
Chapitre I

Les micro-organismes sont présents dans l'environnement naturel de l'homme (eau, sol, surface diverses) sur l'Homme lui-même et surtout les êtres vivants (plantes, animaux) dont il tire son alimentation. De ce fait, le risque de contamination pour un produit alimentaire transformé ou non est permanent tout au long de la chaîne alimentaire.

Selon les germes, les contaminations peuvent avoir plus ou moins grande conséquence allant de la simple altération de produit lui faisant perdre ses qualités organoleptique ou sa valeur commerciale, à des toxi-infections graves.

La contamination primaire des matières premières alimentaires se fait par l'eau, sol, l'air... Lorsqu'elles sont transformées, elles subissent de nouvelles contaminations propre au contexte de l'usine (ambiance, surface, eau, matériel, personnel, ...) et aux processus technologiques qui conduisent au produit fini. Pour cela, différentes analyses et divers contrôles sont indispensables à la maîtrise de la qualité microbiologique des produits alimentaires mais aussi de la qualité hygiénique de l'environnement de production et de distribution.

La maîtrise de la qualité microbiologique (hygiénique obligatoire et marchande souhaitée par le fabricant mais aussi le consommateur) passe par un ensemble de démarches qui vont du contrôle des matières premières brutes, en cours de transformation ou de l'aliment fini aux bonnes pratiques de fabrication BPF en passant par l'identification des principaux points critiques du système de production (distribution, le plus souvent par une démarche HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point)).

I. Objectif du Contrôle Microbiologique

La maîtrise de la qualité microbiologique (hygiénique obligatoire et marchande souhaitée par le fabricant mais aussi le consommateur) passe par un ensemble de démarches qui vont du contrôle des matières premières brutes, en cours de transformation ou de l'aliment fini, aux pratiques de bonnes fabrications en passant par l'identification des principaux points critiques du système de production / distribution, le plus souvent par une démarche HACCP. Ces analyses prennent aujourd'hui largement place dans la plupart des

usines et des réseaux de distribution et permettent, par la réalisation de contrôles judicieux, une bonne évaluation de la qualité et une mise en évidence d'éventuelles contaminations, les actions correctives qui en découlent sans pour autant trop alourdir les charges. Cependant l'analyse microbiologique traditionnelle des produits finis reste encore indispensable car elle permet avec une certaine inertie d'éviter, dans le cas où des produits dangereux ou non conformes seraient fabriqués, leur commercialisation ou leur consommation.

Le contrôle en cours de production doit permettre de déterminer les points critiques. Il faut donc choisir une méthode d'analyse qui permette, après interprétation, de réagir sur la fabrication en amont par un véritable "feed-back" quand un défaut d'origine microbienne est détecté.

Les méthodes d'analyse mises en œuvre doivent être rapides, fiables, reproductibles et si possible simples (et peu coûteuses) ; elles consistent en une recherche et/ou une numération des principaux germes microbiens rencontrés dans les aliments afin d'en maîtriser leur présence ou absence (dans le cas de germes dangereux responsables de maladies infectieuses) et leur nombre (dans le cas de germes peu dangereux, contaminants ou hôtes normaux des matières premières composant la denrée).

La qualité bactériologique d'un produit alimentaire présente deux aspects :

- Qualité hygiénique

Elle caractérise le risque pour la santé du consommateur, cette qualité est mauvaise si le produit contient de toxine ou un nombre de micro-organismes pathogènes suffisant pour rendre le produit dangereux pour le consommer.

- Qualité commerciale

Elle caractérise l'existence ou le risque d'altération ; cette qualité est insuffisante si le produit contient un nombre de micro-organismes suffisant pour abaisser sensiblement la qualité organoleptique d'un produit avant sa date normale de consommation. A titre d'exemple, des levures osmophiles peuvent se développer et donc altérer (gonflement) un produit sucré à activité de l'eau faible si ce facteur n'a pas été maîtrisé.

- La rentabilité

La longueur de délai de réponse d'une analyse microbiologique est un facteur gênant

dans le contrôle industriel. L'analyse du produit fini permet de constater une défaillance et d'écarter le produit défectueux mais pas de remédier en temps utile à un incident de fabrication. Dans l'industrie, le contrôle microbiologique doit donc permettre de surveiller la qualité de produit en cours de fabrication pour avoir l'assurance de détecter rapidement une défaillance de façon à y remédier et éviter ainsi que le produit ne soit perdu. Il s'agit de construire la qualité du produit en même temps que le produit lui-même.

Le contrôle microbiologique a donc pour objectif de contrôler la qualité hygiénique et la qualité marchande des produits finis et plus encore, de contrôler les conditions de fabrication des produits ce qui permet d'éviter la fabrication des produits défectueux, perdus pour l'industriel.

D'une façon générale, l'objectif du contrôle microbiologique est de garantir une sécurité hygiénique et un niveau organoleptique déterminé, dans la mesure où ils dépendent des micro-organismes.

II. Fréquence du contrôle

Il n'y a pas de règle absolue quand à la fréquence des contrôles à réaliser. Pour chaque type de fabrication, dans chaque usine, la fréquence des contrôles est d'établir sur la base de l'expérience et en fonction des moyens disponibles.

C'est le paramètre qui coûte le plus cher. La fréquence doit être suffisante pour s'assurer du maintien, en permanence, des paramètres critiques entre les limites critiques.

Au sens international (norme ISO 9000), on appelle « autocontrôle », un contrôle effectué par l'opérateur. Cela signifie : contrôle effectué par l'entreprise, ce qui est différent. Les analyses microbiologiques sous traitées constituent alors un « autocontrôle ».

Par exemple dans le cas d'un système de distribution ou d'un réseau interne d'eau, les prélèvements doivent s'effectuer en divers points du système. La fréquence dans le temps dépend des risques de pollution mais aussi de l'importance du réseau.

Dans le cas d'une adduction d'eau publique cette fréquence doit être liée au nombre d'habitants. Si l'eau n'est pas désinfectée l'OMS préconise d'effectuer des prélèvements à l'entrée du réseau selon les fréquences suivantes :

- Moins de 20 000 h Prélèvement au moins tous les mois ;
- Entre 20 000 et 50 000 h Prélèvement au moins tous les 15 jours ;

- Entre 50 000 et 100 000 h Prélèvement au moins tous les 4 jours ;
- Plus de 100 000 h Prélèvement tous les jours.

Dans le cas des contrôles officiels de la qualité du lait à la production la procédure est la suivante : la fréquence des prélèvements est généralement de 3 par mois et par producteur sur la totalité de la production. Les prélèvements s'effectuent à la laiterie lorsque les livraisons sont individualisées ; sinon elles s'effectuent à la ferme.

Le contrôle hygiénique officiel des ateliers de traitement prévoit pour le contrôle du lait les prélèvements suivants :

- 2 pour une quantité de lait traitée inférieure ou égale à 5 000l/jour
- 3 pour une quantité de lait traitée comprise entre 5 000l et 10 000 l/jour
- 3 pour une quantité de lait traitée égale ou supérieure à 10 000 l/jour

III. Limites des contrôles

Les sont limités en efficacité par :

- Les capacités humaines : les contrôles reposants sur l'observation continue (ou très fréquentée) d'événements habituels (produits défilants sur tapis de triage, aspect d'un produit au tranchage...) sont assez fiables. Il faudrait trois contrôles successifs (un contrôleur contrôle le contrôleur qui contrôle l'autocontrôle) pour arriver à des taux d'erreur de l'ordre de $10^{-5}/10^{-6}$ (ceux que l'on trouve en industries pharmaceutique, par exemple).

- Une expression rare du danger : il est quasiment impossible de contrôler la présence de *Salmonella sp.* dans la matière premières entrant dans une cuisine ou un atelier de découpe.

- Les moyennes disponibles.

Le budget est généralement un fort critère de détermination de la fréquence de contrôle, sinon le plus déterminant.

L'équipe HACCP devra optimiser les fréquences en ciblant en premier lieu sur le CCP lié aux couples dangers/risques les plus importants.

IV. Respect de la qualité sanitaire et de la qualité commerciale courante

Cet aspect est important pour les services officiels de contrôle qui sont tenus de vérifier la qualité des aliments, pour les organismes coopératifs ou communautaires qui doivent se préoccuper de la qualité générale des produits dans un but commercial (paiement aux producteurs en fonction de la qualité, concurrence nationale et internationale, exportation...)

et pour les industriels qui doivent respecter les contrats imposés par ces divers organismes.

Il existe pour définir la qualité hygiénique et commerciale courante un certain nombre de « normes » ou « standards ». Du point de vue microbiologique elles correspondent à l'absence de germes pathogènes ou de leur toxine et à la limitation de la flore globale et des flores indicatrice.

Les « normes » ou « standards » varient en fonction des produits, en fonction du risque encouru (produit animale ou végétale, cru ou cuit, destiné à être consommé cru ou cuit, ayant subi un traitement de stabilisation ou pas...). Elles varient également d'un pays à l'autre, bien que les la tendance actuelle soit à une uniformisation internationale. Elles sont plus au moins sévères selon l'organisme qui les exige. Les normes pour les produits alimentaires destinés à l'exportation peuvent être plus sévères que celles exigées par la législation sur le plan national.

Le problème de l'interprétation est relativement simple. Il suffit de respecter la réglementation lorsqu'elle existe, qu'elle soit officielle ou qu'elle provienne d'organismes divers (service de normalisation nationaux ou internationaux, fédération de producteurs, offices de commerce international...). Lorsqu'elle n'existe pas il faut respecter les données admises pour une bonne qualité hygiénique qui sont indiquées par des spécialistes compétents.

Chapitre II

I. Origine de la contamination dans une industrie alimentaire

Il existe trois contaminations microbiologiques d'un produit alimentaire :

I.1. Contamination préexistante avant la transformation

Tous les aliments (sauf l'eau) sont des êtres vivants ou une partie d'être vivant. Or, les parties des êtres vivants en contact avec l'extérieur (peau, tube digestif) ne sont pas stériles. Les micro-organismes de ces zones peuvent donc se retrouver dans l'aliment. Leur nombre dépendra des conditions de conservation.

D'autre part, les animaux comme les végétaux peuvent être malades, et les micro-organismes pathogènes responsables se retrouver dans l'aliment correspondant.

a) La contamination par les micro-organismes présents naturellement dans un aliment

- Micro-organismes des barrières des surfaces

La peau des animaux, leur pelage ou leur plumage et les muqueuses sont sources de contamination à laquelle d'ailleurs la flore humaine participe largement. Ces barrières sont efficaces et ne laissent pas passer les germes. Lors de l'abattage, elles deviennent une des causes principales de contamination des carcasses.

Les germes les plus fréquents sont : (*Acinetobacter*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Candida*,...). On rencontre également les *Entérobactéries* provenant des lieux d'élevage.

Les légumes sont porteurs de bactéries : *Erwinia*, *Pseudomonas* et *Xanthomonas* sont les principaux germes rencontrés ; ils sont ensuite responsables d'altérations.

- Micro-organismes du tube digestif et des muqueuses des animaux

Les micro-organismes dont l'habitat naturel est le tractus intestinal peuvent contaminer les viandes, après abattage, éviscération et découpe. Ce sont essentiellement des bactéries dont certaines comme *Bacteroides* anaérobies strict et spécifique du tubes digestif.

D'autre telle que les *Entérobactéries* (*Escherichia*, *Salmonella*, *Sigella*, *Proteus*,...) et les *Enterococcus* sont minoritaires dans l'intestin, mais ont la capacité d'adaptation qui leurs permettent de coloniser les produits organiques et en particulier les aliments. Ils provoquent des altérations, certains sont pathogènes ou sont considérés comme indices de contaminations fécales.

Le tractus intestinal est également un réservoir de ferments lactiques. Les principaux genres rencontrés sont *Lactobacillus* et *Bifidobacterium*. Ils représentent moins de 1% de la flore intestinales, mais leurs nutritionnelle et économique est grande dans le domaine des produits fermentés.

b) La contamination par les micro-organismes de l'eau et du sol

La qualité microbiologique de l'eau a une très grande influence sur la contamination des produits alimentaires. En effet, l'eau contient en suspension des micro-organismes très divers. Les germes hydriques sont souvent des bactéries ayant une origine commune avec le sol (*Streptomyces*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*,...) ou avec la matière fécale de l'homme et des animaux (*Enterobacteries*, *Enterocoques*,...). Les moisissures sont également présentes dans l'eau. Certaines provoques des maladies chez les plantes et les animaux (*Chytridium*) et d'autres des altérations des produits (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Botrytis*, *Fusarium*,...).

Dans l'industrie alimentaire, l'eau est employée pour de multiples usages (lavage, nettoyage,...). Elle doit être de bonne qualité microbiologique, ce n'est pas toujours le cas et elle peut donc provoquée des contaminations post fabrication.

Du fait des nombreuses interactions et des échanges importants entre eau et sol, on retrouvera dans le sol les mêmes micro-organismes cités pour l'eau.

Les *Clostridium* sont souvent cités pour leur provenance terrestre, ainsi que les moisissures et les levures. Ces micro-organismes contaminent ensuite les enveloppes des légumes et des fruits ou ils participent à la flore phytopathogène, mais aussi d'altération, ou de fermentation.

c) La contamination par les micro-organismes de l'air et de poussières

L'atmosphère environnant les produits alimentaires contient un grand nombre de particules. Ce paramètre aléatoire dépend de beaucoup de facteurs dont l'activité déployée,

le nombre de personnes présents et l'étanchéité du local. Il peut varier de quelques centaines de milliers à plusieurs millions de germes par m³. Parmi ces particules 10⁻³ à 10⁻⁴ sont des unités formant colonies, dont susceptibles de contaminer les aliments.

La contamination microbienne atmosphérique est surtout constituée par des bactéries, de moisissures (*Aspergillus*, *Penicillium*,...) et plus rarement des levures (*Torulopsis*).

Parmi les bactéries prédominent les sporulées et les *Micrococcus*, les germes pathogènes sont le plus fréquemment absents.

Les produits alimentaires sont exposés à cette contamination lorsqu'ils ne sont pas protégés par un emballage, le niveau de découpe et le rapport surface/ volume est également très important pour la sensibilité à la contamination, et en particulier pour celle qui est amenée par voie aérienne ; les grosses pièces de viandes ou les produits entiers sont moins exposés que lorsqu'ils sont tranchés.

I.2. Evaluation de la contamination au cours des traitements d'élaboration des produits alimentaires

a) La contamination par l'usine

- L'usine et son environnement sont la source de nouvelle contamination qui s'ajoute à la contamination antérieure. Les responsables de ces nouvelles contaminations sont encore l'air, le sol et l'eau. Mais il faut signaler également l'importance des équipements industriels, des petits instruments et du personnel. Ces contaminations vont dépendre de la conception des locaux et des chaînes de fabrication ainsi que du niveau d'hygiène imposé par les pratiques du nettoyage, de désinfection et d'entretien générale de l'usine.

- Le personnel est sans doute la principale source de contamination dans l'usine ; les principales sources la sphère oronasale, le système pileux, les mains et les vêtements.

Les problèmes des infections cutanées ou rhinopharyngite et de l'hygiène générale du personnel est crucial ; le cas des porteurs asymptomatiques, personnes hébergeant comme commensales des bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes est beaucoup plus délicat.

- Le risque de contamination à partir des surfaces en contact avec les produits est très élevé, il s'agit notamment des machines, cuves, plans de travail, bandes transporteuses, outils, couteaux, emballages,...

- L'air peut également transmettre des micro-organismes adhérant aux diverses particules en suspension.

- Les insectes forment des vecteurs très dangereux des micro-organismes.

b) Evolution de la contamination au cours des opérations technologiques

Les opérations technologiques modifient directement, de façon quantitative et qualitative la flore des aliments. Elles font varier les paramètres physico-chimiques du milieu ; la composition, la température, l'activité de l'eau, le potentiel redox, le pH,... qui ont une incidence directe sur la croissance et sur la sélection des germes contenus dans les produits.

Dans certains cas, le résultat de la mise en œuvre des opérations technologiques est une diminution de la flore totale et une sélection de germes spécifiques : de psychrotrophes (denrées réfrigérées), de sporulés (aliments thermisés), de bactéries lactiques (viandes emballées sous vides), de moisissures (produits secs), etc.

Dans d'autres cas, les opérations telles que le broyage ou le mélange aboutissent à une homogénéisation des flores des différents ingrédients et à la modification de la structure des produits ; la contamination de surface.

I.3. Les contaminations au cours du stockage, du transport, et de la commercialisation des produits

Pendant, cette phase, les risques microbiologiques sont de deux ordres :

- **Les contaminations** : les produits à la sortie de l'usine doivent être protégés par des emballages qui empêchent toute recontamination. Ces emballages, souvent souples et fragiles devront être complétés par un suremballage plus résistant.

- **Le développement de la flore encore présente** : les remontées de la température entraînent la croissance des germes d'altération et pathogènes dans les produits réfrigérés et diminuent leur durée de vie.

- L'emballage a aussi un rôle très important dans la maîtrise des conditions du stockage notamment l'activité de l'eau et la tension en oxygène qui ont des répercussions sur la croissance des micro-organismes. Les matériaux et les techniques utilisées ne

permettent pas toujours de régler les problèmes d'humidité et d'oxydation au cours de la conservation. On peut alors enduire les films d'emballages avec un polymère hydrosorbant qui maintient l'activité d'eau en compensant les pertes ou des reprises d'eau au travers de l'emballage. Il existe également des absorbeurs d'oxygène à base de poudre de fer finement divisée que l'on met dans des sachets et par oxydation consomment l'oxygène.

Notons encore que l'on peut incorporer dans les emballages des absorbeurs d'éthylène pour ralentir la maturation des fruits, mais aussi des émetteurs des composés antimicrobiens comme l'éthanol ou le CO₂ ayant un effet continu pendant le stockage.

II. Les altérations provoquées par les micro-organismes nuisibles

II.1. Altération de l'aspect ou de la texture

- pigmentation anormale (rosé pour *Serratia*, verdâtre ou noir pour les moisissures)
- films visqueux ou irisé (bactéries aérobies strictes pour les aliments conservés à l'air libre)
- viscosité anormale (gélification par des bactéries capsulées ou par production de dextrine à partir du saccharose ex *Leuconostoc*)
- dégagement gazeux anormaux

II.2. Altération du goût ou de l'odeur

- odeur moisi (moisissures, actinomycètes)
- goût du rance du diacétyle produit par *Leuconostoc*
- présence d'H₂S ou d'indole

II.3. Altération de la qualité nutritive

- apparition de substances toxiques
- destruction de molécules nutritives (acides aminés essentiels)

Augmentation du risque toxique

Certaines espèces microbiennes peuvent être à l'origine d'une intoxication :

- *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia*, *Compylobacter* sont enteropathogènes pour l'Homme ;
- *Clostridium botulinum* et *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* produisent des toxines très actives ;

- Diverses espèces produisent des decarboxylases en se développant sur les poissons, sont à l'origine de l'intoxication en relation avec la production et l'ingestion de l'histamine ;
- La prolifération des moisissures sur les aliments augmente de risque toxique de fait de la production par certaines espèces de mycotoxine.