

Cours : toxicologie alimentaire

Chapitre 1 : Généralités

La toxicologie est depuis longtemps reconnue comme étant la science des poisons. Elle étudie les effets nocifs des substances chimiques sur les organismes vivants.

La Toxicologie Alimentaire = Evaluation ou Analyse du risque toxicologique lié à l'ingestion d'un aliment. Elle fait appel à une multitude de connaissances scientifiques et s'intéresse à plusieurs secteurs de l'activité humaine :

- ✓ l'agriculture,
- ✓ l'alimentation,
- ✓ l'industrie pharmaceutique,
- ✓ l'environnement,
- ✓ les milieux de travail, etc.

1.1. Définitions et concepts

Toxicité : est la capacité intrinsèque d'un agent chimique à avoir un effet nocif sur un organisme.

Xénobiotique : désigne une «substance étrangère», c'est-à-dire extérieure à l'organisme, par opposition aux composants endogènes.

Les xénobiotiques comprennent les médicaments, les produits chimiques industriels, les poisons naturels et les polluants environnementaux.

Danger : représente une toxicité potentielle pouvant survenir dans un cadre ou une situation déterminée.

Risque : est la probabilité d'apparition d'un effet nocif spécifique. Il est souvent exprimé en pourcentage de cas dans une population donnée pour une durée déterminée. Une évaluation du risque peut être faite à partir de cas réels ou par projection de cas futurs, basée sur des extrapolations.

Évaluation de la toxicité de même que la **classification de la toxicité**, peuvent être utilisées dans un but réglementaire. Il s'agit d'une classification arbitraire des doses ou des niveaux d'exposition («très toxique», «extrêmement toxique», «modérément toxique», etc.) à l'origine d'effets toxiques qui permet de répertorier les produits exerçant une toxicité aiguë. La classification de la toxicité permet de regrouper les produits chimiques dans des catégories générales selon leur effet toxique essentiel, par exemple les allergènes, les neurotoxiques, les cancérigènes, etc. Elle peut avoir une valeur administrative d'avertissement et d'information.

Relation dose-effet : est la relation entre la dose et l'effet à l'échelle de l'individu.

L'augmentation de la dose peut accroître l'intensité ou la sévérité d'un effet. Certains effets toxiques, comme la mort ou le développement d'un cancer, n'ont pas un caractère progressif: ils représentent des effets «tout ou rien».

Relation dose-réponse : désigne la relation entre la dose et le pourcentage d'individus présentant un effet spécifique. Lorsque la dose augmente, un plus grand nombre d'individus sont affectés dans la population exposée.

Effets additifs : sont le résultat d'une exposition combinée à plusieurs produits chimiques, où les toxicités particulières sont simplement additionnées les unes aux autres ($1+1 = 2$). Lorsque les produits chimiques agissent selon le même mécanisme, on peut présumer qu'ils auront un effet additif, mais il n'en va pas toujours de même dans la réalité. Ainsi, il peut arriver que l'interaction entre des produits chimiques aboutisse à une inhibition (antagonisme), l'effet observé étant plus faible que celui attendu par addition des effets des produits chimiques individuels ($1+1 < 2$). Inversement, la combinaison de produits chimiques peut produire un effet plus prononcé que celui attendu par simple addition (réponse augmentée chez les individus ou augmentation de la fréquence des réponses parmi une population) (synergie) ($1+1 > 2$).

Temps de latence : est le temps qui s'écoule entre une première exposition et l'apparition d'un effet ou d'une réponse décelables. Ce terme est souvent employé pour les effets cancérogènes, où les tumeurs apparaissent longtemps après le début de l'exposition et quelquefois bien après son arrêt.

Dose seuil : est le niveau de dose en dessous duquel aucun effet observable ne survient. Il existe des seuils pour certains effets, notamment les effets toxiques aigus, mais non pour d'autres, par exemple pour les effets cancérogènes (initiateurs formant des adduits à l'ADN). Une simple absence de réponse dans une population donnée ne saurait cependant être interprétée comme la preuve de l'existence d'un seuil. Elle peut être due à un simple phénomène statistique: un effet toxique ne se produisant qu'à faible fréquence pourra ne pas être décelé dans une petite population.

La DL50 (dose létale 50) : est la dose qui entraîne le décès de la moitié du lot d'animaux de laboratoire soumis au toxique étudié. Elle est souvent employée dans la littérature classique comme une mesure de la toxicité aiguë des produits chimiques. Plus la DL50 est élevée, plus la toxicité aiguë est faible. Un produit chimique très toxique (avec une faible DL50) est dit

violent. Il n'existe pas nécessairement de corrélation entre la toxicité aiguë et la toxicité chronique. La DE50 (dose efficace) est la dose responsable d'un effet spécifique autre que la létalité chez 50% des animaux.

La valeur NOEL (NOAEL) (No Observed (Adverse) Effect Level) : correspond à la dose à laquelle aucun effet (nocif) n'est observé, ou encore la plus forte dose n'entraînant aucun effet toxique. Pour établir une valeur NOEL, il faut disposer de nombreuses doses dans une population importante mais aussi d'autres informations pour s'assurer que l'absence de réponse n'est pas simplement le résultat d'un phénomène statistique.

La valeur LOEL (Low Observed Effect Level) : correspond à la dose efficace la plus faible sur une courbe dose-réponse, ou à la plus faible dose provoquant un effet.

Les extrapolations : sont des estimations théoriques qualitatives ou quantitatives de toxicité (extrapolation d'un risque) obtenues par déduction de données d'une espèce à l'autre, ou d'un ensemble de données dose-réponse obtenues dans une zone de doses élevées à des zones de dose-réponse pour lesquelles il n'existe pas de données. Elles permettent de prévoir une réponse toxique en dehors du champ d'observation. On les établit à partir de modèles mathématiques basés sur la connaissance du devenir d'un produit chimique dans l'organisme (modèle toxicocinétique) ou sur la probabilité statistique de la survenue d'un mécanisme biologique (modèle biologique ou mécanistique). Certains organismes nationaux ont mis au point, dans un but réglementaire, des modèles d'extrapolation complexes permettant de prévoir un risque.

Les effets systémiques sont les effets toxiques observés dans des tissus éloignés de la voie d'absorption.

L'organe cible : est l'organe principal ou l'organe le plus sensible atteint lors d'une exposition. Un même produit chimique pénétrant dans l'organisme peut atteindre des organes cibles différents selon la voie, la dose, le sexe et l'espèce. Les effets aigus sont des effets survenant rapidement (en général en moins de vingt-quatre heures) après une exposition limitée; ils peuvent être réversibles ou irréversibles.

Les effets chroniques : surviennent après une exposition prolongée (mois, années, décennies) ou persistent une fois que l'exposition a cessé.

Une exposition aiguë : est une exposition de courte durée, tandis qu'une exposition chronique est une exposition de longue durée (parfois toute la vie).

La tolérance (accoutumance ou mithridatisation) : est le phénomène qui se produit lorsque des expositions répétées entraînent une réponse inférieure à celle que l'on observe sans Prétraitement

Un toxique : est une substance capable de perturber le fonctionnement normal d'un organisme vivant.

Il peut être de source :

- ✓ naturelle (ex. : poussières, pollen) ;
- ✓ artificielle (ex. : uréeformaldéhyde) ;
- ✓ de nature chimique (ex. : acétone) ;
- ✓ biologique (ex. : aflatoxines, anthrax)
 - **Substances toxiques** :
 - ✓ Substances qui produisent des effets biologiques indésirables de toute nature.
 - ✓ Peuvent être de nature chimique ou physique.
 - ✓ Les effets peuvent être de divers types (aigu, chronique, etc.).
 - **Toxine** : Protéines spécifiques produites par des organismes vivants (toxine de champignon). La plupart présente des effets immédiats.
 - **Poison** :

Substances toxiques qui provoquent une mort ou une maladie immédiate lorsqu'elles sont rencontrées en très petites quantités

- **Facteurs influençant la toxicité:**
 - ✓ Âge
 - ✓ Sexe et état hormonal
 - ✓ Constitution génétique
 - ✓ État de santé ; présence d'une maladie ou de stress
 - ✓ Nutrition
 - ✓ Mode de vie
- **Selon la nature de produit:**

- **Toxicité directe** :

Le toxique produit ses effets néfastes sans aucune biotransformation, sa nature chimique est responsable de sa toxicité. Exemple :

- ✓ Acides forts et bases fortes ;
- ✓ Les oxydants (ingestion d'eau de javel) ;

✓ Le monoxyde de carbone (CO) et etc.

-Toxicité indirecte :

Le toxique n'est pas toxique tel quel, mais nécessite une biotransformation pour révéler sa toxicité, une réaction métabolique (hydrolyse, oxydation, etc.). Exemple : le paracétamol.

-Selon les effets toxiques:

- Toxicité aiguë :

Dans ce cas les signes de l'intoxication se manifestent rapidement après l'ingestion, ne dépassant pas 24 heures. La DL50 ou la dose létale 50 est la dose de substance causant la mort de 50 % d'une population animale donnée (souvent des souris ou des rats) dans des conditions d'expérimentation précises.

-Toxicité subaiguë (à moyen termes) :

Le toxique est administré plusieurs fois pendant une période plus longue n'excédant pas trois mois. On cherche à déterminer les organes et les fonctions touchées par ce toxique.

- Toxicité chronique (long termes) :

Porte sur un temps suffisamment long plus de trois mois, il s'agit d'une toxicité qui apparait par cumul de toxique dans l'organisme et que l'on appelle (toxicité cumulative). Elle peut causer des effets cancérigènes, mutagènes, tératogènes (toxicité génétique).

✓ **Toxicité chimique et métabolique:**

- Toxicité chimique:

La molécule exprime sa toxicité en réagissant chimiquement avec l'organisme.

Exemple : cyanure (KCN) qui se lie à l'ion ferrique d'une enzyme mitochondriale bloquant la respiration cellulaire.

- Toxicité métabolique:

Toxicité développé par les produits du métabolisme. Exemple : Paracétamol et Aspirine.

✓ **Toxicité génétique :**

-Mutagenèse : modifications permanentes et transmissibles dans le génome. Exemple : radiation, méthotrexate.

-Cancérogenèse : apparition ou de l'accélération de développements des cellules malignes. Exemple : tabac.

-Tératogenèse : apparition de malformations congénitales au cours de développements de l'embryon après l'exposition ou l'ingestion de la substance pendant la gestation. Les trois premiers mois sont les plus à risque.

➤ **Mécanismes d'action des toxiques :**

- **Toxicocinétique** : La toxicocinétique peut être définie comme l'étude des mouvements dynamiques des toxiques durant leur passage dans le corps humain. La toxicocinétique renseigne sur la façon avec laquelle l'organisme agit sur une substance par l'intermédiaire des processus d'absorption, de distribution, de biotransformation et d'excrétion.

Chapitre 2: Les groupes d'aliments

2.1. Les différents groupes d'aliments

2.1.1. Le lait et les produits laitiers

Le lait et les produits laitiers renferment :

- ✓ Protéines (35g) et lactose (50g)
- ✓ Calcium (1 200 mg).
- ✓ Vitamines A et groupe B
- ✓ Vit A et D absentes (lait écrémé).

2.1.2. Viandes, poissons, œufs

- ✓ Protéines d'excellente qualité
- ✓ Vitamines et minéraux
- ✓ Les lipides (AG saturés et monoinsaturés)
- ✓ Fer héminique ferreux (++)

2.1.3. Les féculents

- ✓ Amidon
- ✓ Fibres
- ✓ Protéines (10 %)
- ✓ Pauvres en calcium
- ✓ Fer et du magnésium (mal absorbés)
- ✓ Le vit B (denrées complètes)

2.1.4. Les fruits et légumes

- ✓ L'apport en sucres (15 à 20 %)
- ✓ Vitamines
- ✓ Fibres

- ✓ Apport en glucides modéré (1 à 9 %)
- ✓ Calcium, magnésium, fer et du cuivre
- ✓ Fibres en quantité importante.

2.3. Quel est le cheminement d'un toxique dans l'organisme ?

Plusieurs facteurs interviennent dans les processus d'action toxique, notamment les phases toxicocinétiques et toxicodynamiques.

2.3.1. La toxicocinétique : ADME

La toxicocinétique s'intéresse à l'influence qu'exerce l'organisme sur un toxique. Cette influence découle des processus d'absorption, de la distribution, du métabolisme et de l'élimination qui gouvernent le cheminement du toxique dans l'organisme. Le devenir d'un xénobiotique dans l'organisme est divisé en 4 phases:

- ✓ Absorption = Pénétration du xénobiotique dans l'organisme
- ✓ Distribution = Répartition du xénobiotique dans l'organisme
- ✓ Métabolisme = Biotransformation du xénobiotique
- ✓ Élimination = Élimination de l'organisme du xénobiotique et de ses métabolites.

2.3.2. Facteurs toxicocinétiques

- ✓ Concentration du xénobiotique
- ✓ Durée d'exposition
- ✓ Taille de la substance
- ✓ Lipophilie de la substance
- ✓ Vitesse d'absorption
- ✓ Biodisponibilité
- ✓ Distribution du xénobiotique et concentration dans chaque site
- ✓ Métabolisme (Age, patrimoine génétique, capacités métaboliques...)
- ✓ Demi-vie du xénobiotique et de ses métabolites
- ✓ Élimination

2.3.3. Toxicocynétique: absorption

Absorption = pénétration du xénobiotique dans l'organisme Elle se fait par passages transmembranaires successifs.

- ✓ **Plusieurs voies de pénétration:**
 - Pulmonaire
 - Digestive

Cutanée

Cas particuliers: muqueuse (ophtalmique, nasale) placentaire barrière hémato-encéphalique

2.3.4. Facteurs influençant l'absorption gastro-intestinale

- ✓ liposolubilité,
- ✓ solubilité et stabilité au pH du milieu nature du vecteur
- ✓ mobilité du tractus gastro-intestinal
- ✓ action d'enzymes
- ✓ formation de composés insolubles (chélation du calcium)
- ✓ jeûne
- ✓ exposition par voie respiratoire (tapis muco-ciliaire déglutition)
- ✓ hygiène (ex: manger ou fumer sur son lieu de travail)

2.3.5. Toxicocinétique: distribution

C'est un processus de répartition du toxique dans l'organisme. Depuis son passage à la circulation générale jusqu'à sa diffusion dans les tissus. Il comprend: le transport sanguin (phase plasmatisque) et la diffusion tissulaire (phase tissulaire).

2.3.6. Toxicocinétique: biotransformation (métabolisme)

Pendant ou après son transport dans le sang, le toxique peut entrer en contact avec différentes cellules de l'organisme qui ont la capacité de le transformer. L'ensemble des réactions de la transformation métabolique est appelée biotransformation, tandis que les produits de la biotransformation sont appelés métabolites. Il peut en résulter un produit moins toxique (détoxification) ou plus toxique (activation), l'accumulation ou l'élimination du produit et de ses métabolites. Le toxique peut s'affronter à des barrières biologiques à savoir hématoencéphalique et hémato-placentaire. La transformation des toxiques est surtout effectuée par le foie, véritable laboratoire chimique de l'organisme, qui contient une multitude d'enzymes (substance protéique qui catalyse une réaction chimique dans l'organisme). Il enrichit le sang d'éléments nutritifs et le purifie en concentrant et en éliminant beaucoup de substances. D'autres organes tels que les poumons et les reins peuvent aussi transformer des toxiques.

2.1.3.7. Toxicocinétique: stockage et élimination

2.1.3.7.1. Le stockage:

C'est le processus d'accumulation de toxiques dans certains tissus et organes tels que le foie et le rein (Cd) tissu adipeux (DDT) les Os (F-).

2.1.3.2. L'excrétion:

Ce processus consiste à rejeter le produit inchangé ou ses métabolites à l'extérieur de l'organisme. L'excrétion peut se faire par voie rénale (l'urine), gastro-intestinale (les selles), pulmonaire (l'air expiré), cutanée (la sueur) ou lactée (le lait)

2.4. Evaluation de la toxicité

La toxicité d'une substance dépend de :

- ✓ sa nature
- ✓ la quantité ingérée = dose
- ✓ la durée ou fréquence de consommation
- ✓ la sensibilité de l'individu

La première étape de l'évaluation toxicologique est la détermination de la toxicité aiguë d'une substance, effectuée chez différentes espèces animales: rongeurs principalement (en raison de la commodité de l'emploi), mais aussi avec une ou plusieurs espèces n'appartenant pas à cet ordre.

2.4.1. Test de toxicité aiguë

La DL50 (dose létale 50) est la dose qui donnée en une seule fois provoque dans un délai de 14 jours la mort de la moitié des animaux.

2.4.1.1. Méthode

On administre à 1 lot d'animaux, 1 dose unique de la substance à tester et on recherche expérimentalement la dose qui tue 50% de la population (appelée DL50, dose létale 50).

Plus la substance est toxique, moins il en faut pour provoquer la mort, plus la DL50 est faible.

Elle s'exprime en mg/kg de poids de l'animal.

2.4.1.2. Détermination de la dose sans effet (DSE)

La DSE (dose sans effet) = quantité maximale de substance toxique qui peut être ingérée par un animal quotidiennement, pendant toute sa vie, sans provoquer de troubles physiologiques (en mg/Kg de poids corporel).

2.4.1.3. Etablissement des doses journalières admissibles (DJA)

Elle est calculée à partir de la DES

DJA humaine = DSE / 100 (en mg/Kg de poids corporel)

- Un facteur x 10 = facteur spécifique : on suppose que l'espèce humaine est 10 fois plus sensible que l'espèce animale testée la plus sensible.
- Un facteur x 10 = facteur de sécurité individuel : dans un groupe humain, tous les individus n'ont pas la même sensibilité; certains peuvent être 10 fois plus sensibles que la moyenne (enfants, femmes enceintes, personnes âgés,...)

2.5. Toxicité intrinsèque

Les éléments toxiques sont naturellement présents dans l'aliment.

- ✓ Intoxication par les aliments végétaux
- ✓ Intoxication par les champignons et moisissures
- ✓ Intoxication par les biotoxines marines
- ✓ Produits toxiques issus de certaines techniques culinaires

Elle est acquise par contact ou addition accidentelle ou intentionnelle de contaminants ou de substances technologiques.

2.6. Les additifs

Un additif est « une substance non consommée en l'état et non un ingrédient alimentaire, dont l'addition à un aliment est dans un but technologique ou organoleptique ». L'emploi de toute substance doit être autorisé par des experts toxicologues. Seules sont autorisées les substances figurant sur la liste positive retenue par la réglementation.

2.7. Métaux et arsenic

On distingue les métaux :

- ✓ très toxiques : mercure, cadmium, plomb, arsenic
- ✓ toxiques : nickel, chrome, cobalt, zinc, cuivre

2.8. Pesticides

Substances destinées à éliminer ou limiter les dégâts des espèces nuisibles : insectes (insecticides), rongeurs (rodenticides), moisissures (fongicides), mauvaises herbes (herbicides). Qui peuvent être responsables de troubles neurologiques.

Il faut une réglementation qui doit : fixer les Limites Maximales de Résidus (L.M.R), c'est-à-dire les seuils des substances à potentialités toxiques dans les denrées alimentaires.

2.9. Matériaux en contact avec les denrées

Les matériaux doivent être inertes à l'égard des denrées et fixe des limites tolérées de migration vers l'aliment.

Matériaux visés sont les Ustensiles, récipients de préparation et surtout emballages ou conditionnement qui doivent obéir aux critères praticité, hygiène, conservation améliorée ...

2.10. Détergents/désinfectants

On doit tenir compte

- une liste des produits autorisés pour le nettoyage et la désinfection des matériaux en contact avec les aliments
- un rinçage obligatoire à l'eau claire pour éliminer tout résidu.
- les ranger dans une armoire hors de portée des personnes extérieures au service
- les étiqueter ou ne pas les sortir de leur récipient d'origine.

Chapitre 3 : toxicologie lié à l'alimentation

Les intoxications, bactériennes ou chimiques accidentelles par voie alimentaire sont malgré tout fréquentes. Elles restent un facteur important de morbidité, et d'absentéisme, et ont un coût élevé.

3.1. Toxi-infections alimentaires

3.1.1. Infections bactériennes

La fréquence importante des toxi-infections alimentaires est en relation avec l'essor de la restauration collective. Ces infections constituent un problème sérieux de Santé publique

Les principales bactéries responsables de toxi-infections alimentaires collectives

(TIAC) sont les salmonelles (60 % des malades), le *Clostridium perfringens* (13 %), le staphylocoque doré (15 %), et plus rarement *Escherichia coli*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium botulinum*, *Yersinia enterocolitica*, *Shigellas*, *Bacillus cereus*...

Les principales causes des TIAC sont en relation avec :

- les **aliments** : rupture de la chaîne du froid, aliments souillés avant leur préparation, conservation dans des locaux insalubres, traitement par la chaleur insuffisant ;
- le **personnel** : porteur de germes non contrôlés, non-respect des règles d'hygiène (lavage des mains, port de gants...).

3.1.1.1. Salmonelloses

De loin les plus fréquentes des TIAC, elles sont la cause principale des diarrhées aiguës. La contamination se fait soit par porteurs sains ou malades qui contaminent les eaux ou le sol, soit par des aliments souillés : volaille, viande de boucherie, œufs, produits laitiers ou fruits de mer. Les germes, très sensibles à la chaleur, sont détruits par chauffage de 10 min à 80°, une heure à 60°. Cliniquement, après une incubation de 12 à 24 heures, apparaissent fièvre,

douleurs abdominales, vomissements, diarrhée intense. Les troubles s'estompent en 2 à 4 jours, le malade restant asthénique plusieurs semaines. Chez l'enfant ou le patient fragile peuvent survenir des complications : septicémies, méningite, arthrites. Le diagnostic est fait par la coproculture. Le traitement est essentiellement symptomatique (compensation des pertes hydriques et électrolytiques). La mortalité est très faible chez les sujets immunocompétents.

3.1.1.2. Intoxications à staphylocoques

Ce sont souvent des intoxications collectives, dues à la consommation d'aliments contaminés: viande (notamment viande hachée), crèmes, lait, poissons. La contamination peut être due à la manipulation des aliments par des sujets porteurs (fosses nasales, panaris, furoncles). Les germes sont détruits par chauffage à 70° ; l'entérotoxine est plus résistante (100° pendant 30min). Les troubles apparaissent très tôt, 1/2 heure à 4 heures après l'ingestion, brutalement : vomissements abondants, prostration, diarrhée. Il n'y a pas de fièvre. L'évolution est presque toujours bénigne. Des états de choc sont exceptionnels. Le typage de la souche et l'identification de l'entérotoxine dans les aliments suspectés et éventuellement dans les selles ou les vomissements sont utiles pour affirmer la responsabilité du germe. Le traitement est uniquement symptomatique.

3.1.1.3. Infections à Clostridium perfringens

Elles sont assez fréquentes, après consommation de viande ou de charcuterie contaminées. La diarrhée est souvent le seul symptôme, débutant environ 12 heures après l'ingestion. L'évolution est généralement bénigne, rarement compliquée de nécrose du grêle. Le diagnostic repose sur l'identification du germe dans l'aliment suspect, et le sérotypage.

3.1.1.4. Botulisme

Cette infection très grave est due à Clostridium botulinum, germe qui se développe dans des conserves (souvent familiales) lorsque la stérilisation est insuffisante. Les spores ne sont détruites que par chauffage de 15 min à 120° C, ou 6 heures à 100° C. La toxine est détruite en 30 min à 80° C, ou 10 min à 100° C. Les aliments les plus souvent contaminés sont les préparations de légumes, les jambons, saucissons et autres charcuteries préparées artisanalement. Les méthodes industrielles de conserves permettent d'éliminer pratiquement tout risque. Cliniquement, après une incubation de 1 à 2 jours, apparaissent nausées, douleurs abdominales, asthénie, pas de fièvre. La période d'état est caractérisée par trois ordres de symptômes :

- oculaires : mydriase, paralysie de l'accommodation, diplopie, strabisme, ptosis ;
 - sécrétoires : sécheresse de la bouche ;
 - moteurs : paralysie de la langue, de la mastication, des sphincters, des muscles respiratoires.
- Le pronostic dépend de la souche, avec une mortalité allant jusqu'à 60 % pour les souches A et E. Le diagnostic est fait par l'identification du germe dans la conserve incriminée ; la détermination de la souche en cause est indispensable car le traitement des formes sévères repose sur la sérothérapie spécifique.

3.1.1.5. Autres germes

Sans être responsables de toxi-infections alimentaires collectives, certains germes, véhiculés par des aliments sont causes de maladies graves, parfois sous forme épidémiques :

- listériose, due à *Listeria monocytogenes*, bacille résistant pouvant se développer à basse température (réfrigérateur), dans des produits laitiers (croûtes de fromages à pâte molle), des charcuteries, des produits de la pêche. La listériose se manifeste sous forme sporadique ou épidémique, avec une symptomatologie neuro-méningée. Les sujets les plus à risque sont les femmes enceintes avec des conséquences graves pour le fœtus, les patients avec déficience immunitaire (Sida, hémopathies, cancers, transplantés, hémodialysés) ;
- brucellose (ou fièvre de Malte), transmise notamment par du lait de chèvre ou de brebis consommé cru ou des fromages artisanaux fait avec du lait contaminé.

3.1.2. Infections virales

Certains virus comme les rotavirus peuvent donner des intoxications collectives d'origine hydrique. Sans être une infection collective, l'hépatite à virus A est contractée par voie digestive, par consommation d'eau ou d'aliments souillés par des déjections de porteurs sains ou malades, et de coquillages consommés crus.

3.1.3. Infections parasitaires

De nombreux parasites peuvent être transmis à l'homme par des aliments. Les plus fréquentes sont :

- la cysticercose ou ver solitaire, due soit à *Taenia solium*, parasite de la viande de porc, soit à *Taenia saginata*, parasite de la viande de boeuf. La cuisson à plus de 70° assure leur destruction ;
- la trichinose, transmise par la viande de porc ou de cheval. *Trichinella* est détruite par cuisson prolongée ou surgélation à -20° ;

– la distomatose hépatique (douve du foie), due à *Fasciola hepatica*, transmise par le cresson sauvage (et parfois cultivé). Elle est détruite à la cuisson.

3.2. Toxicité naturelle de certains aliments

3.2.1. Champignons vénéneux

Les intoxications par les champignons vénéneux sont encore fréquentes.

Il existe plusieurs syndromes:

– syndrome phalloïdien : l'amanite phalloïde contient trois peptides très toxiques :

- la phalloïdine responsable d'un syndrome cholériforme, est détruite par la cuisson ; la phalline, responsable d'une hémolyse, également détruite par cuisson;
- l'amanitine, non détruite par la cuisson, détermine des lésions de nécrose hépatique et rénale. L'intoxication est mortelle dans 70 % des cas, les sujets qui survivent ont de graves séquelles (cirrhose) ;

– syndrome muscarinique : l'amanite panthère sécrète la muscarine qui a une forte action parasymphomimétique : vomissements, coliques, hypersialorrhée, myosis, délire, bradycardie, paralysie respiratoire. Les traitements antagonistes et symptomatiques sont efficaces ;

– syndrome hémolytique : après ingestion de certains champignons contenant l'acide helvétique (détruit par chauffage à 60°) ;

– hallucinations : dues aux champignons sécrétant la psilocybine.

3.2.2. Mycotoxines

Les mycotoxines sont sécrétées par des moisissures de certaines plantes (surtout céréales et plantes oléagineuses lorsque les conditions de stockage sont défectueuses (humidité, température élevée). Elles sont susceptibles de donner des accidents graves chez l'homme et chez l'animal. L'aflatoxine, due à *Aspergillus flavus* qui se développe sur les tourteaux d'arachide, est susceptible de développer des cancers chez les animaux d'élevage. Les aflatoxines sont retrouvées dans le lait des animaux contaminés. On considère que l'incidence élevée des hépatomes chez les Africains est en partie due à l'aflatoxine B. Cette moisissure peut aussi se développer sur les tourteaux de soja, de coton, de palmiste le blé ou le riz. À noter que la toxine ne passe pratiquement pas dans les extraits huileux des graines oléagineuses.

3.2.3. Toxines diverses

Très nombreuses sont les toxines présentes dans des produits végétaux ou animaux susceptibles d'entraîner de intoxications plus ou moins graves.

✚ Toxines d'origine végétale

Des amines actives (histamine, tyramine, tryptamine, sérotonine, épinéphrine) sont présentes dans de nombreux aliments (banane, tomate, , fromages fermentés, vins...). La solanine et la chaconine, produites par la pomme de terre dans de mauvaises conditions de stockage, ont des effets tératogènes. Les xanthines (caféine, théophylline) ont des effets cardiotoniques et neurostimulants. De nombreuses substances potentiellement dangereuses sont contenues dans les épices et aromates, mais une consommation modérée reste inoffensive. Certaines graines contiennent des glycosides libérant de l'acide cyanhydrique (amandes, noyaux de pêche, d'abricot, de cerise). Les alcools obtenus à partir de ces fruits peuvent également être toxiques. Certains composés peuvent être des facteurs anti-nutritionnels : inhibiteurs d'enzymes digestifs (soja, oeufs) ; lectines se liant aux glycoprotéines (légumineuses) ; l'acide oxalique (oseille, épinard), et les phytates (son des céréales) sont des chélateurs de métaux (Ca, Fe, Zn, Se) responsables de carences.

En fait, une alimentation variée fournit des apports minimes de ces substances et de ce fait ne comporte pas de risque.

✚ Toxines d'origine animales

Certains organismes notamment les mollusques et coquillages peuvent concentrer les substances toxiques produites par le plancton et les microalgues : toxines paralysantes, diarrhéiques, amnésiantes. Certaines conditions climatiques ou de pollution peuvent aggraver considérablement les risques. La saxitoxine, véhiculée par huîtres et coquilles Saint-Jacques, est responsable d'une intoxication neurologique mortelle.

3.2.4. Composés toxiques qui ne prennent naissance que dans les aliments ou dans le tube digestif humain

✚ Amines biogéniques (AB)

Les amines peuvent se former dans les microorganismes par ex. par décarboxylation enzymatique . Les aliments produits à travers des manipulations microbiennes (par ex. fromages, bières) sont donc riches en AB. Dans des aliments avariés, le taux d'AB peut monter en flèche à cause de la prolifération microbienne. Un apport élevé en amines à partir des aliments, accompagné d'une absorption simultanée de certains médicaments peut entraîner une hypertension artérielle : par ex. la tyramine est normalement soumise à une dégradation

par la monoamineoxydase (MAO) dans la paroi des intestins. Cependant la (MAO) peut être inhibée par des antihypertenseurs, des antidépresseurs ou des tuberculostatiques, de sorte que le taux de tyramine dans l'intestin augmente et que par conséquent celle-ci est davantage absorbée conduisant à une libération accrue de noradrénaline dans les terminaisons des nerfs sympathiques. Il s'en suit une augmentation de la tension artérielle. La tyramine est contenue par ex. dans le fromage, la bière, le vin, le chocolat et choucroute. C'est pour cela que les patients atteints d'hypertension sont particulièrement en danger en cas de consommation fréquente. L'AB sérotonine contenue par ex. dans les bananes, les noix, les tomates entraîne une hypertension artérielle. Le taux d'AB dans les aliments peut être abaissé par ex. en jetant l'eau de cuisson ou le liquide de conservation, étant donné que les AB passent en partie dans la phase liquide.

✚ Nitrosamines/ Nitrosamides: elles prennent naissance par ex. par réaction chimique entre les amines secondaires et les nitrites, dans l'organisme et en partie déjà dans les aliments (par ex. dans la charcuterie, dans la viande, dans le fromage. l'homme absorbe environ 1 µg de nitrosamines par jour. A cette quantité de type exogène peut se joindre une quantité de type endogène sous forme d'amines susceptibles d'être nitrosés et de nitrates.

3.3. Pollution chimique des aliments

3.3.1. Biocides

Tous les pesticides, largement utilisés ont grandement amélioré la productivité agricole, mais leurs inconvénients pour la Santé publique longtemps ignorés, sont l'objet de polémiques. Leur concentration dans les produits alimentaires est très surveillée. Reste toujours la menace de rejets accidentels. On peut distinguer : Les fertilisants destinés à l'enrichissement des terres : engrais azotés à base de nitrates ou de nitrites. Ils pénètrent dans les végétaux, et contaminent la nappe phréatique et les cours d'eau. Les pesticides (herbicides, fongicides, insecticides) sont en principe réglementés par une législation stricte.

On distingue :

- organochlorés (DDT), ils sont interdits ;
- organophosphorés (parathion, malathion), inhibiteurs du cholinestérase, très toxiques mais à demi-vie assez brève ;
- pyréthrinés ;
- carbamates et dithiocarbamates, cancérigènes à forte dose chez l'animal ;
- bipyridyles (paraquat, diquat), risque de fibrose pulmonaire ;

– captanes. On considère que le lait maternel est l'aliment encore le plus fortement pollué par les polychlorobiphényles (PCB). Les effets cancérigènes, tératogènes et immunosuppresseurs de quelques PCB vis-à-vis de l'homme ont été démontrés. Des substances étrangères lipophiles d'origines environnementales comme les dioxines peuvent s'accumuler dans le lait maternel jusqu'à 2 µg/Kg de matière grasse du lait. Des recherches sont cependant abouties aux résultats que la contamination du nourrisson par les dioxines n'est cependant pas si importantes qu'on doive déconseiller son allaitement.

3.3.2. Résidus provenant de matériaux d'emballage, de produits de nettoyage et de désinfectants

Lors des procédés de polymérisation en vue de la fabrication des matières plastiques destinées à l'emballage des aliments on utilise des substances suivantes qui peuvent rester en partie dans le matériau d'emballage et passer dans les aliments emballés (migration).

✚ Biphényles polychlorés : Ces composés ont été utilisés (jusqu'à il y a environ 10 ans) comme plastifiants dans les emballages alimentaires. Ils pouvaient migrer dans les aliments. Aujourd'hui, leur utilisation est interdite.

✚ Monomères : on comprend par là des molécules (par exemple le chlorure de vinyle) qui, lors de la fabrication de matières plastiques, destinées aux emballages, sont associées les unes aux autres pour aboutir à des macromolécules comme le chlorure de polyvinyle (PVC). Selon la technique utilisée, il peut rester des traces de monomères dans la matière plastique, qui migrent également dans les aliments. Le chlorure de polyvinyle est hépatotoxique pour l'homme et est classé comme cancérigène.

✚ Produits de nettoyage et désinfectants : Ils comprennent les détergents, les acides sulfuriques, phosphoriques et nitriques (par exemple utilisés dans la fabrication de la bière et dans l'industrie laitière pour l'élimination du tartre) et le perchloréthylène (utilisé comme solvant dans la fabrication des huiles). Ils ne devraient pas être dans les contenus des aliments. Des accidents et la négligence peuvent cependant entraîner leur contamination. Les détergents augmentent par exemple la perméabilité de la paroi intestinale, de sorte que des composés allergisants peuvent passer plus facilement dans le circuit sanguin.

3.3.3. Additifs aux médicaments et à l'alimentation du bétail

Ils sont utilisés comme produits thérapeutiques (antibiotiques) et comme moyens auxiliaires d'engraissement ; à travers la chaîne alimentaire, ils peuvent atteindre l'homme qui peut alors développer une résistance à l'égard des antibiotiques ou des allergies. Des

hormones sexuelles (par ex. œstradiol, la testostérone) sont également utilisées comme produits thérapeutiques et moyens auxiliaires d'engraissement. L'apport d'antithyroïdiens provoque aussi une augmentation du poids des animaux. La thiourée, produit de dégradation, est cancérigène. Les glucocorticoïdes (par ex. la cortisone), les bêtabloquants et les psychotropes (par exemple le Valium) sont administrés aux cochons stressés comme tranquillisants et peuvent alors parvenir jusqu'à l'homme à travers la chaîne alimentaire.

Les vitamines sont utilisées comme produits thérapeutiques et comme moyens auxiliaires d'engraissement ; elles s'accumulent alors en partie dans le foie de l'animal (c'est le cas par exemple de la vitamine A) et une consommation excessive de cet aliment peut provoquer chez l'homme des céphalées et des vomissements.

3.4. Colorants et Additifs dans les denrées alimentaires

✚ Colorants (E100 à 180) : Ils doivent donner aux denrées alimentaires un aspect appétissant et attractif. Souvent, ils donnent l'impression d'une meilleure qualité par exemple une partie fruitée dans une glace. On distingue les colorants naturels (par exemple le carotène rouge extrait des carottes) et colorants synthétiques. Certains colorants synthétiques comme le jaune orangé et la tartrazine, peuvent déclencher des allergies chez l'homme, l'érythrosine rouge rosé ainsi que la β -naphthylamine ou les produits de dégradation des colorants azoïques par exemple ceux de l'azorubine rouge, ont même pu générer des tumeurs chez les animaux. Des comprimés colorés peuvent évoquer la couleur des bonbons, être consommés par des enfants et aboutir à des intoxications médicamenteuses.

✚ Acidifiants : l'acide orthophosphorique est par exemple ajouté aux boissons à base de cola (jusqu'à 600mg/l). Dans la levure chimique, l'acide phosphorique, à travers de la libération du CO₂ sert à faire lever la pâte. Une ingestion excessive de l'acide phosphorique peut inhiber l'absorption du Ca chez l'homme.

✚ Epaississants : les alginates (E400 à 406) retiennent l'eau dans les denrées alimentaires (par exemple confiture, charcuterie). Ils peuvent également créer des liaisons avec le cobalt, le manganèse, le fer ou le zinc et ainsi réduire le taux d'absorption de ces oligo-éléments chez l'homme. Le caraghénane est extraits des algues rouges et ajoutés à des aliments (par ex ; des flans) en tant que gélifiants pour augmenter leur consistance. En raison de son effet immunosuppresseur peut favoriser la naissance des tumeurs chez l'homme.

✚ Conservateurs : des composés soufrés (E220 à 227) sont par exemple appliqués sous forme de dioxyde de soufre (SO₂) pour la conservation du vin (20 à 50 mg/l), des produits

finis à base de pommes de terre et des fruits secs. Déjà une ingestion de 20 mg peut entraîner des nausées, des maux de têtes et des diarrhées chez des personnes sensibles.

Les nitrates et les nitrites (E 250 à 252) protègent les viandes contre leur décomposition par des bactéries. L'addition de nitrite dans la viande intensifie la couleur rouge en raison de la formation de S-nitrosohémoglobine et de nitrosohémochromogène. Chez l'homme, l'absorption de 0.5 g de nitrite de sodium peut mener à des légères intoxications, 1 à 2 g à des intoxications sévères et 4 g à des intoxications mortelles. Déjà à des concentrations 0.5 g, les acides benzoïques (E210 à 213) ont des effets antimycotiques et bactériostatiques. Ils peuvent traverser les parois cellulaires, inhiber des enzymes du cycle de l'acide citrique et de la phosphorylation oxydante, et déclencher des allergies chez l'homme suite à leur ingestion.

Ils sont surtout ajoutés aux denrées acidifiées (par ex ; aux cornichons et aux mayonnaise).

Les esters de l'acides p-hydroxybenzoïque (esters du pHB E 214 à 219) ont avant tout un effet antimycotique et sont ajoutés dans les gâteaux et les confiseries. S'il y a une consommation excessive de ces aliments, les esters pHB peuvent avoir un effet vasodilatateur chez l'homme et déclencher des allergies.

✚ Exhausteurs de saveur : les acides glutamiques (E620 à 625) intensifient le goût des denrées alimentaires . Dans les préparations à base de viande dans lesquelles le glutamate exerce un effet particulièrement fort, on peut ajouter au maximum 1g/Kg. Déjà à la suite de l'absorption de moins de 120 mg, le glutamate peut déclencher chez les personnes sensibles des paresthésies, des battements de cœur et des céphalées.

Stabilisants : les polyphosphates sont ajoutés aux saucisses destinées à une cuisson dans l'eau bouillante pour augmenter leur association avec l'eau. Utilisés en tant que sels dans les fromages fondus, empêchent la coagulation des protéines lors de la stérilisation. Des polyphosphates dans le lait concentré empêchent sa gélification. Une consommation excessive d'aliments contenant des polyphosphates peut mener chez l'homme à l'inhibition de l'absorption du Ca et peut même déclencher une hyperactivité chez les enfants.

3.5. Métaux lourds

Lorsque la quantité de métaux ingérée dépasse certaines limites, on observe des manifestations cliniques. Il peut s'agir d'intoxications aiguës apparaissant dans les heures qui suivent l'ingestion : douleurs abdominales, nausées, vomissements, puis symptômes différents selon le métal. Les intoxications chroniques donnent des symptômes divers, et sont souvent insidieuses et particulièrement trompeuses.

Arsenic

Très répandu à petites doses, il est responsable, en cas d'ingestion importante, de douleurs abdominales, de signes de gastro-entérite sévère, de collapsus. L'intoxication chronique entraîne insomnie, nausées, céphalées, vertiges, crampes, paralysies progressives. L'accumulation dans la peau produit pigmentation, dermatite, cancers cutanés.

Cadmium

Présent dans les piles, les effluents de raffinerie de pétrole, certains récipients (verre ou plastique) ou tuyaux. Une intoxication collective par rejet en rivière de déchets d'une usine a été observée au Japon, avec néphropathies sévères, ostéomalacie et ostéoporose. Une pollution atmosphérique peut être constatée autour de certaines usines, responsable d'une intoxication chronique (hypertension, risque hypothétique de cancers).

Plomb

Il s'accumule dans l'organisme et provoque une grave maladie chronique (saturnisme).

Les causes de contamination sont multiples :

- poussières chargées de plomb provenant de peintures anciennes ;
- récipients ou appareils en contact avec les aliments et contenant du plomb (vaisselle ou verres en émail, en céramique décorée, en étain, en cristal) ;
- canalisation d'eau en plomb présentes encore dans de nombreux logements anciens (risques surtout si l'eau est acide) ;
- certains insecticides ;
- coquillages et crustacés.

Le saturnisme se manifeste par : douleurs abdominales, hypertension artérielle, néphrite interstitielle, liseré de Burton sur les gencives, anémie avec hématies ponctuées, plombémie élevée ($N = 0,03 \text{ mg}/100 \text{ mL}$). Lorsque la plombémie dépasse $200 \text{ mg}/100 \text{ mL}$, des troubles psychomoteurs surviennent.

Mercure

Le mercure intervient dans de nombreuses industries : fabrication de piles, de tubes fluorescents, d'instruments de mesure, d'amalgames dentaires ; il est libéré lors de l'extraction minière de l'or, et ensuite rejeté dans les rivières. L'intoxication entraîne des troubles neurologiques : ataxie, mouvements anormaux, surdité, cécité, coma. Un exemple classique d'intoxication est celle de Minamata, due à l'ingestion de poissons et fruits de mer ayant accumulé le chlorure de mercure rejeté par une usine de plastique. Des contaminations

peuvent se produire par l'ingestion d'aliments souillés par des pesticides ou fongicides organo-mercuriels.

3.6. Contamination par substances radioactives

Ce problème s'est posé lors d'explosions atomiques, et plus récemment à l'occasion d'accidents survenus dans des centrales nucléaires ; les aliments sont contaminés soit par contamination directe des plantes par les retombées, soit par aspiration par les racines des substances radioactives entraînées par les eaux. D'autre part, les animaux ainsi contaminés peuvent transmettre à l'homme des radioéléments par le lait (strontium 90) ou la viande (cæsium 137). Les facteurs à considérer pour évaluer le danger de ces contaminations sont :

- la demi-vie (ou période) physique de l'élément, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que l'élément perde 50 % de sa radioactivité : 8 jours pour l'iode 131, 50 jours le strontium 89 ;
- la résorption intestinale est un facteur important. Les trois cités ci-dessus sont bien absorbés et métabolisés dans l'organisme : l'iode 131 entre dans le pool d'iode après fixation sur la thyroïde, le cæsium suit le devenir du potassium ; le strontium 89 et le strontium 90 suivent le sort du calcium ;
- la demi-vie (ou période) biologique : certaines substances sont rapidement éliminées de l'organisme, d'autres très lentement : l'iode 131 a une période biologique de quelques semaines, le cæsium 137 de 115 jours, le strontium de 10 ans.

3.5. Irradiation des aliments

L'irradiation des aliments est à présent considérée comme étant la méthode de conservation la plus moderne.

3.5.1. Avantage de l'irradiation des aliments

La durée de maturation et par conséquent l'aptitude au stockage des aliments (par ex. des bananes) est prolongée. Dans les céréales, la vermine est exterminée (par exemple les coléoptères). Les aliments végétaux (par ex. les pommes de terre, les oignons) ne germent plus. Les moisissures et les bactéries, par exemple les salmonelles sont détruites. Lors du traitement, le rendement augmente, on peut par ex. obtenir davantage de jus à partir des fruits irradiés.

3.5.2. Inconvénients de l'irradiation des aliments

Certaines vitamines (A, B, C, E) et quelques acides aminés (la tyrosine, la phénylalanine) sont radiosensibles . Suite à l'irradiation les acides gras insaturés peuvent perdre leur effet protecteur. En plus, des radicaux libres peuvent se former. L'irradiation n'entraîne pas la mort

de tous les germes. Des espèces résistantes (*Clostridium botulinum*) qui sporule peuvent survivre. Les signes de décomposition comme la formation de moisissures (par ex. sur les fraises) ou l'ouverture des chapeaux des champignons sont supprimés. Par conséquent, les aliments irradiés créent une illusion de fraîcheur bien que, à la suite de l'irradiation et du stockage prolongé qui lui fait suite, les vitamines soient déjà en partie dégradées.

3.6. Polluants apparaissent lors de la préparation des aliments

✚ Hydroperoxydes : Ils se forment par exemple à partir d'acides gras contenus dans les huiles chaudes en présence d'oxygène. Des antioxydants comme l' α -tocophérol (vitamine E) protègent les aliments contre l'oxydation. Cependant ils sont en partie détruits par chauffage, stockage ou, par exemple lors du blanchiment de la farine par oxydation.

✚ Produits de « la réaction de Maillard » : ils prennent naissance par interaction entre les groupes carbonyles des sucres réducteurs et les groupes amino des amines, des peptides et des protéines (Fig.30). lors de la préparation des plats alimentaires, leur apparition est souhaitée en raison de la formation de substances responsables de l'arôme et du goût ainsi que de la couleur brune. Des hétérocycles comme la pyridosine sont élaborés et représentent aussi des produits importants. Pour quelques-uns de ces composés, on connaît une multitude d'effets indésirables. La formation des produits secondaires, anti-nutritifs, toxiques et mutagènes a été démontrée: Produits de la réaction de Maillard.

✚ Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP par exemple le benzopyrène , parviennent dans les aliments par l'intermédiaire de la fumée émise par les personnes qui fument à proximité et se forment lors de la mise en œuvre des grillades lorsque de la graisse goutte sur des charbons de bois incandescents. Du jambon fumé peut contenir jusqu'à 3 μg de benzopyrène/Kg. La teneur maximale permise par la réglementation dans les produits à base de viande est de 1 μg /Kg. En cas d'une consommation excessive de ces aliments, des atteintes à la santé ne peuvent donc pas exclues. L'huile provenant des pépins de raisins fumés peut également contenir jusqu'à 25 μg de benzopyrène /Kg. Les légumes et les céréales peuvent emmagasiner les HAP présents dans le sol et dans l'air jusqu'à 20 μg /Kg (comme HAP totaux). Dans le cas d'une alimentation normale, l'homme n'absorbe qu'environ 3 μg de HAP totaux par jour. Pour certains HAP (par ex. le benzopyrène) le pouvoir mutagénique et cancérigène chez l'homme et les animaux a été prouvé.

3.7. Organismes génétiquement modifiés

Les nouvelles technologies permettant d'intervenir directement sur les gènes des végétaux constituent un important progrès technique, mais sont en même temps à l'origine de critiques sérieuses. Les objectifs principaux actuels de la transgénèse végétale sont la réduction des coûts de production et la limitation des nuisances environnementales (résistance de la plante aux parasites, meilleure adaptation aux conditions climatiques, etc.). Les arguments des défenseurs des OGM sont fondés sur la nécessité d'accroître la production alimentaire dans les pays en développement. Cependant, plusieurs raisons sont avancées pour rendre les consommateurs (de tous les pays) méfiants sur l'utilisation de ces techniques : La transgénèse représente des coûts élevés, nécessitant de puissants moyens financiers, et sa réalisation par des entreprises leur confère un pouvoir économique considérable (avec les conséquences sociales prévisibles dans les pays pauvres). On ignore actuellement les risques d'une dissémination du matériel génétique ainsi introduit dans une plante, à d'autres espèces ou aux variétés traditionnelles de la même plante. Les parasites, notamment les insectes, ont une variabilité génétique telle qu'ils peuvent sélectionner rapidement une variété résistante. Il faut aussi tenir compte des réactions de peur que peuvent déclencher chez les consommateurs les aliments contenant des OGM. Lorsque la commercialisation d'une variété d'OGM, par exemple de maïs, est réalisée, il devient très difficile de garantir les filières sans OGM, ce qui accroît la méfiance des consommateurs vis-à-vis de tout le maïs et des produits transformés qui en contiennent.

Chapitre 4: Les altérations des aliments

4. I. Dégradations microbiologiques

4. I. 1. Les espèces microbiologiques

On appelle micro-organismes les organismes vivants si petits, qu'ils ne peuvent pas être observés à l'œil nu. On les nomme plus communément microbes, si leurs actions sont maléfiques, ou ferments si leur usage est souhaité (fermentation). En agroalimentaire, on s'intéresse aux bactéries, levures et moisissures.

4.1.1.1. Origine des contaminations

✚ Contaminations originelles

Les aliments bruts ne sont pas stériles : ils contiennent tous des micro-organismes divers et adaptés. Suivant les groupes d'aliments, on trouvera des différents germes.

✚ .Contaminations secondaires

Ce sont les contaminations qui surviennent par diffusion des germes du milieu ambiant ou d'agents externes vers l'aliment. Les agents sont le sol, l'eau naturelle non traitée, l'air, les instruments, les déchets fécaux, les petits nuisibles et l'homme.

4.2.1. 2. Facteurs d'évolution de la flore

Les micro-organismes sont présents dans tous les aliments. Mais, les populations ne restent pas fixes. Elles évoluent sous la dépendance des facteurs internes et externes présents.

4.2.1.2.1. Les facteurs internes

Les facteurs internes à l'aliment sont les nutriments, l'eau, le pH et les facteurs anti-microbiens naturels.

4.2.1.2.2. Facteurs externes

Quant aux facteurs externes, on retrouve les composants qui affectent la croissance des micro-organismes : la température, l'humidité de l'air et la composition de cet air. En modifiant ces paramètres, on pourra agir sur les micro-organismes présents.

4.2.2. Dégradations non microbiennes

4.2. 2.1. Dégradation enzymatique

Les facteurs de milieu ont une forte importance sur la vitesse de la réaction et sur les modifications éventuelles du site actif. Les facteurs importants sont :

✚ La température

Chaque enzyme a une température optimale d'activité et cette température est logiquement celle du milieu habituel de la réaction enzymatique. La zone d'activité favorable se situe dans une fourchette de 5 à 10 ° c par rapport à la température optimale.

✚ Le pH

Il existe un pH optimum, qui est aussi celui du milieu réactionnel normal. Le pH donne la polarité du site actif en modifiant l'état ionique.

✚ La concentration en substrat

C'est un facteur essentiel de la cinétique enzymatique : il existe une valeur optimale de concentration en substrat de façon à avoir la vitesse maximum de réaction pour une enzyme donnée, à une concentration connue. Ex : Brunissement des fruits et légumes.

4.2.2.2. Dégradations non enzymatiques

4.2.2.2.1. Principe de la réaction de Maillard

Cette réaction est en fait un ensemble complexe de plusieurs réactions qui surviennent quand on chauffe un aldéhyde ou une cétone avec un acide aminé. Et plus généralement, sur le plan alimentaire, quand on chauffe des glucides avec des protides ou des acides aminés.

Mécanisme

On a donc 3 facteurs obligatoires pour un développement immédiat de la réaction :

- Une température supérieure à 100 °C,
- Un groupement NH_2 (protéine ou acide aminé),
- Un glucide (ose de préférence) ou oside.

La réaction conduit donc à divers composés intermédiaires, tous à vertu aromatique (et souvent colorante).

4. Conservation/transformation des aliments

4.1. La conservation

4.1.1. Les procédés de conservation utilisant la chaleur

4.2. 1. 1. La pasteurisation:

C'est un traitement thermique généralement réalisé à des températures inférieures à 100°C. Elle permet ainsi la destruction de la totalité des micro-organismes thermosensibles. Cependant, elle n'exerce pas d'effet sur les micro-organismes thermorésistants, ce qui explique que la plupart des germes sporulés résistent à l'opération et que certaines bactéries ne sont que partiellement détruites. La conservation des produits pasteurisés devra donc se faire par réfrigération ou congélation et ils bénéficient alors d'une date limite de consommation (DLC). Les couples « temps-température » utilisés lors de ce procédé varient suivant les aliments traités : les plus utilisés sont les couples 30 sec/65 ° c et 20 sec/72 ° c. Tous deux aboutissent, quant à leurs effets sur les micro-organismes, aux mêmes résultats mais ils seront adaptés en fonction de chaque aliment. Par exemple, lors de la pasteurisation du lait on utilise le deuxième couple car il préserve bien ses qualités organoleptiques. D'un point de vue technologique, la pasteurisation peut être effectuée soit sur des produits préalablement emballés (bouteilles en verre, emballages plastiques thermostables...), soit sur des produits en « vrac » (souvent liquides).

4.1. 2. La stérilisation:

Elle permet l'élimination de tous les micro-organismes pathogènes y compris les formes sporulées et de la plupart des autres germes susceptibles de contaminer le produit alimentaire. Les aliments stérilisés se conservent donc à température ambiante tant que le récipient n'a pas

été ouvert et bénéficient d'une date limite d'utilisation optimale (DLUO). Les deux techniques de stérilisation les plus couramment utilisées sont : - La stérilisation à très haute température (140°C) réalisée en un temps très court (quelques secondes) appelée UHT (Ultra Haute Température). Ce type de stérilisation est notamment utilisé lors de la conservation du lait ;
- La stérilisation des conserves appelée appertisation qui correspond au conditionnement d'aliments dans un récipient étanche aux liquides, aux gaz et aux micro-organismes associés au traitement par la chaleur (supérieur à 100°C).

4. I. 1. 3. L'appertisation:

C'est le procédé qui est utilisé par toute l'industrie de la conserve, elle consiste à augmenter la T° pendant un temps très court. Elle a des effets comparables à une cuisson ménagère, à savoir une dénaturation des protéines, une hydrolyse partielle des glucides, des pertes en vitamines du groupe B et en vitamines C, une perte par dissolution des éléments minéraux.

4. 2. Les procédés de conservation utilisant le froid

4. I. 2. 1. La réfrigération:

La réfrigération correspond à une conservation par le froid positif pendant une durée limitée. Pour être efficace, la température doit ainsi être comprise entre 0°C et $+4^{\circ}\text{C}$. Le développement des germes mésophiles (donc la plupart des micro-organismes pathogènes) sont inhibés et seuls les micro-organismes cryophiles sont capables de se développer.

2. 2. La congélation:

La congélation est un procédé de conservation (à -18°C) de longue durée car elle inhibe à la fois l'altération enzymatique et le développement microbien et provoque :

- Un blocage de la multiplication des micro-organismes cryophiles et mésophiles ;
- Un arrêt de l'activité des enzymes sauf celles des lipases (stoppées seulement à la température de -25°C) et de certaines enzymes présentes dans les végétaux.
- Une destruction des parasites et de leurs kystes (par exemple, les cysticerques des ténias sont détruits à -10°C pendant 10 jours)

4. 2. 3. La déshydratation:

La concentration et la lyophilisation sont des techniques de déshydratation qui ont pour but d'éliminer partiellement ou en quasi-totalité l'eau des aliments. Cela permet alors d'abaisser l'activité de l'eau (A_w) des aliments sachant, qu'en dessous d'une A_w de 0,6, toute multiplication microbienne est impossible.

Très souvent, l'élimination partielle de l'eau est associée avec une teneur élevée en sel ou en sucre permettant d'abaisser plus facilement l'Aw. C'est le cas, par exemple, des fruits secs (qui contiennent moins de 30 % d'eau et près de 70 % de sucre leur conférant ainsi une Aw de 0,6 environ). De plus, l'élimination quasi totale de l'eau permet une conservation encore plus longue. Ainsi, les produits très déshydratés contiennent au maximum 5 % d'eau : c'est le cas, par exemple, du lait en poudre dont l'Aw est de 0,2. Plusieurs procédés permettent la déshydratation : le séchage par de l'air chaud ; le séchage sous vide. La lyophilisation : cette méthode consiste à congeler l'aliment (-50 ° c) puis à le chauffer dans une enceinte à pression réduite. L'eau passe ainsi directement de l'état solide à l'état vapeur (sublimation).

Chapitre 5 : Conditionnement, emballage et stockage des produits transformés et qualité

Introduction:

La qualité d'un produit alimentaire est la résultante de multiples opérations depuis la matière première jusqu'au produit fini présent sur les linéaires des supermarchés. Chaque intervenant, producteur agricole, fabricant d'additif, fabricant de produit alimentaire, fabricant d'emballage, distributeur, transporteur, détaillant, participe ainsi à la maîtrise de la qualité. Dans l'industrie agro-alimentaire, l'emballage traduit l'interface entre la filière produit et la filière distribution.

5.1. Notions de conditionnement et emballage.

Ces deux termes sont parfois utilisés indifféremment. Ils ne désignent cependant pas exactement la même opération. Il peut donc être utile de rappeler les définitions données notamment par le règlement :

« Conditionnement »: l'action de placer une denrée alimentaire dans une enveloppe ou dans un contenant en contact direct avec la denrée concernée;

« Emballage »: l'action de placer une ou plusieurs denrées alimentaires conditionnées dans un deuxième contenant; le contenant lui-même.

5.2. Fonctions de l'emballage :

-Fonctions techniques : contenir le produit, protéger le produit (contre le froid, la lumière), assurer une bonne conservation du produit, faciliter le transport.

-Fonctions marketing : alerte (attirer le consommateur), attribution (identifier le produit ou la marque), Information (mentions légales et complémentaires, service (faciliter l'utilisation), positionnement (véhiculer une image).

5.3. Fonctions du conditionnement :

- Le contenant: bouteille, boîte, flacon, sac,... Tout doit être pris en compte : le matériau du contenant (verre, bois, carton, plastique,...), son design (rond, carré,...), le format (volume ou poids), le mode d'ouverture et de prise en mains (bouchon...)
- Le décor du contenant : C'est la première chose que le consommateur voit dans les linéaires du supermarché.

5.4. Stockage :

Les principales thématiques relatives à la conservation et au stockage peuvent se résumer de la façon suivante : conserver et donc stocker ? Quoi ? Dans quoi ? Comment ? Sur quelle durée ? Par et pour qui ? Et enfin pourquoi ? Il s'agira tout d'abord de différencier la conservation du stockage. En effet, on ne peut stocker que ce qui se conserve. Il faudra donc commencer par déterminer les denrées dont on disposait et parmi elles définir lesquelles étaient susceptibles d'être stockées ou non, sur quelle durée et par quels moyens.

- Le stock est l'ensemble des produits agricoles que l'on possède physiquement. Ils sont déposés pour une utilisation ultérieure.
- Le stockage est l'opération qui consiste à entreposer, pour une période donnée, des produits agricoles dans un magasin suivant des normes et des règles qui permettent leur bonne conservation.
- La conservation est l'action de garder (stocker) un produit de manière à maintenir autant que possible sa quantité et sa qualité intacte.

5.5. La qualité

La qualité est l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites de tous les utilisateurs. L'utilisateur final d'un aliment, le consommateur, en attend plusieurs "satisfactions", on a donc plusieurs composantes de la qualité alimentaire. Les 4 S (Sécurité, Santé, Saveur et Service).

5.5.1. Les Composantes de la Qualité des Aliments

S1 - Sécurité = qualité hygiénique. On veut des dangers en moins. On ne veut pas que l'aliment apporte "du mauvais", nous rende malade.

S2 - Santé = qualité nutritionnelle. On veut des nutriments en plus. On veut que l'aliment apporte "du bon", qu'il soit diététique, qu'il maintienne et améliore notre santé.

S3 - Saveur = qualité organoleptique ou hédonique. On veut "se faire plaisir". On veut satisfaire ses cinq sens (et pas seulement le goût !).

S4 - Service = qualité d'usage. On veut que ce soit commode. Un aliment sain, complet et délicieux ne sera pas vendu s'il est trop cher, introuvable, difficile à préparer et impossible à conserver.

5.5.2. Les signes de la Qualité

L'entreprise qui produit de la "qualité" veut que ce soit reconnu officiellement (attesté), et veut le faire savoir (aux consommateurs). En grande surface, l'acheteur consacre en moyenne 1 seconde au choix d'un aliment: la qualité doit donc "sauter aux yeux". L'entreprise peut pour cela utiliser sa propre marque commerciale ou une garantie officielle comme la certification de conformité, ou l'appellation d'origine contrôlée.

L'entreprise peut pratiquer une "politique de marque", en se construisant une "image de marque" qui la distingue de ses concurrentes. Son seul nom de marque commerciale, apposé sur le produit, donne confiance au consommateur.

5.5.3. Normes et Assurance Qualité

L'Assurance Qualité est l'ensemble des mesures préétablies et systématiques dont l'application et le contrôle donnent confiance (assurent) qu'un produit répond à ce qu'on attend (qualité).

La Certification est l'attestation par un organisme indépendant que l'organisation qualité de l'entreprise est conforme à une norme. La démarche d'assurance qualité demande un travail important à l'entreprise (environ deux ans). Beaucoup d'entreprises peuvent "faire de la qualité" sans avoir de certification. Inversement, les produits d'une entreprise certifiée ne sont pas forcément meilleurs que les autres, mais on a l'assurance qu'ils sont conformes aux objectifs de l'entreprise: c'est elle qui définit ce qu'elle veut comme "qualité" (*ex: si l'objectif c'est des tomates vertes, l'AQ assure qu'elles seront vertes.*).

Chapitre 6 : Alimentation et Cancer « Etude de la mutagénèse et la cancérogénèse »

Introduction

Dans la plupart de nos plats, on retrouve de nombreuses molécules qui peuvent causer des effets toxiques pour notre organisme. Il s'agit notamment des constituants naturels, des contaminants microbiens ou des contaminants du milieu. Ces substances sont souvent des résidus de la production, de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement et du stockage des denrées alimentaires. L'attention portée à la recherche d'éventuels effets cancérigènes des substances véhiculées par les aliments ne cesse de croître, en raison de la nécessité de mieux connaître l'origine des cancers humains.

L'alimentation est une des voies majeures de risque de cancer

Proportions estimées des décès par cancer attribuables à différents facteurs sont:

1. Nutrition 35%;
2. Tabac 22%;
3. Alcool 11%;
4. Infections (virus, parasites) 10%;
5. Expositions professionnelles 4 à 8%.

6.1. Cancérogénèse et Mutagénèse? Quelle relation?

Un **cancérogène** (ou cancérigène) est un agent capable de provoquer le cancer, d'augmenter la fréquence des cancers dans une population exposée, de modifier la répartition de la localisation des cancers observés dans une population (sans augmentation du nombre global de cancers) ou de favoriser une survenue plus précoce de tumeurs cancérogènes dans une population. L'adjectif « oncogène » est utilisé pour qualifier les virus susceptibles d'avoir un effet cancérogène. La cancérogénèse, l'oncogénèse ou carcinogénèse (du mot grec oncos, qui veut dire « tumeur », genèse, qui veut dire « naissance », « commencement », « source », « origine », « cause »), c'est-à-dire de la conversion d'une cellule normale en cellule tumorale.

6.2. Qu'est-ce qu'une mutation?

Les mutations sont des modifications héréditaires permanentes des lignées cellulaires, touchant soit les cellules somatiques, soit les cellules germinales (cellules sexuelles). Elles peuvent donc affecter l'organisme par modification des cellules somatiques ou être transmises à la descendance en raison des lésions induites au niveau des cellules sexuelles.

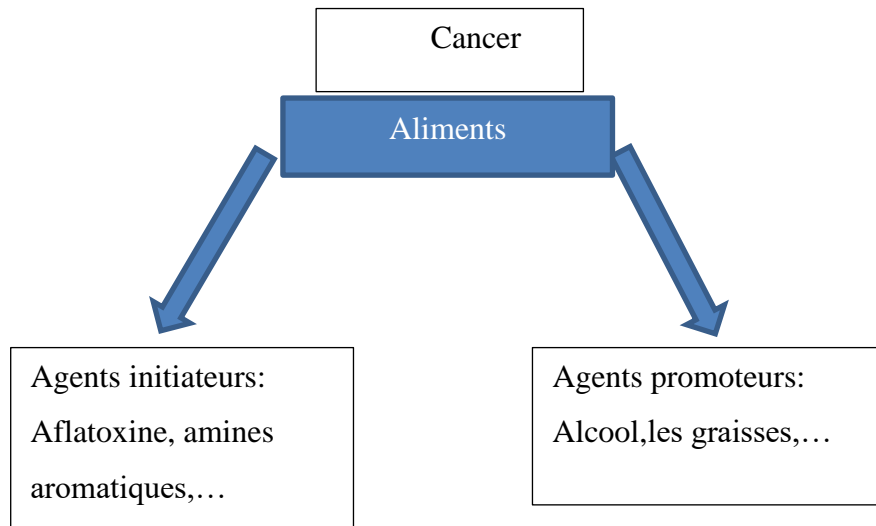
6.3 génotoxicité

La génotoxicité peut se manifester d'une part directement par action sur le matériel génétique (adduits, cassures de brins,...) processus sous la dépendance de facteurs génétiques et/ou acquis (interactions avec les enzymes de la phase I des biotransformations métaboliques) ou par l'intermédiaire de la production d'espèces radicalaires telles que les espèces réactives de l'oxygène (ERO), et d'autre part indirectement par l'intermédiaire des lésions des macromolécules biologiques par ces mêmes composés générant des altérations de l'appareil mitotique, et des dysfonctionnements enzymatiques.

6.4. La mutagénèse

La mutagénèse peut résulter de ces altérations et notamment pour ce qui concerne les lésions de l'ADN, de la défaillance, héréditaire surtout, acquise parfois, des systèmes

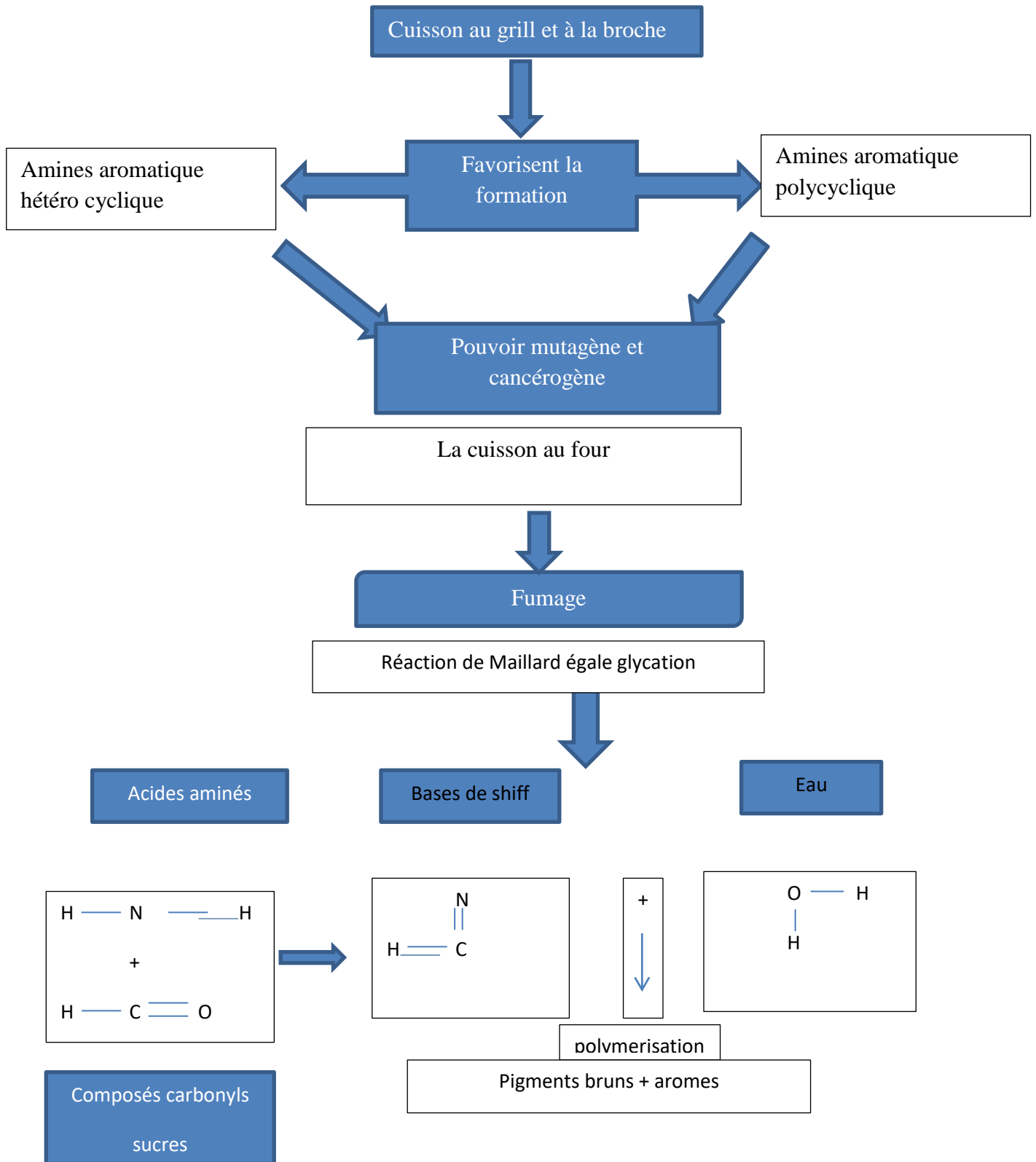
cellulaires constitutifs de réparation qui peuvent alors être inefficaces ou réaliser une réparation fautive ce qui laisse en place une mutation génique ou chromosomique. La mutation résultant de la génotoxicité peut concerner des gènes clés du développement d'un clone de la cellule tumorale.



6.5. Alimentation et Cancérogénèse

6.5.1. Modes de cuisson des aliments:

Le mode de cuisson d'un aliment désigne l'ensemble des moyens par lesquels ses caractéristiques organoleptiques (aspect, couleur, texture et goût) sont modifiées sous l'effet de la chaleur. Ces dernières, dues à de longues cuissons et à températures élevées, peuvent être dégradées, donnant naissance à des produits toxiques cancérigènes et/ou à des carences en micronutriments. Les principaux modes de cuisson des viandes et des poissons comme la cuisson au grill, la cuisson à la broche, la cuisson au four et le fumage sont associés à l'augmentation du risque de nombreux cancers dont ceux du côlon, du rectum, du poumon, de la prostate, du rein, du pancréas, du sein et de la vessie.



C'est mode des cuissons des viandes et des poissons consistant à un Cuisson à haute température: Pommes de terre frites ou sautées, viandes, chips, pain grillé, biscuits salés ou sucrés ... glycotoxines=Acrylamides (amines hétérocycliques)

6.6. Carences nutritionnelles:

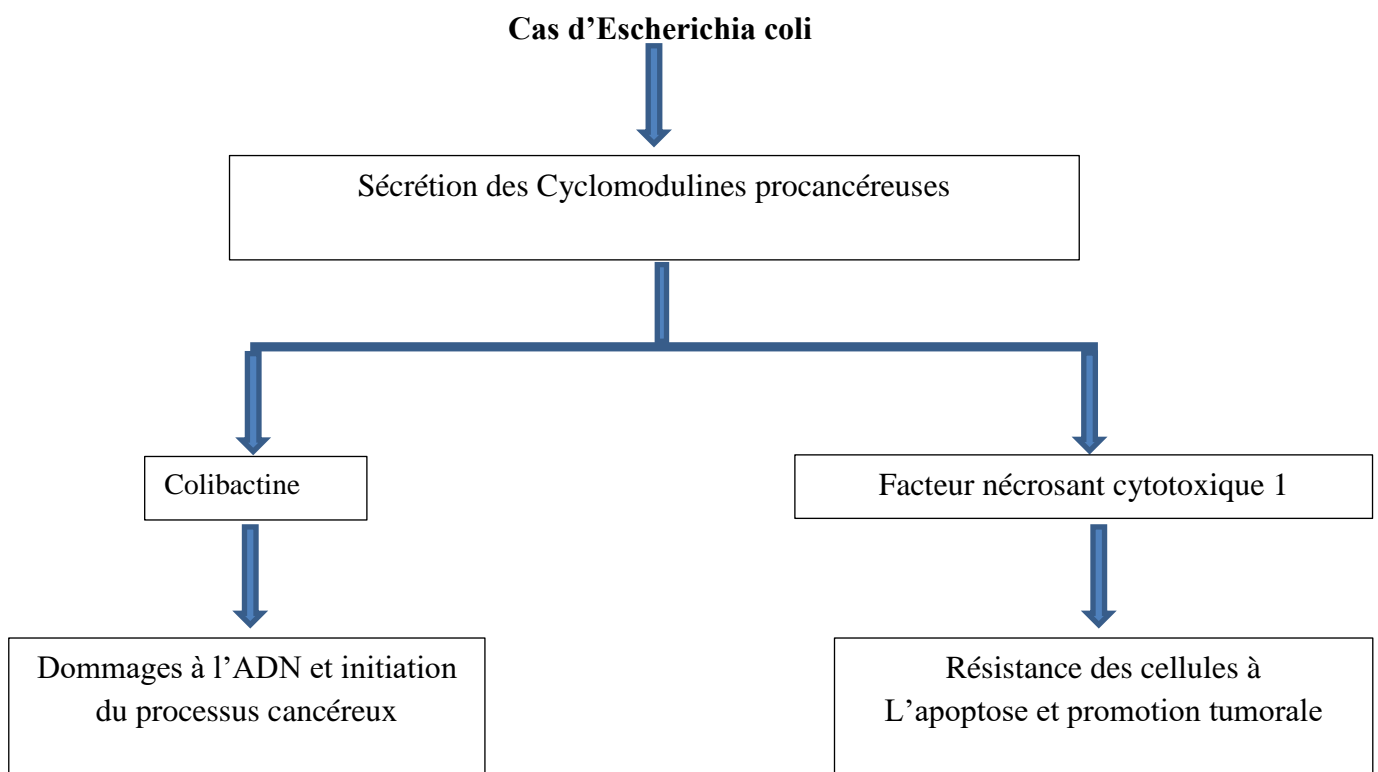
La carence en pré et probiotiques

But: Régénérer et équilibrer la flore ou microbiote intestinal

Prébiotiques : Composants alimentaires non digestibles qui stimulent la croissance de microorganismes intestinaux à effet positif

Probiotiques : Micro-organismes vivants spécialement fabriqués qui lorsqu'ils sont ingérés, augmentent par addition, le taux de microorganismes à effet positif dans l'organisme La carence en pré et probiotiques provoquent une Perturbation de l'équilibre de la flore intestinale: L'augmentation du taux et de la capacité d'adhésion des bactéries nuisibles telles que les bactéroïdes et les entérobactéries à la muqueuse intestinale. Ce qui entraîne une inflammation du côlon et la libération de cytokines pro-inflammatoires qui stimulent la prolifération cellulaire cancéreuse

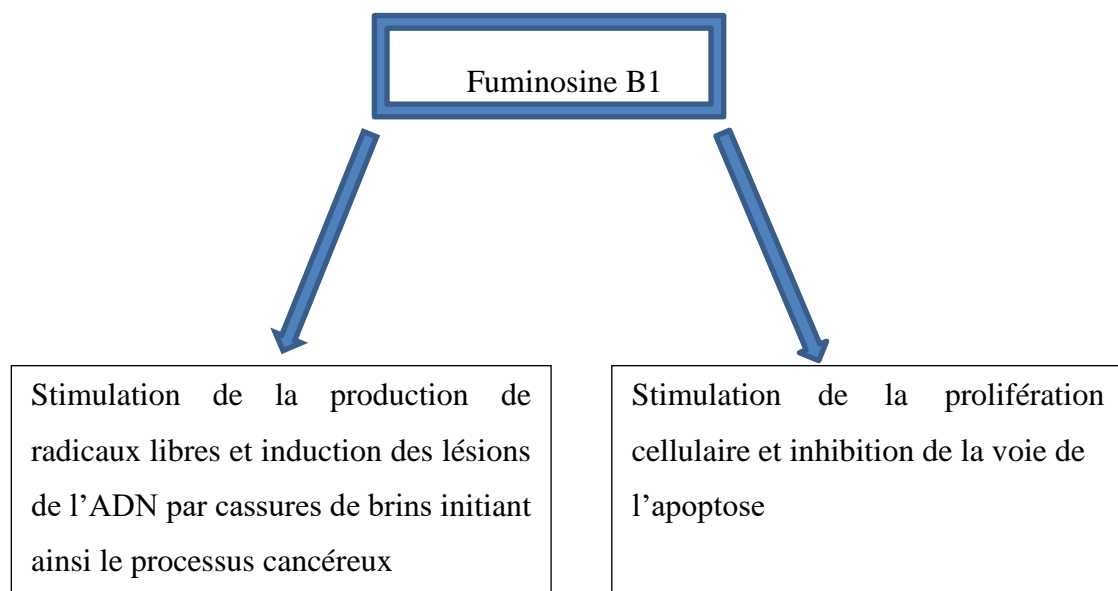
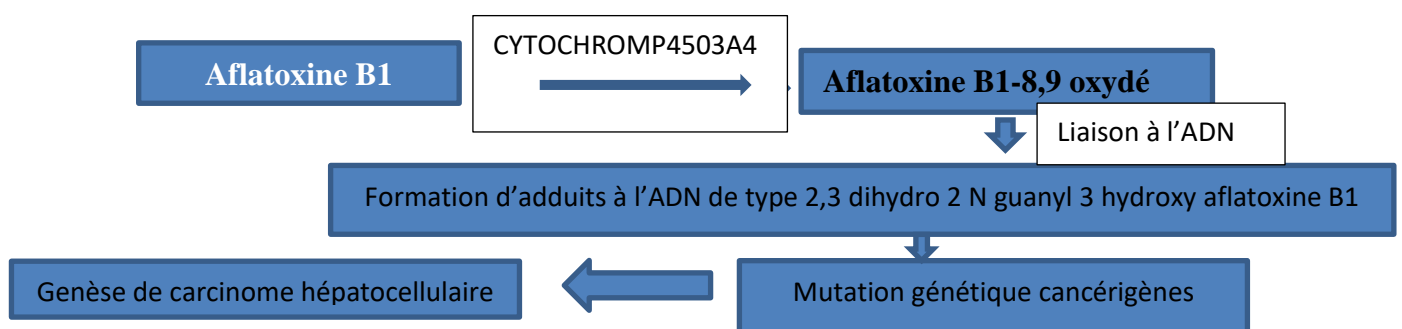
Exemples : Cas d'Escherichia coli



6.7. Mode de conservation des aliments:

Le stockage dans une atmosphère humide à température ambiante de fruits, de légumes ou de céréales entraîne la formation de moisissures toxigènes entraînant l'initiation cancéreuse par production de mycotoxines qui sont responsables d'intoxications alimentaires humaines : *Aspergillus* et *Fusarium*. Les mycotoxines ont des propriétés physico-chimiques et toxicologiques variées (tératogènes, génotoxiques et cancérigènes) Plus de 400 mycotoxines sont actuellement identifiées à l'échelle internationale : Aflatoxine B1 et Fuminosine B1

Exemple : Cas de l'Aflatoxine B1



Certains modes de conservations tels que la mise en conserve impliquent l'utilisation d'additifs qui par plusieurs mécanismes peuvent initier la cancérisation des cellules.

6.8..Consommation d'additifs alimentaires

On distingue plusieurs types d'additifs classés par catégories selon leurs usages. Parmi eux, seuls certains **colorants** et les **nitrates** utilisés comme conservateurs sont potentiellement cancérigènes

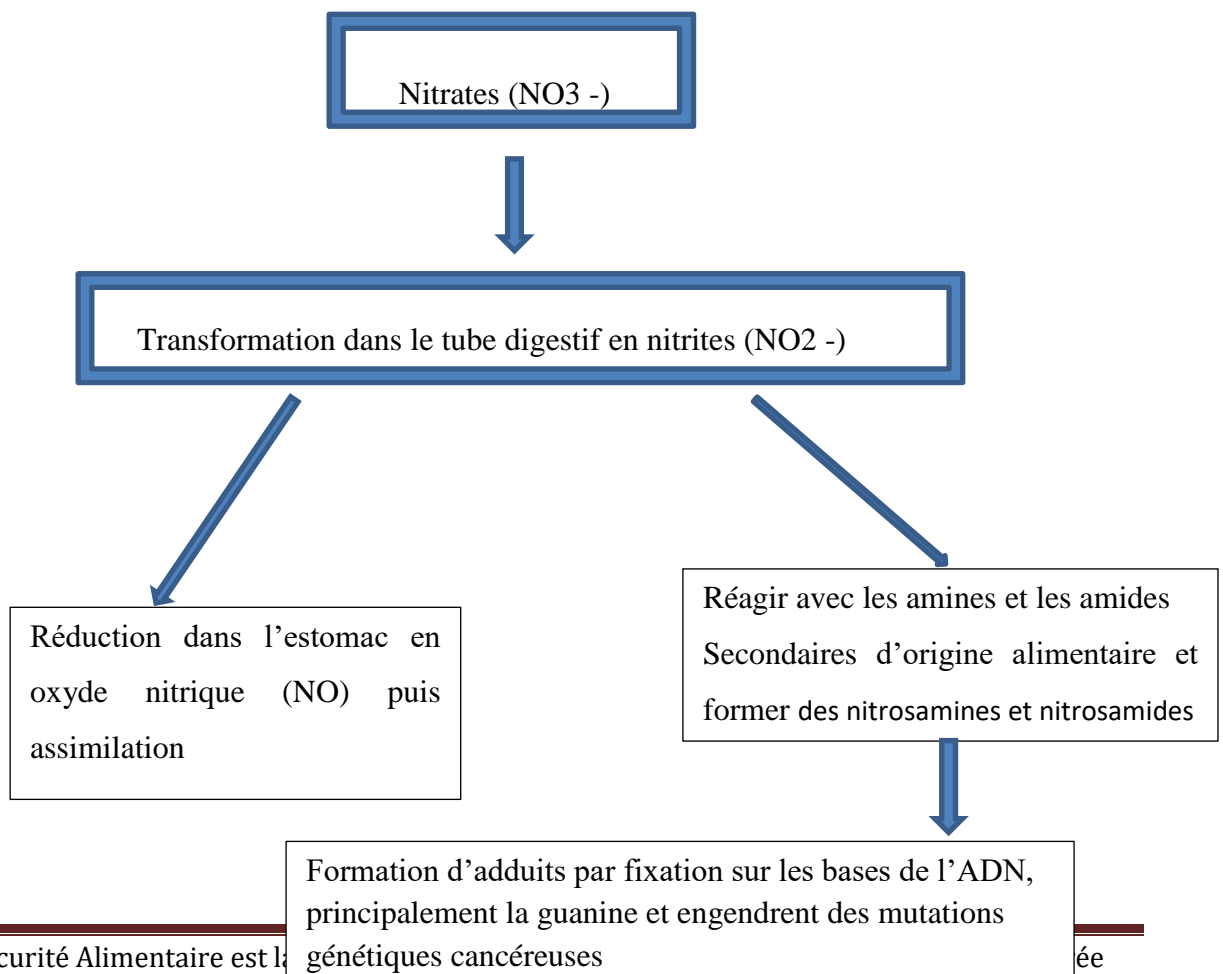
6.9. Les colorants alimentaires (colorants azoïques).

Ce sont les colorants les plus toxiques. Ils constituent un groupe de colorants dont la structure moléculaire comporte le groupement azoïque ($-N=N-$). **La benzidine, la β -naphtylamine, la 4-aminodiphényl et le 4chloro-O-toluidine** font partie des amines aromatiques les plus utilisées pour la fabrication des colorants azoïques qui risquent de provoquer le cancer de la vessie.

6.9.1. Nitrates

Apportés en majorité par les légumes et l'eau de boisson. Les nitrates sont associés à la survenue de cancers gastro-intestinaux.

Exemple : cas : Nitrates (NO_3^-)



6.10. Polluants chimiques et perturbateurs endocriniens:

✓ polluants chimiques (cancérogènes)

Certains peuvent pénétrer l'organisme par voie orale, via l'ingestion accidentelle d'objets contenant ces polluants chimiques ou via l'ingestion d'aliments contaminés. C'est le cas des poissons contaminés aux métaux lourds (mercure, cadmium et plomb) présents dans l'eau

Polluants chimiques	Mecanisme d'action	Cancers causés
Mercuré	Production des radicaux libres et activation des proto oncogenese(C-fos et C -myc	Cancer broncho pulmonaire
cadmium		
plomb		
pétrole	Formation d'époxyde reagissant avec L4ADN et formant des adduits mutagenes	Cancer de la peau

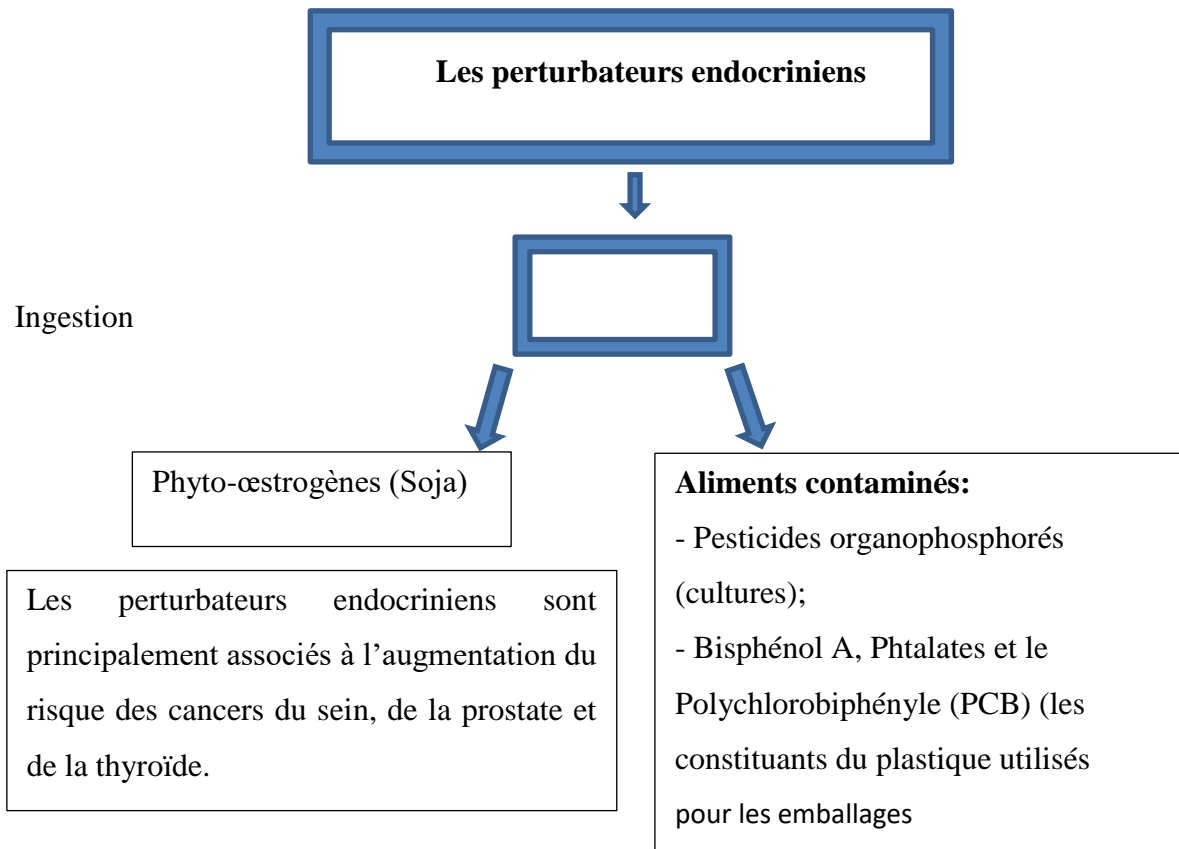
- ✓ Les éléments radioactifs trouvés en grandes quantités dans les aliments
- ✓ Accidents industriels, rejets non maitrisés ou des essais nucléaires
- ✓ Période radioactive est très longue (28 à 30 ans)
- ✓ Accumulation au niveau de la chaine alimentaire

Apparition de cancer si les cellules somatiques sont touchés ou d'anomalies héréditaires si ce sont les cellules germinales

6.11.Substances exogènes capables d'agir sur l'action des hormones ainsi que sur leur synthèse, leur transport et leur dégradation.

- Blocage ou gêne du mécanisme de production ou de régulation des hormones ou des récepteurs d'hormones ;
- Production d'un effet agoniste par fixation sur le récepteur d'une hormone (effet mimétique sur le récepteur de l'hormone entraînant l'émission d'une réponse cellulaire normale) ;

- Production d'un effet antagoniste par fixation sur le récepteur d'une hormone (empêche l'émission du signal de régulation en se liant au récepteur hormonal et ainsi n'entraîne pas la réponse hormonale normalement engendrée par l'hormone naturelle).



Sucre

Les cellules cancéreuses se nourrissent de sucre et de tout aliment qui se transforme en sucre, comme les céréales, les pâtes, les glucides, les pains. Donc, éliminer le sucre est la clé.

Pour ceux qui cherchent à maintenir leur santé, avoir une alimentation équilibrée qui inclue des fruits (car contiennent beaucoup d'antioxydants et ont des propriétés anti-cancer).

Chapitre 7 : Etude de l'allergenicite alimentaire

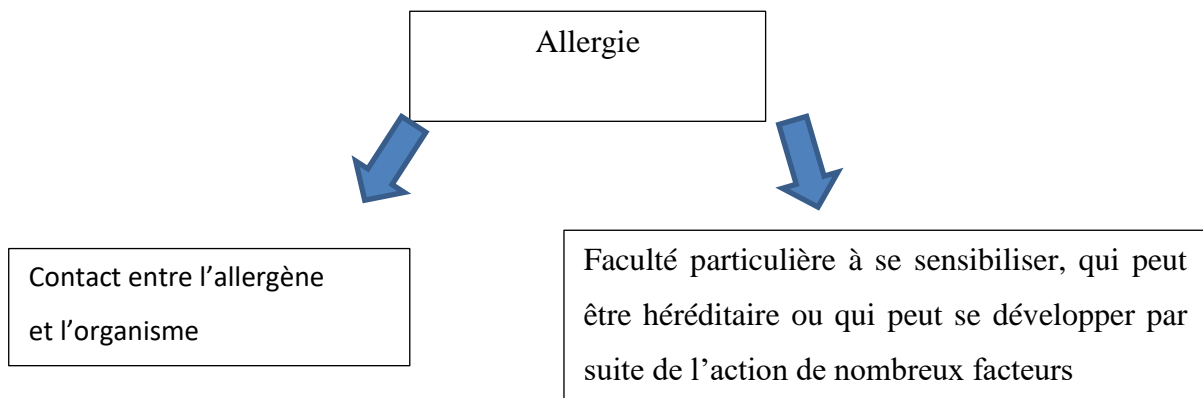
L'organisme humain possède divers systèmes de défense qui lui permettent de reconnaître les substances favorables à son bon fonctionnement. Lorsque l'organisme répond d'une façon excessive ou exagérée à des produits chimiques étrangers qui ne provoquent habituellement pas de réaction immunologique on parle d'ALLERGIE. L'Allergie est un phénomène en pleine croissance partout dans le monde, et en particulier dans les pays industrialisés. La

fréquence des maladies ne cesse d'augmenter aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte. Les maladies allergiques sont classées au 4^{ème} rang des maladies chroniques selon l'OMS. Elles sont reconnues comme des problèmes majeurs de santé publique notamment chez les enfants.

7.1. Qu'est-ce qu'une allergie?

L'allergie est une réaction indésirable de l'organisme à des agents chimiques, physiques ou biologiques généralement inoffensifs pour la plupart des gens. La réaction allergique survient lorsque le système immunitaire de l'individu reconnaît par méprise une substance comme étrangère, appelée alors allergène. L'organisme la reconnaît et fabrique des substances pour la neutraliser et l'éliminer, ce sont des anticorps.

7.2. Généralité



Le contact de la substance avec l'organisme déclenche un mécanisme qu'on appelle sensibilisation. L'exposition qui provoque la sensibilisation ne correspond pas nécessairement à la première exposition, car un individu peut être exposé pendant une longue période (contact prolongé ou répété) à un allergène avant que la sensibilisation ne se manifeste.

7.2.1. Les différents types des voies allergènes

-Voie Aérienne : **Pneumoallergènes moisissures**, poils d'animaux, pollen de l'herbe à poux.

Symptômes: l'écoulement nasal, des éternuements, de la congestion, du larmoiement, du picotement et le gonflement des yeux.

- Voie Cutanée : **Allergènes transcutanés:** herbe à puce, nickel).

Symptômes: éruptions et démangeaisons.

- Voie Digestive Trophallergènes: aliments et leurs constituants, tels que les œufs et les arachides)

Symptômes: éruptions, de la fièvre, des nausées, des vomissements et des crampes d'estomac.

➤ Voie intraveineuses : allergènes: morsures, piqûres d'insectes

Symptômes: éruptions et une manifestation allergique

violente (telle qu'un choc anaphylactique).

7.2.1. Allergies alimentaires

- La fréquence des allergies alimentaires a doublé en 15 ans.
 - On estime aujourd'hui que 3 à 10 % de la population est atteinte et le nombre d'enfants allergiques ne cesse de croître.
 - 75% des allergies se manifestent avant 15 ans.
 - Les conséquences cliniques de l'allergie peuvent être graves, souvent invalidantes, parfois mortelles.
- Il faut néanmoins distinguer allergies et intolérances, car si 20% des individus se disent allergiques, seuls 5% le sont vraiment.

L'allergie alimentaire correspond à un état d'hypersensibilité développé contre les protéines alimentaires appelées trophallergènes. Il s'agit généralement d'allergie IgE dépendante à caractère plus ou moins immédiat. Dans ce groupe des allergies alimentaires, d'autres types de mécanismes immunologiques peuvent cependant être impliqués:

- L'hypersensibilité de type I (immédiate, à médiation IgE), ces réactions sont largement les plus fréquentes.
- L'hypersensibilité de type II (cytotoxique et cytolytique) n'intervient que de manière exceptionnelle dans les réactions immunitaires déclenchées par les aliments .
- L'hypersensibilité de type III (semi-tardive à complexes immuns) peut théoriquement intervenir vis-à-vis des aliments.
- L'hypersensibilité de type IV (retardée à médiation cellulaire) est probablement le mécanisme responsable des formes entéropathiques d'intolérance aux protéines de lait de vache.

7.2.2. Quelles sont les causes de la dissémination des allergies?

- L'évolution des modes de vie,
- La disponibilité pour le plus grand nombre d'aliments en provenance de pays lointains,
- La transformation toujours plus poussée des produits alimentaires, contribuent à la dissémination de nouveaux allergènes, parfois sous forme masquée, ce qui crée des difficultés pour l'évaluation des risques.

7.2.3. Difficultés rencontrées lors du diagnostic des allergies?

La difficulté réside dans la capacité d'affirmer le lien entre une manifestation allergique et un allergène... et surtout d'identifier l'allergène (ou les allergènes) en cause (problématique des allergies croisées). La réponse est alors d'éliminer les contacts avec ces allergènes.

7.2.4. Allergie et Intolérance: Quelles sont les différences?

Il ne faut pas confondre allergie alimentaire avec intolérance alimentaire et pseudo-allergie qui elles, n'impliquent pas de réaction immune. En effet, l'intolérance alimentaire est caractérisée par un déficit en enzymes qui permettent l'absorption des aliments. Un déficit en enzymes perturbe le bon fonctionnement du système digestif car une partie de l'aliment ne peut être digérée, provoquant une inflammation au niveau de l'intestin.

7.2.5. Le mécanisme de l'allergie se réalise en 2 étapes

-Phase de sensibilisation: (1er contact de l'organisme avec l'antigène) Le corps, plus spécifiquement le système immunitaire, se "sensibilise" ce qui le prépare pour une "agression" ultérieure.

-Phase de déclenchement: (2ème contact de l'organisme avec le même allergène) Le système immunitaire réagit rapidement et violemment provoquant la libération de plusieurs substances pro-inflammatoires (histamine, prostaglandines et des leucotriènes, médiateurs chimiques responsables des rougeurs, démangeaisons, production de mucus).

7.2.6. Symptômes de l'allergie alimentaire

-C'est au cours du deuxième contact avec l'allergène que le sujet déclenche une manifestation clinique de nature allergique due à cette libération massive de médiateurs chimiques.

-Cette réaction pourra être plus ou moins grave en fonction de chaque individu, et pourra aller jusqu'au choc anaphylactique.

7.2.7. Intolérance alimentaire

En cas d'intolérance alimentaire, le corps perd partiellement ou totalement la capacité de digérer (métaboliser) une certaine substance.

-Intolérance au lactose

L'enzyme digestive du lactose (la lactase) n'est pas produite ou produite en quantité insuffisante. Le lactose parvient alors à atteindre le gros intestin sans être absorbé et y est fermenté. Cette carence en lactase peut être d'origine héréditaire ou pathologique. L'intolérance se traduit par des douleurs abdominales, crampes intestinales, ballonnements, de

la diarrhée et l'émission de gaz dans les heures suivant l'ingestion de lait. Les sujets intolérants au lactose tolèrent le lait fermenté (yaourt) qui apporte sa propre lactase produite par les ferments lactiques. L'intolérance au lactose est à différencier de l'allergie aux protéines du lait de vache qui appartient à la catégorie des allergies alimentaires vraies.

- Intolérance au gluten, ou maladie cœliaque

La maladie cœliaque est une maladie chronique de l'intestin, de composante héréditaire, et déclenchée par la consommation de gluten. Le gluten est un mélange de protéines contenues dans certaines céréales (blé, orge, seigle..., seuls le maïs et le riz en sont dépourvus). Donnant une texture moelleuse aux pains et aux autres produits de boulangerie, le gluten permet aux ingrédients de bien se lier ensemble...

Symptômes:

Digestifs (diarrhée, douleurs, ballonnements...). Chez les personnes atteintes de la maladie cœliaque, l'ingestion de gluten entraîne une réaction immunitaire anormale dans l'intestin grêle qui se retourne contre lui (réaction auto-immune : l'organisme s'auto-attaque !!!), qui crée une inflammation et endommage la paroi intestinale. Dans le cas du blé, la réaction inflammatoire est dirigée contre la gliadine (une fraction de protéine présente dans le gluten du blé). Pour l'orge, c'est l'hordéine qui est en cause ; et pour le seigle, c'est la sécaline.

7.2.8. Pseudo-allergies ou fausses allergies

Les manifestations cliniques des pseudo-allergies sont proches des allergies vraies. Cependant, d'un point de vue physiopathologique, il ne s'agit pas d'un mécanisme immunoallergique.

Ingestion

-Aliments naturellement riches en amine biogène (histamine ou tyramine), comme les aliments et boissons fermentés (certains fromages, la choucroute, le vin ...), les aliments fumés, les conserves de poisson (thon, maquereau...), le chocolat

-Aliments histamino-libérateurs activant les mastocytes par un mécanisme non allergique, comme les fraises, les tomates, le blanc d'oeuf et les crustacés.

7.2.8. Allergie croisé

Il s'agit d'allergies à des substances qui se ressemblent chimiquement. Elles sont caractérisées par des manifestations cliniques allergiques dues à des allergènes différents sans qu'il y ait eu, au préalable, un premier contact sensibilisant avec chacun de ces allergènes. Une personne allergique au lait de vache risque fort d'être aussi allergique au lait de chèvre, même si elle n'y

a pas été sensibilisée. La raison de cette allergie dite "croisée" est la similarité de structure de leurs protéines. On parle dans le cas présent d'une allergie croisée "aliments-aliments"

Il peut y avoir également des allergies croisées "pneumallergène-aliment". Il arrive ainsi que des personnes allergiques au pollen soient aussi allergiques à des fruits ou des légumes frais, ou à des noix. C'est ce qu'on appelle le Syndrome d'Allergie Orale. Par exemple, une personne allergique au pollen de bouleau pourrait avoir des démangeaisons sur les lèvres, la langue, le palais et la gorge lorsqu'elle mange une pomme ou une carotte crue. Cette réaction se produit uniquement avec les produits crus puisque la cuisson détruit généralement l'allergène en modifiant la structure de la protéine. Enfin, il peut y avoir des allergies croisées "latex-aliment". Dans les entreprises agroalimentaires, les manutentionnaires peuvent manipuler les denrées avec des gants en latex. Les protéines de latex peuvent alors se retrouver sur le produit final. Une sensibilisation au latex peut également avoir lieu chez les personnes portant régulièrement des gants en latex ou chez des patients opérés à plusieurs reprises. Les aliments les plus fréquents présentant une réaction croisée avec le latex sont l'avocat, la banane, le kiwi et la châtaigne.

7.2.9. Facteurs favorisant les allergies alimentaires

1- Altération de la muqueuse intestinale:

- Cette altération favorise l'absorption, c'est-à-dire le passage dans le sang de substances antigéniques qui ne sont pas dégradées normalement.
- L'altération de la muqueuse et des cellules de revêtement peut être en relation avec certaines toxines ou virus.
- Le film protecteur à la surface du revêtement cellulaire peut être détruit par des médicaments anti-inflammatoires.
- Il peut y avoir une hyperperméabilité liée à une vasodilatation locale due à l'alcool, les laxatifs, les irritants.
- Outre la facilitation de pénétration des antigènes, ces troubles favorisent également le passage de l'histamine pouvant provenir des aliments.

7.2.10. Le déficit en immunoglobulines A sécrétées (IgA/s):

- Ce sont des immunoglobulines qui assurent les mécanismes de défense et de tolérance au niveau de la lumière intestinale.
- Les déficits en IgA s'accompagnent de malabsorption, d'infection intestinale, de mycose répétée, mais aussi d'une aptitude accrue à développer des allergies alimentaires.

- Dans les allergies digestives, le taux des IgA était souvent réduit.

3- L'aptitude à former des immunoglobulines E

(IgE):

- Cette aptitude est retrouvée dans ce que l'on appelle le «terrain atopique ».
- Dans les allergies alimentaires il y a une augmentation du taux des IgE dans les sécrétions de l'intestin grêle, compensant dans une certaine mesure le déficit relatif en IgA.
- Les sujets faisant des manifestations d'allergie respiratoire ne sont pas particulièrement prédisposés à faire des manifestations d'allergie digestive.

4- Association avec une perturbation de la fonction hépatique:

- L'exemple en est donné par les manifestations d'allergie alimentaire pouvant survenir au cours ou à la suite d'une hépatite virale.
- Il semble qu'une insuffisance enzymatique entrave la destruction de l'histamine et donc favorise l'expression de l'hypersensibilité alimentaire.

5- Déséquilibre alimentaire :

- Les régimes très déséquilibrés qui favorisent pendant une longue période la consommation abusive de certains aliments riches en protéines ou riches en histamine favorisent l'apparition et l'entretien de manifestations d'allergie alimentaire.

Allergènes alimentaires

- Il s'agit essentiellement de substances protéiques, dont le poids moléculaire est compris entre 15 et 50 kDa.
- Ces protéines sont stables à la chaleur et au froid, ce qui fait que la cuisson modifie peu l'activité allergénique et que la digestion incomplète dégrade mal ces protéines.

Allergènes d'origine animale

Lait de vache : les principales protéines allergisantes des laits sont les caséines et les protéines solubles du lactosérum (α -lactalbumine, β -lactoglobuline et la sérum albumine).

Œufs de poule : les protéines du blanc d'œuf sont représentées par : ovomucoïde, ovalbumine, ovotransferrine et le lysozyme, tandis que la livétine représente la protéine allergisante du jaune d'œuf. Le blanc d'œuf est plus allergisant que le jaune d'œuf.

Poissons : les protéines sarcoplasmiques du tissu musculaire du poisson : parvalbumines.

Fruits de mer (crustacés mollusques) : histamine.

Allergènes d'origine végétale

Arachides : viciline, congutine et la glycinine.

Céréales : albumine, gluten

Fruits : principalement une sensibilisation pollinique ou les OGM.

* * Les fruits oléagineux, les cacahuètes, mais aussi les noix, les amandes et les noisettes peuvent occasionner des symptômes par un simple contact sur la peau ou par inhalation.

- Le café peut donner des manifestations allergiques de contact ou respiratoires lorsque le grain est vert, ces possibilités d'allergie disparaissent après torréfaction et l'allergie alimentaire est en conséquence exceptionnelle.

- Le chocolat ne provoque pas de manifestations allergiques mais on connaît les fréquentes pseudo-allergies où cet aliment est incriminé.

- Colorants et conservateurs:

La tartrazine colorant (sirops de fruits, apéritifs, liqueurs, confiserie, potages en sachets). La législation réduit considérablement l'usage de cette substance. Elle peut donner des urticaires chroniques, des manifestations respiratoires, des eczémas récidivants, voire des chocs anaphylactiques. Les dérivés para-amino-benzoïque qui sont des conservateurs peuvent provoquer des manifestations respiratoires. La quinine et les corps apparentés se retrouvent dans de nombreuses boissons à base de quinquina. Ils sont à l'origine de réactions anaphylactiques typiques qui peuvent aller des troubles digestifs aux chocs. Certains anti-oxydants utilisés à la surface des fruits (diphényl) peuvent provoquer des dermatites de contact.

Additifs alimentaires directement responsables ou capables d'aggraver une réaction allergique

- Acide acétyl-salicylique (AAS), salicylates
- Acide benzoïque, benzoates
- Acide sorbique, sorbates
- Colorants artificiels (tartrazine, jaune de quinoléine)
- Cantaxanthine, bêta-carotène
- Annato
- Butylhydroxytoluène (BHT)
- Butylhydroxyanisole (BHA)
- Nitrites et nitrates de sodium
- Epices (par exemple: poivre blanc, cannelle, clou de girofle)
- Alcool

Les contaminants alimentaires:

- Contamination du lait ou de certaines viandes par la pénicilline qui a servi à traiter une mammite de la vache.
- Certains insecticides d'origine végétale et produits phytosanitaires. Les vermifuges utilisés pour les volailles.
- Allergie au nickel chez les sujets qui ont pu être sensibilisés par contact. Les traces de nickel dans le matériel de cuisine peuvent suffisamment contaminer les aliments pour induire des manifestations d'urticaire et d'eczéma.