaire) doit être positif. Il nous permet de distinguer l'acide alginique des carraghénanes et de la farine de graines de caroube entre autre.
- ✓ Le test de précipitation au sulfate d'ammonium (aussi décrit dans le texte) doit être négatif. Il permet de distinguer l'acide alginique des carraghénanes, de la farine de graines de caroube et de l'amidon par exemple.
- ✓ La réaction colorée à l'acide de sulfate ferrique doit donner une couleur rouge cerise qui évolue vers une intense coloration pourpre.

Pour les alginates :

- ✓ Les tests de recherche de l'acide alginique doivent être positifs.
- ✓ Les tests de recherche du sodium doivent être positifs pour l'alginate de sodium (E401), celui de recherche du potassium doit être positif pour l'alginate de potassium (E402), celui de recherche de l'ammonium doit être positif pour l'alginate d'ammonium (E403) et enfin le test de recherche du calcium doit être positif pour l'alginate de calcium (E404).

☞ Utilisations de l'acide alginique dans les produits à base de viande : [21]

[33]

La DJA (Dose Journalière Admissible) est fixée à 0-50 mg/kg pour E400, E401 et E403 et à 0-25 mg/kg pour E402 et E404.

Dans les produits à base de viande, l'acide alginique et les alginates peuvent être rajoutés dans la masse avec un sel de calcium à ionisation lente (sulfate de calcium) et un « sel retardateur » pour que le gel ne prenne pas trop vite. Il faut rajouter ce « sel retardateur »

qui doit avoir pour propriété : d'être rapidement soluble de façon à intercepter les premiers ions calcium qui pourraient gêner la solubilisation de l'acide alginique, d'avoir un pouvoir séquestrant important vis-à-vis du calcium et une plus grande affinité que lui pour l'acide alginique. Les sels retardateurs que l'on utilise sont des phosphates et des polyphosphates alcalins (de sodium). Ces sels retardateurs permettent la mise en boyau ou en emballage du produit avant la formation du gel. Le gel irréversible pourra être chauffé sans modifications de la forme ainsi donnée au produit.

Les alginates peuvent aussi être ajoutés en surface puis immergés dans une solution d'un sel de calcium, le gel est ainsi superficiel. Cette deuxième technique est réservée aux petites pièces.

3.2.2. E407 : Les carraghénanes :

C'est en 1871 que le polysaccharide pur, à l'origine des vertus de la « mousse d'Irlande », est extrait aux Etats-Unis. Il est appelé carraghénane en référence à son comté d'origine (Carraghen au sud de l'Irlande).

La France, les Etats-Unis et le Danemark contrôlent à 85% le marché des carraghénanes, dont 12 500 tonnes sont produites par an pour environ 50 000 tonnes d'algues séchées achetées. A l'origine, Mac Donald avec l'aide du gouvernement des Philippines a obtenu l'accord de la Food and Drug Administration américaine pour utiliser les carraghénanes pour la consommation humaine. Cette utilisation est depuis autorisée dans les pays de l'UE. La législation française a statué sur ce produit en 1999. [53]

☞ L'origine des carraghénanes : [53] [65]

Les carraghénanes sont des composés naturels de certaines espèces d'algues rouges marines des familles *Gigartinaceae*, *Solieriaceae*, *Phyllophoraceae*, *Hypneaceae*, *Furcellariaceae*, *Rhabdoniaceae*, *Rhodophyllidaceae*, et quelques espèces de *Rhodomelaceae*. Ces familles appartiennent à la classe des Rhodophyceae, embranchement des Rhodophyta.

☞ L'habitat : [38] [41] [53]

Les algues rouges sont presque toutes marines (eau de mer), elles sont aussi presque toutes benthiques (vivant sur les fonds marins) et généralement fixées aux rochers.

Chondrus crispus et *Mastocarpus stellatus* habitent le même écosystème, les récoltants les cueillent indistinctement sous le nom de « liquen carraghen ». Leur aire de répartition est relativement étendue sur toutes les côtes du nord Atlantique, jusqu'au Portugal du côté européen, jusqu'à la Caroline du Sud du côté américain.

A partir de 1970, commença à se développer dans le sud-est asiatique, la culture de deux autres carraghénophytes : *Kappaphycus alvarezii* et *Euचेuma denticulatum*.

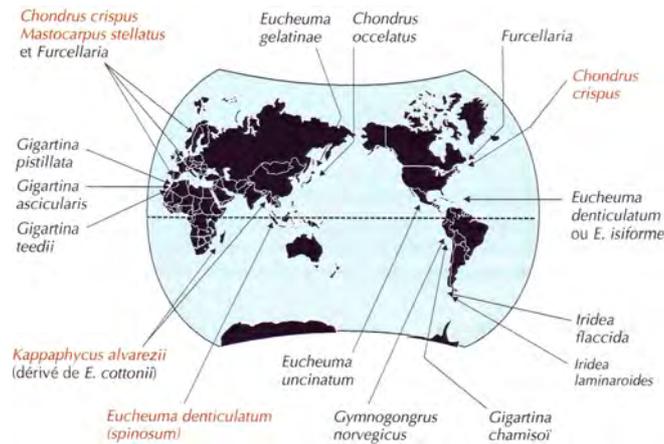


Figure n°15 : Origine géographique des différents carraghénophytes utilisés pour l'extraction des carraghénanes. Les espèces les plus représentées sont en rouge.

Source [38]

🌀 Description de l'appareil végétatif de rodophytes : [38] [40] [41]

Les algues rouges (embranchement des Rodophyta) forment un groupe homogène. Elles sont généralement de taille moyenne (quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres), et le plus souvent filamenteuses, avec une disposition plus ou moins hiérarchisée des rameaux. Leur structure peut-être uni- ou multiaxiale, les filaments s'agrègent souvent en pseudoparenchyme.

Chondrus crispus a des teintes virant du rouge clair au rouge flamboyant, avec parfois des reflets irisés. *Mastocarpus stellatus* a une forme proche mais est plus sombre.



Figure n°16 : *Chondrus crispus* à gauche, cueillette de *Chondrus crispus* et de *Mastocarpus stellatus* au milieu et champ de culture sur fil d'*Eucheuma denticulatum* à droite.

Source [38]

🌀 L'extraction des molécules de carraghénanes : [38]

Il existe deux qualités de carraghénanes : les carraghénanes purs qui demandent une extraction fine et les carraghénanes semi-raffinés qui nécessitent un traitement moins lourd.

L'extraction fine :

Pour une extraction fine, les algues qui sont stockées sèches, sont tout d'abord traitées avec une solution calcique qui sert à fixer les molécules dans la paroi cellulaire. Les thalles sont ensuite lavés à l'eau claire puis traités avec une solution sodique (basique) pour que les carraghénanes se dissolvent sous forme de sels de sodium. Les thalles sont ensuite broyés. La solution ainsi obtenue est filtrée afin d'éliminer la phase solide. Le jus récolté est versé par jets dans une cuve contenant de l'alcool isopropylique pour que les carraghénanes flocculent en un amas spongieux blanchâtre. Ces amas sont récupérés sur un tamis et rincés à l'alcool une dernière fois. A ce stade, l'extrait est extrêmement fragile et a tendance à se dépolymériser. Il faut donc employer des moyens de séchage et de broyage spécifiques pour obtenir des carraghénanes hautement polymérisés.

Ce type d'extraction correspond à l'additif alimentaire E407. Il est décrit dans l'annexe [65] de l'arrêté interministériel modifié du 2 octobre 1997 [63].

L'obtention des carraghénanes semi-raffinés :

Le but de ce traitement est de fixer définitivement les molécules dans la paroi des algues, en mélangeant ces algues avec une solution de potasse à forte concentration, le tout étant ensuite séché et broyé.

Le produit ainsi obtenu a approximativement les qualités des carraghénanes purs en ce qui concerne la viscosité et la force du gel. La différence tient à la teneur en cellulose du produit final. Ce type d'extraction correspond à l'additif alimentaire E407a. La législation française autorise actuellement une teneur maximale de 15% de cellulose d'algue dans son additif E407a, mais seules *Eucheuma cottonii* et *Eucheuma spinosum* peuvent être employées pour réaliser cet additif.

Le Code des Usages [9] n'évoque pas l'additif E407a, celui-ci n'est donc pas autorisé dans les produits à base de viande, puisque le principe de la liste positive prévaut.

☞ Structure péricellulaire des algues : [40]

Les parois des algues rouges sont composées d'une partie rigide faite de glucane (celluloses, mannoses ou xylanes) et d'une partie mucilagineuse constituée le plus souvent par des galactanes.

Les carraghénanes sont ces galactanes (polymère du galactose). Ces macromolécules ne sont en principe pas ramifiées et leur masse moléculaire est souvent supérieure à 1 000 kDa.

☞ Comparaison structurale des différents types de carraghénanes : [4] [21]

[34] [38]

Initialement, les carraghénanes ont été subdivisés en deux familles suivant leur solubilité dans le chlorure de potassium (KCl). Les fractions solubles dans le KCl ont été désignées par le préfixe « kappa », tandis que le terme « lambda » a été réservé à celles insolubles. Les travaux dans ce domaine ont permis d'identifier un troisième type de carraghénane, le iota carraghénane, agissant comme le kappa carraghénane, mais donnant des gels plus élastiques.

Plus tard, les classifications se sont fondées sur le nombre et la position des groupements sulfates ainsi que la présence de groupements anhydro (pont hydrophobe). Ceci a abouti aux quatre grandes familles : kappa, lambda, béta et oméga, mais de nombreuses possibilités de variation dans le dimère basique génèrent un spectre continu de polysaccharides, nommés par des lettres grecques, à tel point que l'alphabet est utilisé quasiment dans sa totalité. Nous distinguerons essentiellement les kappa, iota et lambda carraghénanes. Tous ces carraghénanes ont des propriétés différentes.

Tous les carraghénanes ont pour monomère le galactose ; le polymère est souvent constitué de 1 000 résidus galactose, la probabilité de variation de structure est donc énorme. La chaîne est constituée de sous unités appelées carrabioses comprenant deux galactoses. Les carraghénanes sont généralement très sulfatés (20 à 38% de groupements sulfates).

Chaque carraghénophyte se caractérise par sa teneur en carraghénanes qui varie au cours de l'année entre 30 et 40% et par la qualité de son extrait ; ainsi :

- *Kappaphycus alvarezii* libère un extrait de type kappa ;
- *Eucheuma denticulatum* un extrait de type iota ;
- *Gigartina ascicularis*, un extrait de type lambda.

Certains peuvent contenir plusieurs types à la fois. *Chondrus crispus* libère en même temps du lambda, du kappa et du iota carraghénane.

Lambda carraghénane :

Le lambda carraghénane résulte de la répétition d'une séquence à deux galactoses, le premier ayant un radical $-O-SO_3^-$ (groupement sulfate), le second portant deux autres radicaux hydrophiles $-O-SO_3^-$. Il n'y a pas de pont hydrophobe (anhydro) et la configuration spatiale de la molécule s'inscrit selon une ligne ce phénomène ne peut donc pas donner de gels.

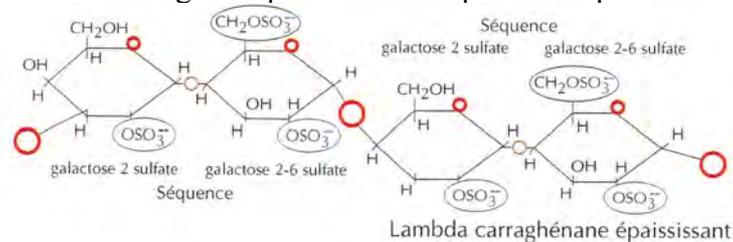


Figure n°17 : Le lambda carraghénane..

Source [38]

Kappa et iota carraghénanes :

La molécule du kappa carraghénane est constituée par la répétition d'une séquence dont le premier élément est un galactose pourvu d'un radical $-O-SO_3^-$ (hydrophile) ; le deuxième élément est, l'anhydrogalactose (avec le pont hydrophobe CH_2-O- entre le troisième et le sixième carbone).

A la différence du kappa carraghénane, le iota carraghénane possède un deuxième radical hydrophile $-O-SO_3^-$. Chez l'un comme chez l'autre, la molécule s'inscrit dans une spirale ce qui lui permet de former un gel.

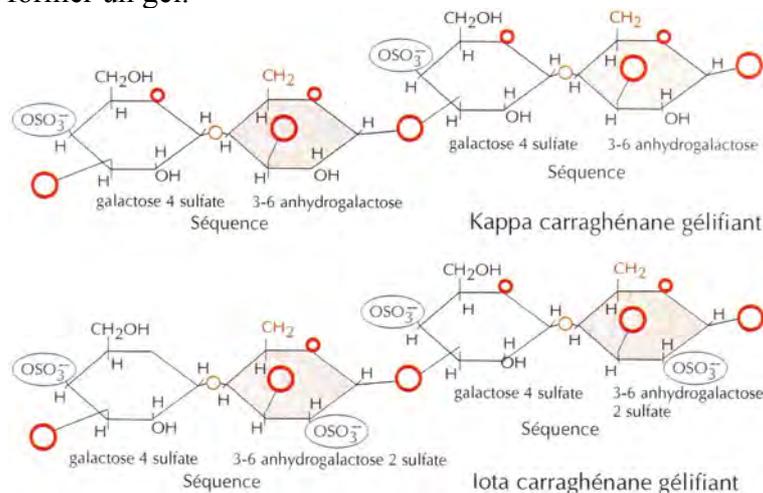


Figure n°17 bis : les kappa et iota carraghénanes.

Source [38]

Les propriétés fonctionnelles : [4] [21] [36] [38] [53]

L'intérêt industriel des polysaccharides réside dans leur propriété à augmenter la viscosité à de faibles concentrations. Ce sont essentiellement des agents gélifiants, épaississants et stabilisants. Ces phénomènes sont intimement liés à leur conformation. Les carraghénanes possèdent une réactivité liée à l'abondance des groupements hydrophiles $-O-SO_3^-$ et à la présence des ponts hydrophobes $-O-CH_2$ de l'anhydrogalactose. Ils sont employés sous forme de sels de sodium, de potassium ou de calcium.

Le mécanisme de gélification est sensible, à la fois, à la présence d'électrolytes et à la température. Les gels de carraghénanes sont limpides, stables et thermoréversibles.

La solubilité :

La solubilité des carraghénanes est influencée par différents facteurs :

- ✓ le type de carraghénanes : la solubilité de ces macromolécules dépend du nombre de groupements sulfate présents dans la molécule : plus il y a de groupements sulfate, plus la molécule est soluble ;
- ✓ la force ionique : les sels sodiques de carraghénanes sont généralement plus solubles que les sels potassiques ;
- ✓ la présence de divers solutés : l'introduction d'autres solutés dans le milieu crée une compétition afin d'obtenir une hydratation maximale ;
- ✓ la dispersion : les carraghénanes sont difficilement dispersables dans l'eau car les interactions hydrophobes contribuent à la formation d'agrégats que les molécules d'eau ne peuvent pénétrer. La chaleur fournit l'énergie qui permet la dispersion et la solubilisation de ces molécules ;
- ✓ la viscosité de la solution peut limiter la solubilité du produit.

La gélification :

Formation des gels avec des kappa et iota carraghénanes :

Le polymère de kappa carraghénane forme une hélice gauche laissant tous les groupes sulfates d'un même côté (à l'extérieur), ce qui permet la coalescence des chaînes parallèles.

La présence du radical hydrophobe $-O-CH_2$ sur le deuxième monomère de la séquence, entraîne l'association des molécules par paire pour former une double hélice de telle sorte que les points hydrophobes soient face à face et tentent de chasser l'eau qui les baigne. Mais, les radicaux $-O-SO_3^-$ fortement hydrophiles, assez nombreux s'opposent à ces mouvements. Ainsi les molécules restent trop éloignées les unes des autres pour que puissent naître spontanément entre elles des ponts hydrogènes. Il ne se forme donc pas de gel.

Mais s'il y a, dans la solution, du calcium (Ca^{2+}) ou du potassium (K^+), ces éléments forment les ponts manquant entre les deux molécules parallèles et l'ensemble se fige en un gel. Ce gel est plus souple avec le iota carraghénane qui possède deux radicaux hydrophiles $-O-SO_3^-$ et plus rigide avec le kappa carraghénane qui n'en a qu'un.

La figure n°18 illustre ces deux mécanismes.

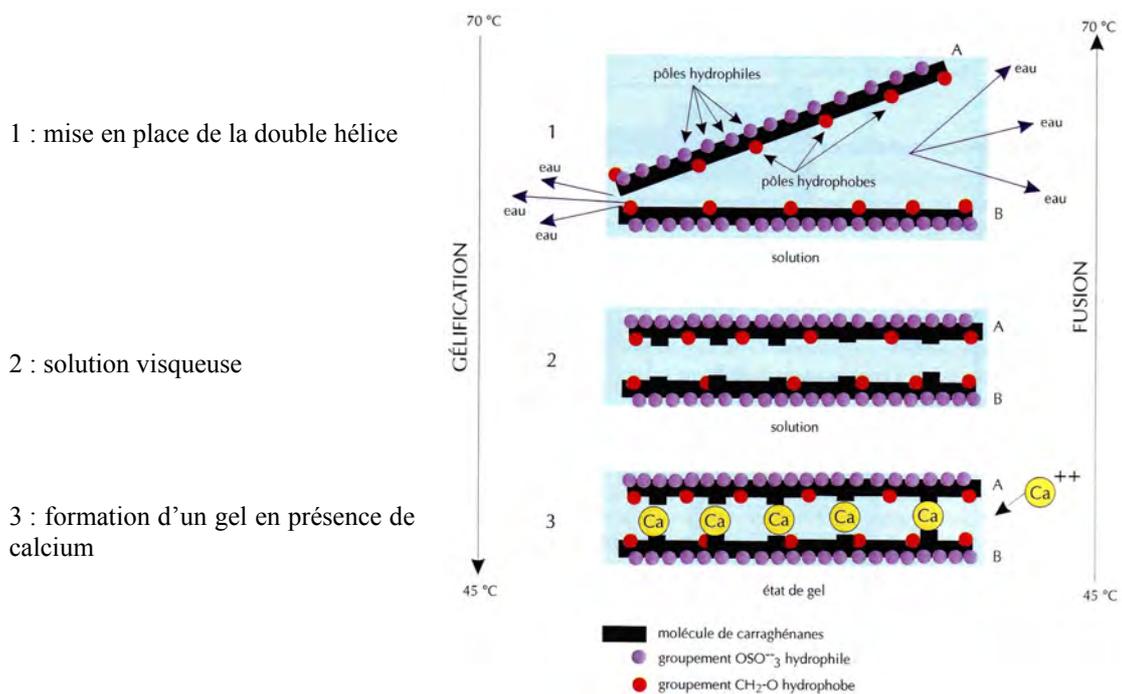


Figure n°18 : Mécanisme de formation d'un gel réversible à partir de kappa carraghénane.

Source [38]

L'utilisation des carraghénanes comme gélifiant concerne donc les kappa et le iota carraghénanes de calcium ou de potassium. A chaud, ils restent des épaississants, dont la viscosité augmente lorsque la température baisse jusqu'au moment où la solution se gélifie. Le iota carraghénane donne un gel doux et élastique en raison de sa teneur plus élevée en ions $-O-SO_3^-$. En revanche, le kappa carraghénane conduit à des gels durs avec synérèse (exsudation d'eau).

Formation d'un gel lambda :

Pour les lambda carraghénanes, des liaisons hydrogènes peuvent s'établir entre les résidus contigus ; les groupes sulfates, volumineux et chargés, sont répartis autour du squelette polysidique, ce qui empêche la formation du gel.

Viscosité/épaississement :

Le pouvoir épaississant est dû à la configuration particulière des longues molécules de carraghénanes, linéaires, non ramifiées, chargées négativement. Les charges se repoussent les unes les autres, les molécules restent le plus étendues possible. Ainsi disposées, elles constituent un frein au déplacement de la masse liquide. Cette tendance est amplifiée par le fait que les pôles hydrophiles tentent de retenir les molécules d'eau. Le lambda carraghénane dilué dans une solution aqueuse, même à froid, élève la viscosité de celle-ci mais ne provoque jamais de gel. Les kappa et le iota carraghénanes sont insolubles dans l'eau froide ; mais, après avoir été dissous dans de l'eau chaude, ils se comportent comme des épaississants tant que la température reste élevée.

La viscosité des solutions de carraghénanes dépend donc de la concentration, de la température, de la quantité de solides et du type de carraghénane. La viscosité augmente proportionnellement à la concentration et à la masse molaire.

Stabilité :

Les solutions de carraghénanes ont une stabilité maximale à pH 9 et le processus de gélification ne peut avoir lieu à des pH inférieurs à 3,5.

La dénaturation des carraghénanes par l'hydrolyse acide ne peut pas avoir lieu lorsque ceux-ci sont sous la forme gélifiée.

L'interaction des carraghénanes avec des protéines peut stabiliser le gel.

Les gels à l'eau de fraction kappa ne présentent pas de stabilité aux cycles de congélation-décongélation.

Synergies :

L'association de kappa carraghénanes et d'autres gommes (gomme de caroube) est utilisée afin d'obtenir une augmentation de la résistance du gel : elle est maximale quand la quantité de gomme ajoutée est égale à la quantité de kappa carraghénanes. Tandis que la cohésion du gel augmente avec la quantité de gomme ajoutée, celle-ci rend le gel de kappa carraghénanes moins cassant et plus élastique, approchant ainsi la texture de la gélatine.

Contrairement aux gommes de caroube, l'ajout de iota carraghénanes dans la solution de kappa carraghénanes diminue de manière significative la densité, la résistance et la synérèse du gel. L'effet est proportionnel à la quantité de iota carraghénanes ajoutée.

L'addition de gommes xanthane rend le gel de kappa carraghénanes plus mou, plus cohésif et plus élastique.

Il est observé une synergie entre le iota carraghénane et l'amidon, produisant une augmentation de la viscosité : il est ainsi possible d'obtenir des valeurs dix fois plus grandes qu'avec l'amidon seul.

☞ Les tests d'identification légaux des molécules à l'état pur: [65]

Les carraghénanes purs doivent répondre à une certaine série de tests. Ils doivent donner des résultats positifs à la recherche du galactose, de l'anhydrogalactose et du sulfate.

☞ Utilisations des carraghénanes dans les produits à base de viande : [38] [53]

La principale fonction des carraghénanes dans les produits à base de viande est de lier l'eau par gélification du liquide contenu dans la viande (eau du muscle ou eau ajoutée). Cette faculté des carraghénanes permet de limiter les pertes par exsudation des liquides (synérèse) et d'augmenter le rendement à la cuisson. Cela s'avère particulièrement utile pour les jambons et les charcuteries.

Les carraghénanes et les protéines animales réagissent selon une interaction électrostatique non spécifique. Cette interaction produit des gels d'une grande force et d'une grande capacité de rétention d'eau.

Qu'ils soient gélifiants ou non, les carraghénanes se combinent aux protéines parce qu'une liaison s'établit entre les ions $-O-SO_3^-$ du polymère et les groupes NH_3^+ de la protéine, si cette dernière est en dessous de son pH isoélectrique (c'est-à-dire quand elle est positive). Si le pH monte au dessus du point isoélectrique, la protéine devient négative et il y a une répulsion entre elle et le carraghénane. En faisant varier le pH, il est donc aisé de provoquer la formation ou la rupture d'un complexe.

Les carraghénanes sont en pleine expansion dans le marché de la viande aux Etats-Unis. En effet, leur caractère chargé stabilise les émulsions eau-graisse pendant la préparation, la cuisson et le stockage. Il en résulte une viande de meilleure qualité technologique.

Les carraghénanes sont préconisés dans le remplacement des gélatines (en employer 2 à 3 fois moins) ou des pectines (jusqu'à 10 fois moins).

3.2.3. E410 : La farine de graines de caroube :

La farine de graines de caroube (E410 dans la nomenclature européenne), peut être désignée de plusieurs façons avec son nom latin : *Ceratonia siliqua* L., par ses différents noms commun : Caroubier, Carouge, Pain de Saint Jean-Baptiste, figuier d’Egypte, fève de Pythagore et Kharroubier en Marocain ou par ses termes anglais : Carob, Saint John’s bread, locust tree.

🌀 L’origine des graines de caroube : [8]

Le caroubier est originaire d’Arabie Saoudite, Somalie, Asie mineure et est aujourd’hui répandu dans tout le bassin méditerranéen. Il est cultivé principalement en Sicile et en Espagne. La caroube nourrit le bassin méditerranéen depuis des milliers d’années. Tombée en désuétude vers 1930, elle a trouvé de nouvelles applications sous forme de farine dans l’alimentation moderne.

🌀 Description de la plante : [8] [20]

L’arbre :

Arbre ou arbuste, le caroubier a une taille moyenne de 5 à 7 mètres de hauteur. Le [tronc](#) est gros et tordu, l’écorce brune est rugueuse. La frondaison abondamment fournie forme un houppier large. Sa longévité peut atteindre 500 ans.

C’est une essence thermophile que l’on trouve sur des pentes arides. Il résiste bien aux fortes sécheresses estivales et à des pluies irrégulières mais ne résiste pas au froid (0° C minimum). Il craint le manque d’eau en dehors de la période estivale.

En France, il n’est répandu que dans la région côtière des Alpes-Maritimes, du Var, de l’Aude, des Pyrénées-Orientales et de la Haute-Corse.

Le caroubier femelle doit être pollinisé par un arbre mâle (arbre dioïque) pour donner à partir de l’âge de 15 ans des fruits comestibles et sucrés (en septembre/octobre) : les caroubes. Un arbre en pleine production peut fournir entre 300 et 800 kg de caroubes par an.



Figure n°19 : Le caroubier.

Source [22]

Les feuilles :

Les feuilles, grandes de 12 à 30 cm, alternes, persistantes, sont composées paripennées et comptent de 3 à 5 (2 à 6) paires de folioles. Celles-ci de forme ovale et larges, sont coriaces, vertes sombres luisantes au-dessus, tirant sur le rouge à leur face inférieure.

Les fleurs :

Les fleurs, très petites, constituées d'un calice pourpre sans corolle, sont réunies en grappes.

L'inflorescence cylindrique (mâle ou femelle) de 3 à 15 cm est composée de 20 à 60 fleurs. Elles apparaissent d'août à octobre.



Figure n°20 : Planche représentant la gousse et les feuilles du caroubier.

Source [8]

Les fruits :

Les fruits, appelés « caroubes », sont des gousses pendantes de 10 à 30 cm de long, sur 1,5 à 3 cm de large. D'abord vertes, elles deviennent brun foncé à maturité, en juillet de l'année suivante. Elles sont coriaces, épaisses et indéhiscents. Les graines sont de forme ovoïde aplaties et brunes.

Chaque caroube pèse une quinzaine de grammes et contient : de la pulpe charnue et 10 à 15 graines.

Les graines de caroube sont très dures et elles ont une taille et un poids assez réguliers.



Figure n°21 : Gousse de caroube entière (à gauche), gousse ouverte et graines (au milieu) et graines (à droite).

☞ Les différents produits issus du caroubier : [5] [22] [65]

Des produits très différents sont tirés du caroubier et sont utilisés abondamment par l'industrie alimentaire : la poudre de caroube, la gomme de caroube et la farine de caroube.

- La poudre de caroube est obtenue en séchant, torréfiant et broyant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines. Le degré de torréfaction de la caroube en altère la couleur et la saveur. Plus il est élevé, plus la caroube est foncée et plus elle perd de sa saveur.

- La gomme de caroube provient, quant à elle, de la mince enveloppe brune qui recouvre les graines.

- La farine de caroube (E410) est en fait l'endosperme broyé des graines contenues dans la gousse.

☞ Etude histologique de la graine de caroube :

Nous avons réalisé des coupes histologiques de graines de caroube. La technique utilisée est l'inclusion en paraffine puis la coloration par la technique de Lillie et Pasternack. Cette technique est mal adaptée aux composés très durs, c'est pour cela que les détails du tégument sont très peu visibles.

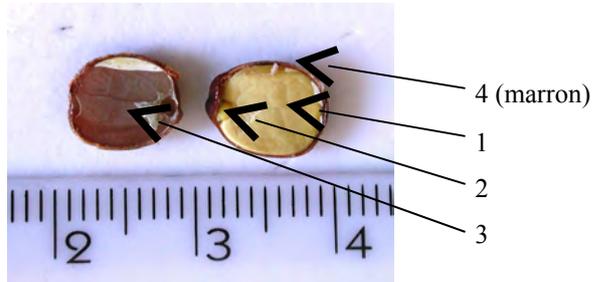


Figure 22 : Coupe longitudinale d'une graine de caroube (échelle en cm).

Légende des figures n°22 à 27 :

1	pulpe charnue ou endosperme
2	germe
3	fin « voile » blanc
3-1	inclusions en forme de sacs (caractéristique de la caroube)
3-2	cellules parenchymateuses ou de remplissage
3-3	amas de cellules scléreuses
4	tégument
4-1	cellules de transitions entre le tégument et le « voile » blanc
4-2	cellules en sablier
4-3	cellules en palissade
4-4	« épiderme »

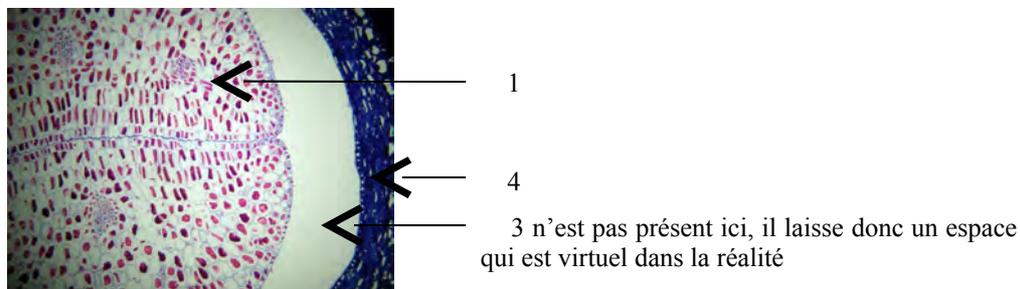


Figure n°23 : Coupe histologique s'une graine de caroube (endosperme et tégument).

Les cellules en palissade et en sablier du tégument sont des éléments caractéristiques des graines de la famille des légumineuses papilionacées (soja, haricots, petits pois, à l'exclusion de l'arachide qui appartient à la même famille mais qui n'a pas la même structure de tégument)

A : Cellules en palissade (coupe transversale). B : Cellules en sabliers (coupe transversale).

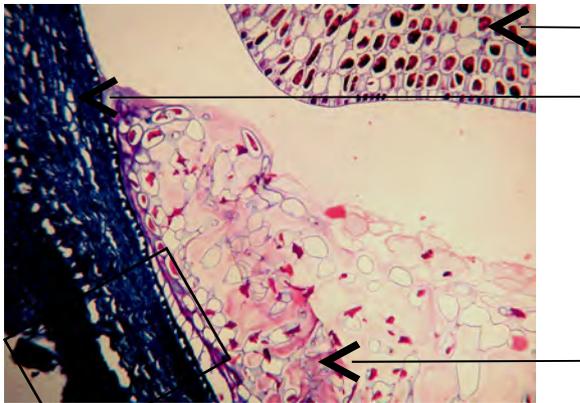
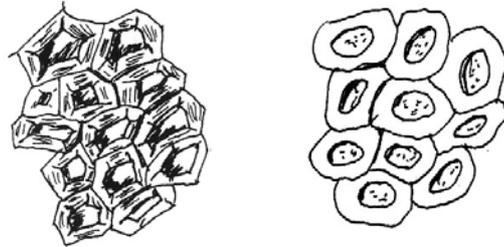


Figure n°24 : Coupe histologique d'une graine de caroube (tégument, « voile » blanc et endosperme).

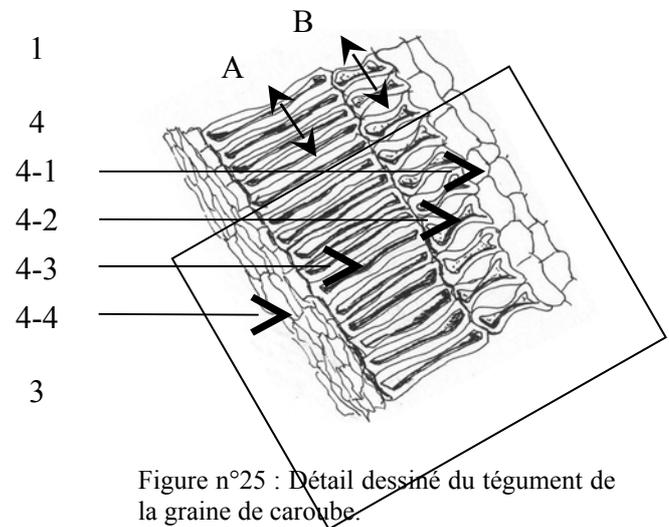


Figure n°25 : Détail dessiné du tégument de la graine de caroube.

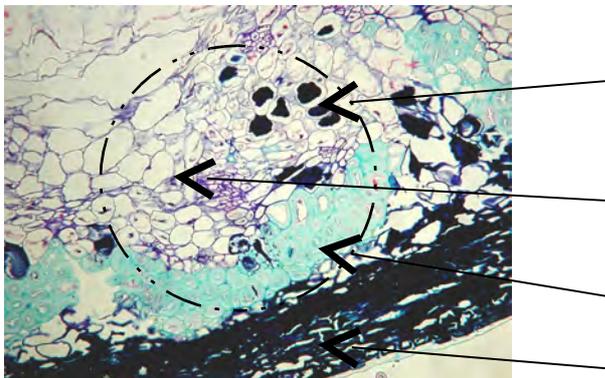


Figure n°26 : Coupe histologique d'une graine de caroube (tégument et « voile » blanc »).

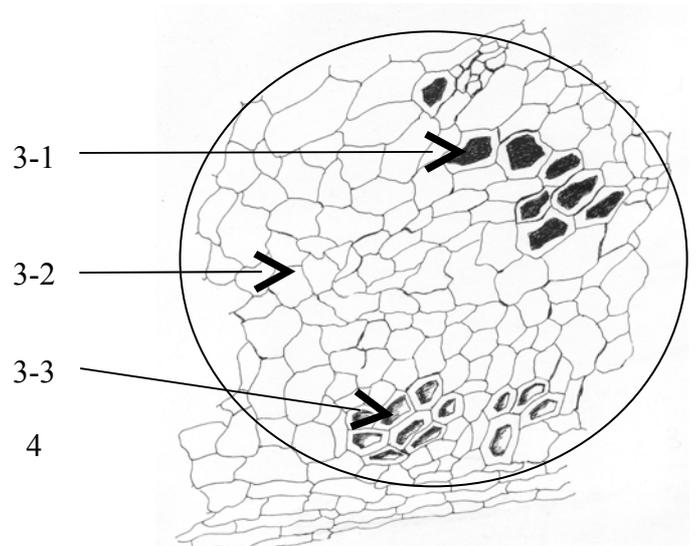
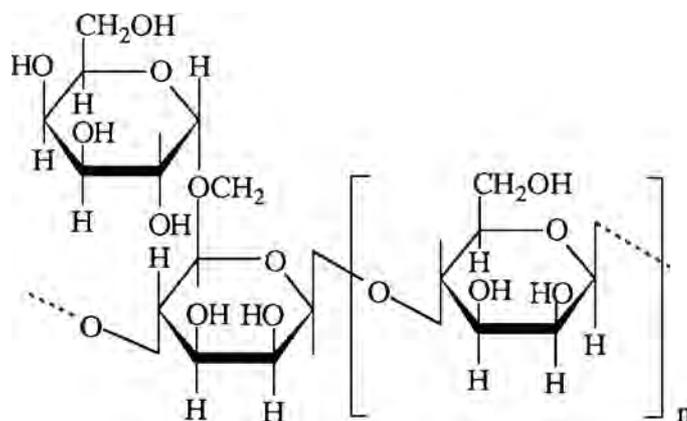


Figure n°27 : Détail dessiné du « voile » blanc de la graine de caroube.

☞ Structure moléculaire de la farine de caroube (E410) : [33] [65]

La farine de graine de caroube est un polysaccharide hydrocolloïdal de poids moléculaire élevé (50 000 à 3 000 000 Da), composé principalement d'unités de galactopyranose et de mannopyranose combinées par des liaisons glucosidiques (figure n°24). Il s'agit de galactomannanes dont la chaîne principale est constituée de mannoses et les chaînes latérales d'un galactose. Il y a une ramification galactose tous les quatre mannoses.



avec n=3

Figure n°28 : Représentation schématique du polysaccharide de base issu de la graine de caroube.

Source [33]

☞ Les propriétés fonctionnelles : [21]

La farine de caroube est insoluble dans l'eau froide, mais soluble dans l'eau chaude. Elle donne des solutions visqueuses et peut former des gels avec la gomme xanthane et elle renforce les gels de carraghénanes.

☞ Les tests d'identification légaux des molécules à l'état pur : [65]

- Les tests de recherche du galactose et du mannose doivent être positifs.
- Une recherche histologique peut aussi être effectuée : nous pouvons y voir de longues cellules étirées en forme de tubes séparés ou légèrement espacés (non visibles sur les coupes histologiques de la figure n°23). Les éléments bruns sont formés avec bien moins de régularité que dans la gomme guar.
- La farine de graines de caroube doit être soluble dans l'eau chaude et insoluble dans l'éthanol.

☞ Utilisations de la caroube dans les produits à base de viande : [5] [20] [22]

La caroube est utilisée comme [additif](#) dans l'[industrie agro-alimentaire](#) les plats cuisinés, les sauces et les aliments diététiques notamment (pas de gluten dans la caroube).

☞ Valeur nutritionnelle : [20] [22]

La pulpe jaune pâle contenue dans les gousses est farineuse et sucrée à maturité. Elle est constituée de 40% de sucres, 35% d'amidon, 7% de protéines, et, dans des proportions plus faibles, de graisses, de tanin et de sels minéraux.

La caroube entière (gousse et ses graines) contient une forte proportion de [sucre](#) (glucose et saccharose), de l'ordre de 30 à 40% et des glucides autres (35 à 40%) ainsi que 5% de protéines. Toutefois l'exploitation industrielle de ce sucre n'a jamais été réalisée eu

égard à la faiblesse et à l'irrégularité de la production. La caroube est également riche en calcium et en potassium.

3.2.4. E412 : La farine de graines de guar :

La farine de graine de guar, E412 dans la nomenclature européenne, peut aussi être nommée gomme cyamopsis ou gomme de guar [65]. En anglais, elle est désignée sous le nom de guar gum, guaran, gum cyamopsis et guar flour.

🌀 L'origine de la farine de graine de guar : [3] [21] [24]

La farine de graine de guar est extraite des graines provenant de l'arbuste / arbre de *Cyamopsis tetragonolobus*. Il s'agit d'une légumineuse qui pousse en Inde, au Pakistan, dans le sud des Etats-Unis et autres régions intertropicales.

🌀 Le produit :

Procédé d'obtention de la gomme guar : [25] [65]

Le produit final s'obtient en deux étapes : la première consiste à enlever les graines de leur cosse, d'en isoler l'endosperme et de le moudre. Nous obtenons ainsi de la farine de graines de guar. Pour extraire la gomme guar, une deuxième étape est nécessaire : la purification des impuretés par solubilisation dans de l'eau à haute température puis une filtration du résidu insoluble. Ce résidu est précipité à l'aide d'alcool isopropylique et le coagulat obtenu est lavé et pressé pour enlever l'excédent d'alcool. Il est ensuite séché.

Structure moléculaire : [3] [25] [65]

La constitution est voisine de celle de la caroube, ce sont de longues chaînes de galactomannanes. Elle consiste essentiellement en un polysaccharide hydrocolloïdal de poids moléculaire élevé (50 000 à 8 000 000 Da), composé principalement d'unités de galactopyranose et de mannopyranose combinées par des liaisons glucosidiques (galactomannanes). Ces combinaisons doivent au moins représenter 75% du produit pur (dont plus de 92% de matière sèche de polymère de galactomannane et de 5% d'une fraction protéique).

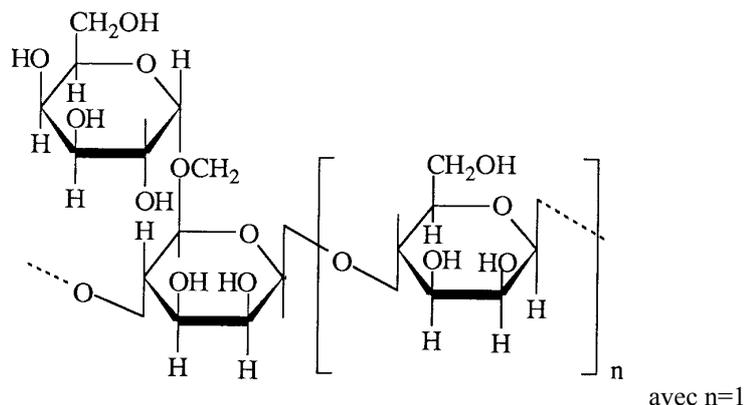


Figure n°29 : Représentation schématique d'une partie du polysaccharide issu de la graine de guar.

Source [33]

🌀 Propriétés fonctionnelles de la farine de graine de guar : [24] [25]

Propriétés :

La farine de guar est d'usage aisé car elle s'utilise dans les mêmes proportions pour toutes les recettes. Elle est incorporée à faible dose, le taux d'usage avoisine les 1%. Si le guar est introduit en trop grande quantité, le consommateur détecte une perception farineuse et collante du produit final.

Sa dissolution est facile, elle apporte un épaississement (une viscosité) à faible température mais moins que la caroube ou les carraghénanes.

Le guar améliore la rétention d'eau des aliments, il est insensible aux variations de pH, aux changements de température, à la présence de différents sels dans le produit et à la présence d'enzymes protéolytiques.

Son goût est neutre et il ne dégage pas d'odeur, le guar peut donc être mélangé à de nombreux ingrédients.

Synergies :

Il est employé partout, dans toutes sortes de recettes, car sans interactions avec les autres additifs. Il ne développe pas de gel avec les carraghénanes par exemple et a une faible synergie avec le xanthane sans toutefois donner un gel à température ambiante.

☞ Les tests d'identifications légales des molécules à l'état pur : [65]

- Les tests de recherche du galactose et du mannose doivent être positifs.
- La farine de graines de guar doit être soluble dans l'eau froide.
- La législation ne précise rien quant à une éventuelle identification histologique, mais la législation sur la farine de graine de caroube (E410), nous informe que la gomme guar présente des groupes serrés de cellules d'une forme allant de celle d'un cercle à celle d'une poire. Ces éléments sont jaunes à bruns. Les éléments bruns sont formés avec bien plus de régularité que dans la farine de graines de caroube.

☞ Utilisations de la farine de graines de guar dans les produits à base de viande :

De faible prix et très disponible, la farine de graines de guar fait l'objet de nombreuses transformations chimiques qui permettent d'étendre son usage à des applications non alimentaires.

La farine de guar est utilisée dans les produits à base de viande et sauces. En général, elle sert surtout à épaissir mais aussi, dans les produits surgelés, à limiter la formation de gros cristaux et donc l'éclatement des cellules.

Elle est utilisée comme liant basse calorie car il s'agit d'une fibre végétale soluble acalorique. Sa valeur calorique doit être inférieure à 4 kcal/g [3].

3.2.5. E415 : La gomme xanthane :

☞ L'origine de la gomme xanthane : [21] [65]

La gomme xanthane (xanthan gum en anglais) est un hétéropolysaccharide naturel obtenu industriellement par fermentation aérobie stricte en culture pure d'un hydrate de carbone (glucide) par des couches naturelles de microorganismes (*Xanthomonas campestris*), purifié par extraction, séché puis broyé.

La gomme xanthane est naturellement produite par ces bactéries qui s'en enveloppent pour rester fixées aux feuilles des plants de légume.

🌀 Le microorganisme : *Xanthomonas campestris* : [12] [43]

La bactérie *Xanthomonas campestris* se trouve dans le sucre et la mélasse.

Ce micro-organisme se présente sous forme de coques ou de petits bâtonnets de taille moyenne (0,5 x 1,3 µm).

Le genre bactérien *Xanthomonas*, membre du groupe des Pseudomonades, est petit, mobile, Gram négatif, aérobie, producteur de pigments jaunes et parasite habituel des plantes.

X. campestris est l'espèce la plus importante du genre. Il en existe différents types qui sont fonction de la phytopathogénicité, de la distribution géographique ou d'autres facteurs.

Par exemple : *X. campestris campestris* provoque des lésions brunes de décomposition sur les feuilles des choux et choux fleurs,

X. campestris oryzae provoque la rouille sur les feuilles de riz, entraînant de sérieuses pertes de récolte en Asie, Chine et Amérique,

X. campestris citri provoque le chancre du citron en Asie et en Amérique, là encore, accompagné de conséquences économiques graves.

X. campestris est cependant plus connue pour la production commerciale de polysaccharide appelé xanthan ou gomme xanthane.



figure n°30 :

Colonies striées de *Xanthomonas campestris* sur gélose.

La gomme elle même est incolore, mais les bactéries ont une pigmentation jaune dans leurs parois.

Source [12]

🌀 La molécule produite : [21] [31] [37] [43] [65]

La gomme xanthane est un polymère résistant à la dessiccation obtenu par préparation commerciale de fermentation aérobie de *Xanthomonas campestris*. De par sa production par fermentation, la gomme xanthane a une structure relativement reproductible.

La molécule est un hétéropolysaccharide qui est préparé sous forme de sels de sodium, de potassium ou de calcium. Ces solutions sont neutres.

Unité structurale :

La gomme xanthane est une énorme molécule. Sa masse molaire est estimée entre 1,5 à 5.10⁶ Daltons, soit 1,5 à 5 tonnes par mole ! Sa formule brute approximative et moyenne est la suivante : (C₆₇H₁₀₂O₅₆)_n avec 830 < n < 2800.

La gomme xanthane est un polymère constitué de glucose, mannose et d'acide glucuronique, dans les proportions molaires de 2, 2, 1, partiellement acétylé et pyruvylé (les degrés d'acétylation et de pyruvylation sont variables).

La structure primaire de la gomme xanthane consiste en une chaîne principale de cellulose. Cette chaîne porte un branchement latéral triosidique tous les 2 glucoses. Ainsi la gomme xanthane est un polymère constitué d'une unité pentasaccharidique branchée, acétylée et pyruvylée.

Deux groupements carboxyliques confèrent à la gomme xanthane un caractère anionique.

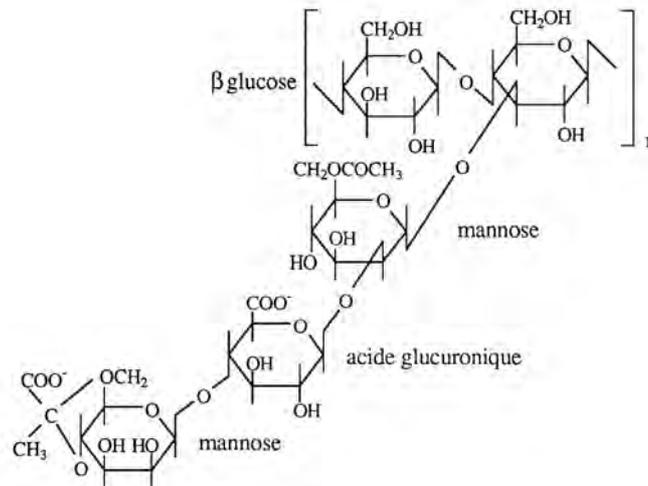


Figure n°31 : Structure primaire de la gomme xanthane : sont ici représentés les deux glucoses de la chaîne principale et le branchement latéral triosidique.

Source [33]

La structure secondaire à l'état solide se présente comme une hélice droite. En solution aqueuse, deux conformations sont possibles : à l'état natif, la structure est hélicoïdale et stabilisée, à l'état dénaturé, la structure est désordonnée en pelote et quand on repasse à un état saturé, la structure est à nouveau ordonnée et hélicoïdale. Le passage entre les états dénaturé et renaturé est réversible.

Forme commerciale :

Ce polymère est commercialisé essentiellement sous forme d'une poudre obtenue par précipitation du polysaccharide contenu dans le moût de fermentation à l'aide d'un solvant organique polaire (le propanol ou de l'éthanol).

Il existe une forme clarifiée et une forme non clarifiée. La forme clarifiée donne des solutions claires même à forte concentration alors que les formes non clarifiées donnent des solutions opaques.

☞ Propriétés physico-chimiques : [31] [37] [43]

Les propriétés physico-chimiques principales de la gomme xanthane sont liées aux interactions entre les macromolécules et l'eau.

- Solubilité : la gomme xanthane est soluble dans l'eau à froid (dès 10 à 20°C) mais est insoluble dans la plupart des solvants organiques.

- Rhéologie : la gomme xanthane a une viscosité élevée dès les basses concentrations (1g/L). Cette viscosité augmente avec la teneur en gomme et en électrolytes. Les propriétés rhéologiques varient peu avec la température et avec le pH (gamme de 2 à 11).

- Propriétés d'association : la gomme xanthane, sous sa forme hélicoïdale rigide, a la particularité de s'associer avec les zones lisses (non ramifiées) des galactomannanes (guar, caroube) ; il en résulte une synergie de viscosité, notamment dans les rapports xanthane/guar de 10 à 30/90 à 70. Avec la caroube, qui est deux fois moins branchée, on obtient un gel thermoréversible dès une concentration de 2g/L et dans le rapport xanthane/caroube de 50/50, alors que les deux polysaccharides isolés ne donnent pas de gels.

- La gomme xanthane est compatible et stable dans les solutions à forte concentration en sel, elle a une haute résistance à la dégradation enzymatique, une bonne stabilité à la congélation/décongélation, une bonne onctuosité et une excellente sensation en bouche.

☞ Les tests d'identifications légales des molécules à l'état pur : [65]

Le seul test décrit est celui de la solubilité : la gomme xanthane doit être soluble dans l'eau et insoluble dans l'éthanol.

☞ Utilisations de la gomme xanthane dans les produits à base de viande : [42]

[21] [43]

Bien que son prix soit relativement élevé, la gomme xanthane trouve des applications industrielles nombreuses et variées, grâce à ses propriétés rhéologiques exceptionnelles. Le marché mondial, estimé à plus de 30 000 tonnes par an (tous secteurs confondus : alimentaire et non alimentaire), connaît une croissance soutenue de plus de 5% par an.

La DJA est comprise entre 0 et 10 mg/kg.

La gomme xanthane est utilisée dans les produits à base de viande et les sauces.

Elle est utilisée :

- dans les plats préparés pour stabiliser les suspensions ;
- les plats reconstitués (saucisses, jambons) seront maintenus avec 0,2 à 0,5% de gomme xanthane ;
- dans les produits foisonnés (mousses) ;
- pour augmenter la viscosité des produits liquides et pâteux sans les gélifier ;
- comme stabilisant en particulier pour les sauces émulsionnées: marinades, sauces chaudes... et pour maintenir les solides (épices).

Conclusion :

Cette deuxième partie a présenté successivement les ingrédients et additifs autorisés dans les produits à base de viande. Ils ont chacun leurs caractéristiques, des solubilités différentes et des propriétés liantes propres qui font qu'ils sont ou non utilisés dans un produit à base de viande.

Tous les additifs cités sont également utilisés dans les produits alimentaires autres que carnés (soupes, sauces, crèmes, laitages, glaces, nappages, pâtisseries, pain, boissons...), dans les produits surgelés et diététiques, les plats préparés. Ils rencontrent aussi des applications dans la fabrication des médicaments, des cosmétiques, des produits de toilette ainsi que dans l'industrie pétrochimique, la papeterie, les colorants, colles, enduits et revêtements divers.

Conclusion :

Ce travail synthétise la réglementation complexe des additifs autorisés dans les aliments. Nous avons limité notre sujet aux liants autorisés soit en tant qu'ingrédients soit en tant qu'additifs alimentaires dans les produits à base de viande.

Nous souhaitons que ce dossier apporte aux spécialistes de la transformation de ces produits une meilleure connaissance de la législation ainsi qu'une aide à la constitution des dossiers pour l'introduction de nouveaux liants.

Nous avons précisé pour chacun d'eux leurs origines, leurs propriétés, leur intérêt fondé sur leur nature chimique et les modifications qu'ils développent en conséquence.

Ce travail constitue donc un récapitulatif des connaissances techniques nécessaires aux industriels pour faire le choix du liant à introduire dans leur recette.

Nous avons apporté une attention particulière à la graine de caroube pour laquelle nous avons effectué une étude histologique détaillée.

Références bibliographiques :

- [1] ABOUKHEIR.S, *Activité des levures dans les denrées alimentaires à base de viande*, thèse de docteur-ingénieur, université de Nancy I, Nancy, 1975, CNRS n°A-O-11-928, 109p
- [2] Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, site de l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, [en-ligne], mise à jour en septembre 2006, [<http://www.afssa.fr/Object.asp?IdObj=10413&Pge=0&CCH=060314094213:26:4&cwSID=8F85A5C1286E4C09BB78118DB887C952&AID=0>], consulté le 23 novembre 2006.
- [3] Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, *Avis de l'AFSSA relatif à l'évaluation sur l'emploi, de la gomme guar (actuellement considérée comme additif technologique conformément à l'arrêté du 2 octobre 1997), en tant qu'additif à but nutritionnel*, Saisine n°2002-SA-0069 faite à Maisons-Alfort le 23 septembre 2002.
- [4] ALAIS.C, LINDEN.G, MICLO.L, *Biochimie alimentaire*, 5^e édition de l'abrégé, Paris éditions Dunod, 2003, 250p.
- [5] Aliments et Santé Laurier (Québec), *La caroube*, [en ligne], [<http://www.alimentssante.com/cs5.asp#Anchor-LA-62285>], consulté le 21 janvier 2007.
- [6] Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (AESa ou EFSA), site de l'European Food Safety Authority, [en-ligne], [http://www.efsa.eu.int/index_fr.html], consulté le 23 novembre 2006.
- [7] BOURSIER.B, *Amidons natifs et modifiés alimentaires*, éditions Techniques de l'ingénieur, Sciences et Techniques, n° F4690, parution septembre 2005, 22p.
- [8] *Caroube*, [en-ligne], [<http://perso.wanadoo.fr/aromatiques.tropicales/cataloguehtml/caroube.html>], consulté le 21 janvier 2007.
- [9] Centre Technique de la Salaison, de la Charcuterie et des Conserve de Viandes (CTSCCV), *Code des Usages de la Charcuterie, de la Salaison et des Conserve de Viandes*, édition 1997
- [10] CHEFTEL.JC, CUQ.JL, LORIENT.D, *Protéines alimentaires, biochimie, propriétés fonctionnelles, valeur nutritionnelle, modifications chimiques*, éditions Tec et Doc, 1985, 308p.
- [11] Codex Alimentarius, site du Codex alimentarius, [Norme générale pour l'étiquetage des additifs alimentaires vendus en tant que tels](#), [en ligne], [http://www.codexalimentarius.net/download/standards/2/CXS_107f.pdf], consulté le 16 novembre 2006.
- [12] DEACON.J, *The Microbial World : Exopolysaccharides and their commercial roles*, [en-ligne], [<http://helios.ed.ac.uk/bto/microbes/xanthan.htm>], consulté le 21 janvier 2007.
- [13] DICKINSON.E, *Les colloïdes alimentaires*, Paris, édition Masson, 1996, 216p.

- [14] *Dictionnaire de la botanique*, éditions Encyclopédia Universalis et Albin Michel, 1999.
- [15] Direction des Services Vétérinaires des Côtes d'Armor, *Le service hygiène alimentaire*, [<http://www.zoopole.com/fr/technopole/hygiene.htm>], consulté le 23 novembre 2006.
- [16] Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes (DGCCRF), *site de la Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes*, [en-ligne], mise à jour le 9 janvier 2006, [http://www.dgccrf.minefi.gouv.fr/01_presentation/missions.htm?ru=01], consulté le 23 novembre 2006.
- [17] Direction Générale de l'Alimentation (DGA), *site de la Confédération Générale de l'Alimentation de Détail*, [en-ligne], mise à jour en mars 2006, [<http://www.cgad.fr/cgad/influente/dgal.htm>], consulté le 23 novembre 2006.
- [18] Documentation française, *La sécurité alimentaire (1990-2003) - Crise de l'ESB, OGM et sécurité des aliments*, [en-ligne], mise à jour en septembre 2004, [<http://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/securite-alimentaire/index/>], consulté le 23 novembre 2006.
- [19] Encyclopedia Universalis, *Aliment*, tome 1, 2002, p 822.
- [20] Encyclopédie Wikipedia, *Caroubier*, [en-ligne], [<http://fr.wikipedia.org/wiki/Caroubier>], consulté le 21 janvier 2007.
- [21] FRENTZ.JC, ZERT.P, *L'encyclopédie de la charcuterie*, 3^e édition, éditions Soussana, 1990, 845p.
- [22] Ginkgo biloba online, *Le Caroubier*, [en-ligne], [<http://www.ginkgo.biloba.online.fr/caroubier/>], consulté le 21 janvier 2007.
- [23] Groupe permanent d'étude des marchés de denrées alimentaires (GPEM/DA), *guide n°B2-17-99 du 6 mai 1999*, [en ligne], 6 mai 1999, [http://www.finances.gouv.fr/fonds_documentaire/daj/guide/gpem/b2-17-99/b21799.pdf], consulté le 23 novembre 2006.
- [24] Kalys SA, *Gomme guar : Code additif : E412*, [en ligne], [www.kalys.com], consulté le 21 janvier 2007.
- [25] JOULANDA.N, *L'effet fibre : applications à la gomme guar*, thèse de docteur en pharmacie, Université Paul Sabatier, Toulouse, 1993, 93/TOU3/2039, 172p.
- [26] LAFON.P, LAFON.F, *L'œuf et les ovoproduits*, éditions Technique de l'Ingénieur, Sciences et Techniques, traité Agroalimentaire, parution décembre 1999, n° F7010, 22p.
- [27] Nouveau Larousse encyclopédique, *Ingrédient*, éditions Larousse, volume 1, 2003, p47.
- [28] LARPENT.J.P, *Biotechnologie des levures*, Paris, éditions Masson, 1991, 426p.

- [29] LE MESTE.M, LORIENT.D, SIMATOS.D, *L'eau dans les aliments : aspects fondamentaux*, Paris, éditions Tec et Doc, 2002, 674p.
- [30] LEVEQUE.E, HAYE.B, BELARBIA, *L'amidon et ses dérivés*, éditions biocampus, 2000, 120p.
- [31] London South Bank University, *Xanthan Gum*, [en-ligne], [<http://www.lsbu.ac.uk/water/hyxan.html>], consulté le 21 janvier 2007.
- [32] Ministère de l'agriculture, *La DGAL et ses services de terrain*, [en-ligne], mise à jour le 30 juin 2005, [http://www.agriculture.gouv.fr/spip/ressources.themes.alimentationconsommation_a4572.html], consulté le 23 novembre 2006.
- [33] MOLL.N, MOLL.M, *Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques*, éditions Masson, 1990, 218p.
- [34] MOLLION.J, *Recherche sur les carraghénanes et leur extraction : variations saisonnières du carraghénane de Hypnea*, thèse de docteur de troisième cycle, université des sciences et techniques de Lille, Lille, 1977, n°665, 70p
- [35] MULLER.J.Y, AVENARD.G, MARTINI.E, *Les dérivés sanguins*, Paris, éditions Frison-roche, 1992, 138p
- [36] MULTON.J.L et collaborateurs, 2002, *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires*, 3^{ème} édition, éd Tec et Doc, 733p.
- [37] Oregon State University, *Xanthan gums*, [en-ligne], mise à jour le 22 mars 2006, [<http://food.oregonstate.edu/gums/xanthan.html>], consulté le 21 janvier 2007.
- [38] PEREZ.R, *Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisations, culture*, Plouzane, éditions IFREMER, 1997, 272p.
- [39] POISSONNET C.M., *L'encyclopédie de la nutrition, guide des aliments et des régimes*, édition du rocher, 1991, 78p.
- [40] REVIERS.B, *Biologie et physiologie des algues*, tome 1, Paris, éditions Belin, 2002, 352p.
- [41] REVIERS.B, *Biologie et physiologie des algues*, tome 2, Paris, éditions Belin, 2003, 255p.
- [42] SIMON J.L., *gomme xanthane : agent viscosant et stabilisant*, éditions Techniques de l'ingénieur, Sciences et Techniques, traité Agroalimentaire, n°F4300, parution décembre 2001, 8p
- [43] SIMON J.L., CERLES B., *gomme xanthane*, éditions Technique de l'ingénieur, Sciences et Techniques, traité Génie des procédés, n° J6670, parution décembre 2000, 10p.

[44] Union européenne, *Administrative guidance for the request of authorisation of a food additive*, [en-ligne], [http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/additives/flav16_en.pdf], consulté le 23 novembre 2006.

[45] Union européenne, *Contrôles officiels des aliments pour animaux et des denrées alimentaires*, [en-ligne], mise à jour le 13 octobre 2006, [<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/f84005.htm>], consulté le 23 novembre 2006.

[46] Union européenne, *Etiquetage et emballage des produits ; additifs alimentaires autorisés : régime général*, [en-ligne], mise à jour le 20 avril 2004, [<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l21067.htm>], consulté le 23 novembre 2006.

[47] Union européenne, « *Etiquetage et emballage des produits ; additifs autres que les colorants et les édulcorants autorisés* », [en-ligne], mise à jour le 16 décembre 2005, [<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l21070a.htm>], consulté le 16 mars 2006.

[48] Union européenne, « *Guidance on submissions for food additive evaluations by the scientific committee on food* », 11 juillet 2001.

[49] Union européenne, « *Les activités de l'Union Européenne en matière de sécurité alimentaire (synthèse)* », [en-ligne], mise à jour le 16 décembre 2005, [http://europa.eu.int/pol/food/index_fr.html], consulté le 23 novembre 2006.

[50] Union européenne, « *Livre blanc sur la sécurité alimentaire* » du 12 janvier 2000, [en-ligne], [<http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l32041.htm>], consulté le 23 novembre 2006.

[51] Union européenne, *Principes généraux de la législation alimentaire – Autorité européenne de sécurité des aliments – Procédures de sécurité des denrées alimentaires*, [en-ligne], mise à jour le 15 mai 2006, [<http://europa.eu.int/scadplus/leg/fr/lvb/f80501.htm>], consulté le 23 novembre 2006.

[52] THEML.H, *Atlas de poche d'hématologie*, Paris, éditions médecine-sciences Flammarion, 2006, 124p.

[53] ZAMORANO J., *Carraghénanes : agents gélifiants, épaississants et stabilisants*, éditions Techniques de l'ingénieur, Sciences et Techniques, n° F5080, parution mars 2006, 8p.

Références des textes législatifs :

Textes de l'Union européenne :

Les textes de l'UE sont tous consultables sur le site de l' « accès au droit de l'Union Européenne » : [<http://eur-lex.europa.eu/fr/index.htm>].

[54] Directive 81/712/CEE de la Commission du 28 juillet 1981, *portant fixation des méthodes d'analyse communautaires pour le contrôle des critères de pureté de certains additifs alimentaires.*

[55] Directive modifiée 89/107/CEE du Conseil du 21 décembre 1988 *relative au rapprochement des législations des états membres concernant les additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine.*

[56] Directive modifiée 95/2/CE du Parlement européen et du Conseil du 20 février 1995 *concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants.*

[57] Directive modifiée 96/77/CE de la Commission du 2 décembre 1996 *portant établissement de critères de pureté spécifiques pour les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants.*

[58] Règlement (CE) n° 178/2002 du Parlement européen et du Conseil du 28 janvier 2002, *établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire, instituant l'Autorité européenne de sécurité des aliments et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires.*

[59] Règlement modifié (CE) n° 882/2004 du Parlement européen et du Conseil du 29 avril 2004, *relatif aux contrôles officiels effectués pour s'assurer de la conformité avec la législation sur les aliments pour animaux et les denrées alimentaires et avec les dispositions relatives à la santé animale et au bien être des animaux.*

[60] *Accord sur l'Espace économique européen - Annexe I - Questions vétérinaires et phytosanitaires - Liste prévue à l'article 17, n° CELEX 21994A0103(51).*

[61] *Accord sur l'Espace économique européen - Annexe II - Règlements techniques, normes, essais et certification - Liste prévue à l'article 23, n° CELEX 21994A0103 (52).*

Textes appartenant à la législation française :

Tous ces textes peuvent être consultés sur le site de la législation française : <http://www.legifrance.gouv.fr/>

Les versions consolidées des textes sont accessibles après avoir suivi le lien : « version en vigueur » se trouvant sous les intitulés des textes.

[62] Décret modifié 89-674 du 18 septembre 1989, *relatif aux additifs pouvant être employés dans les denrées destinées à l'alimentation humaine*, JORF du 19 septembre 1989.

[63] Arrêté interministériel du 02 octobre 1997 « *relatif aux additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine* », JORF du 8 novembre 1997.

[64] Loi n° 98-535 du 1 juillet 1998, « *relative au renforcement de la veille sanitaire et du contrôle de la sécurité sanitaire des produits destinés à l'homme* », JORF du 2 juillet 1998.

[65] Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, Annexe à l'arrêté du 22 septembre 1999, *Additifs pouvant être employés dans la fabrication des denrées destinées à l'alimentation humaine*, édition des documents administratifs n°36 du 26 novembre 1999.

[66] code de la consommation, art R112-2 et R112-3.

Toulouse, 2007

NOM : INGHELS

Prénom : Sonia

TITRE : CONTRIBUTION A L'ETUDE DES LIANTS DANS LES PRODUITS A BASE DE VIANDE ;

RESUME :

Ce travail constitue une synthèse et une explication des textes législatifs européens et français relatifs aux liants (ingrédients ou additifs alimentaires) dans les produits à base de viande. Il est développé la composition du dossier à mettre en place et la marche à suivre par les industriels pour utiliser un nouvel additif. L'auteur présente ensuite des définitions générales sur les liants qu'ils soient des émulsifiants ou des épaississants/gélifiants, ainsi que la description détaillée de ceux qui sont autorisés dans les produits à base de viande. Une attention particulière a été portée sur la graine de caroube dont une étude histologique a été réalisée.

MOTS-CLES : LIANT, VIANDE, ADDITIF ALIMENTAIRE, REGLEMENTATION, EMULSIFIANT, EPAISSISSANT, GELIFIANT, GUAR, CARRAGHENANE, ACIDE ALGINIQUE, ALGINATE, CAROUBE, XANTHANE.

ENGLISH TITLE : STUDY OF LIANTS IN MEAT PRODUCTS.

ABSTRACT : here is a summary and commentary of European and French legislative texts about liants (ingredients and additives) found in meat made products. The document needed to make a file have been detailed as well as the steps that must be done by the industrials to be able to use a new additive. The author then gives general definitions concerning liants depending if there are emulsified or thickened/gelatinized, as well as the detailed description of the ones that are authorised in meat made products. A histologic study was carried out on the carob seeds.

KEYWORDS : LIANT, MEAT, FOOD ADDITIVES, LEGISLATION, EMULSION, THICKEN, GELATIN, GUAR, CARRAGHENAN, ALGINIC ACID, ALGINAT, CAROB, XANTHAN