

# PREVENTION DE LA FORMATION DE COMPOSES NEOFORMES DANS LA VIANDE CUITE ET LES PRODUITS A BASE DE VIANDE EN FONCTION DE LEUR MODE DE PREPARATION OU DE FABRICATION

**Jean-Luc VENDEUVRE**

CTSCCV,7 av Gal de Gaulle F-94700-Maisons Alfort  
(adresse actuelle IFIP-Institut du Porc 7 av Gal de Gaulle F-94700-MAISONS-ALFORT)

## **Introduction**

Cette communication est relative à la prévention de la formation de certaines familles de substances chimiques du fait de différents modes de transformation technologique ou de préparation culinaire des viandes. Ces substances sont qualifiées de ce fait de composés *néoformés*. Il s'agit de composés *non voulus, non souhaités, ayant potentiellement un effet indésirable pour la santé*. Elles doivent de ce fait être évaluées dans le contexte des exigences de sécurité des denrées alimentaires selon les dispositions du nouveau droit alimentaire européen (règlement (CE) N°178/2002 encore appelé « Food law ») pour des conditions d'utilisation normale des denrées alimentaires/aliments (art.14.3a) (annexe 1) qui oblige à informer (art 14 3a) pour prévenir des effets préjudiciables à la santé (art 14.3.b) en tenant compte des effets probables (art 14.4.a.) et des effets toxiques probables (art 14.4.b)

Cette communication vise à faire la revue des conditions de la production de certaines familles de substances, de rassembler les données actuellement disponibles d'ores et déjà suffisantes, notamment pour celles qui sont les moins bien connues pour mettre en œuvre une approche préventive, y compris au niveau de l'utilisation domestique. Et cela sans attendre le parachèvement des travaux d'évaluation scientifique du risque, de manière à empêcher ou à minimiser la présence de substances néoformées non voulues.

Les données relatives aux nitrosamines, aux carbures polycycliques aromatiques et aux amines hétérocycliques aromatiques sont présentées.

## ***L'évaluation scientifique du risque ou appréciation du risque.***

C'est une prérogative de l'expertise scientifique qui est mise à la disposition des pouvoirs publics et des professionnels qui prennent en charge la gestion du risque. C'est dans le cadre du *Codex alimentarius* qu'ont été forgées à partir de 1995 les bases de l'analyse quantitative des risques, dont la première composante est l'évaluation (scientifique) du risque (CAC/GL-30-1999), et dont la conduite est réalisée selon les principes et directives rappelés dans l'annexe 2.

## ***Un processus d'évaluation en marche***

Jusqu'à présent la difficulté majeure était la détection et la quantification dans les denrées. Aujourd'hui « *la difficulté majeure des néoformés réside dans l'évaluation des risques toxicologiques encore relativement mal connus qui peuvent leur être associés* » ( Evaluation des risques nutritionnels et sanitaires AFSSA- Priorités 2004-2007, p 29). ».

Les progrès analytiques de détection des produits néoformés et l'évolution des technologies de fabrication renforcent et légitiment les interrogations sur l'éventuel risque sanitaire associé à la présence de ces produits dans les aliments.

Cette problématique illustre bien comment « *l'évaluation des risques doit progresser en parallèle avec les aspects techniques* » et une meilleure caractérisation des réponses observées pour les différentes technologies et modes opératoires mis en œuvre

Pour ce faire, l'AFSSA :

- finalise « *la notion de seuil de préoccupation toxicologique* » à partir de bases scientifiques potentiellement exploitables pour l'évaluation scientifique des risques liés aux composés néoformés.
- souhaite prendre en compte les interactions entre les produits néoformés et les matrices alimentaires en terme de *biodisponibilité réelle*, ainsi que l'évolution des habitudes alimentaires pour mieux estimer l'exposition des consommateurs
- observe que globalement la prise en compte réglementaire au niveau national et européen reste faible, « *ce qui pose la question des niveaux de risque acceptable acceptable pour la protection des consommateurs* ».

Par ailleurs l'Agence observe que des progrès méthodologiques sont nécessaires « *dans les bases de données, dans les mécanismes cellulaires de toxicité et dans la connaissance structurale chimique* » pour produire « *des modèles prédictifs de toxicité* », les évaluer et ainsi « *accélérer le traitement des demandes d'évaluation* ».

Pour les hydrocarbures polycycliques aromatiques, le processus d'évaluation est achevé au niveau français (AFSSA,2003) mais aussi au niveau communautaire (travaux du SCF=comité scientifique de l'alimentation humaine) à partir des données d'exposition issues des enquêtes SCOOP et des données toxicologiques et a même été traduit pour certaines denrées alimentaires telles que les produits à base de viande fumés au stade de leur commercialisation par des dispositions réglementaires harmonisées (règlement (CE)N° 208/2005 du 4 février 2005) fixant des niveaux de concentration maximales admissibles. Faute de données, cette évaluation ne couvre pas l'exposition du fait des conditions de préparation culinaire ménagère (par exemple barbecue)

## ***Substances mutagènes, génotoxiques, cancérigènes.***

Depuis le début des années 1970 l'Agence internationale de recherche sur le cancer (IARC,Lyon,France)) qui est une institution rattachée à l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) évalue des substances chimiquement identifiées, des

activités humaines (par exemple l'industrie de la chaussure) ou des expositions telles que la fumée de tabac ou le tabagisme passif par rapport au risque de cancérogenèse, selon les principes énoncés dans un « préambule » (<http://monographies.iarc.fr>). Selon la valeur probante de la relation de causalité (the « strength of evidence »), cinq classes de catégorisation ont été retenues (voir annexe 3):

Le même site Internet propose le classement de substances ainsi que des monographies

Chez l'humain, l'évaluation de la cancérogénicité est établie à partir d'études épidémiologiques qui peuvent combiner les données issues des études sur des « cohortes », des études « cas-témoin » ou des études d'« intervention » sur des volontaires.

### **Données publiées par les pouvoirs publics pour la gestion du risque..**

Le règlement (CE) N° 315/93 du Conseil établit les procédures communautaires relatives aux contaminants des denrées alimentaires qui servent de référence pour fixer les teneurs maximales pour certains contaminants des denrées alimentaires (règlement (CE) N° 466/2001). Même si les études en laboratoire révèlent que les « teneurs à atteindre pour développer des tumeurs expérimentales sont de plusieurs ordres de grandeur supérieures à celles que l'on peut s'attendre à trouver dans les denrées alimentaires et à consommer », la doctrine du Comité Scientifique de l'alimentation humaine est compte-tenu des effets sans seuil de substances reconnues génotoxiques de limiter leur concentration dans les denrées alimentaires autant qu'il est raisonnablement possible de le faire (ALARA= « as low as reasonably achievable »)

### **Gestion du risque par les professionnels.**

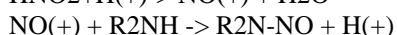
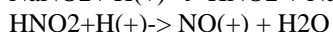
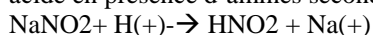
C'est sur la base de ces données publiées par l'IARC ou d'autres instances nationales ou internationales (par exemple la liste des substances « connues pour provoquer le cancer ou la toxicité de la reproduction » de la proposition 65 du « Safe drinking water and toxic enforcement act » de 1986 de l'agence de protection environnementale de l'Etat de Californie ou encore des données issues des rapports publiés par le National Toxicological Program) et bien entendu par rapport aux valeurs limites réglementaires, lorsqu'elles existent, que les professionnels mettent en oeuvre les mesures de prévention et de surveillance pour **empêcher ou minimiser** la présence de substances non souhaitées, non voulues, non désirées dans l'aliment et ayant un effet potentiellement indésirable pour la santé.

Plus généralement l'ensemble des acteurs impliqués dans la mise sur le marché et le commerce de détail des denrées alimentaires sont tenus d'en garantir l'hygiène et à ce titre soumis aux obligations du règlement 852/2004 de mise en place du système basé sur les procédures issues de la démarche HACCP pour **définir, mettre en place et maintenir** les mesures de maîtrise et de surveillance des dangers pour la prévention des risques (art 5)

### **Nitrosamines**

#### *Conditions de formation*

Des nitrosamines chimiquement stables sont formées à la suite de plusieurs réactions dans un environnement faiblement acide en présence d'amines secondaires (R<sub>2</sub>NH) et de nitrite.



Avec décarboxylation microbienne ou du fait du chauffage certains acides aminés constituent des sources d'amines secondaires : NR<sub>2</sub>-COOH → HNR<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub>

Selon HONIKEL, 1999, dans la viande fraîche il n'y a ni nitrite ni amines en quantité suffisante pour la production de nitrosamines. Avec les amines primaires issues de la plupart des acides aminés, on assiste à la production de nitrosamines instables dont les métabolites terminaux sont un alcool et de l'azote (RNH-NO → ROH + N<sub>2</sub>).

Seuls le tryptophane, la proline, l'hydroxyproline, l'histidine et l'arginine et quelques autres rares acides aminés libèrent des amines secondaires par décarboxylation.

La problématique des nitrosamines n'est pas spécifiquement une problématique de la viande et des produits à base de viande. A titre d'exemple WEIGERT et al, 1986, donnent des valeurs de nitrate et nitrite pour plusieurs denrées alimentaires.

aliment	Nitrate mg/kg médiane	Nitrate mg/kg variation	Nitrite mg/kg médiane	Nitrite mg/kg variation
Lait-produits laitiers	12	0.5-166	0.2	0.2-1.3
Viande	4.75	1-495	0.2	0.1-16.5
Produits à base de viande	29	0.1-1384	3	0.1-48.7
Céréales et produits de panification	10	0.3-194	0.4	0.3-1.0
légumes	29.3	0.05-6798	0.04	0.04-15.6
eau	10.6	0-46.8	<1.0	

Le nitrate peut être présent en quantités élevées dans les produits végétaux. Le nitrate peut être ajouté aux produits à base de viande et laitiers. Dans la viande crue maturée ou cuite il n'y a pas de nitrite. Dans les produits de salaison le nitrite résiduel provient soit du sel nitrité soit de la conversion du nitrate en nitrite. Dans les produits cuits de type saucisses et pâtés, le pH est élevé généralement supérieur à 5,9, ce qui ne permet pas la formation de nitrosamines en quantité détectable. Par contre dans les produits crus fermentés à pH < 5,5 des nitrosamines peuvent être formées du fait notamment de la présence possible d'amines biogènes comme conséquence de l'activité décarboxylasique de certaines flores microbiennes sauvages indésirables (*Enterococcus* spp, certaines souches de *Carnobacterium*, certaines souches de *Lb.curvatus*). Lors du chauffage de ce type de produit à la poêle ou par friture ou par rôtissage, des nitrosamines peuvent se former à des températures supérieures à 130°C.

*Les nitrosamines ne constituent donc pas un risque pour les produits ne prédisposant pas à la décarboxylation et chauffés à des températures inférieures à 130°C.*

La quantité de nitrosamines exogènes (ingérées par la voie alimentaire) est de l'ordre de 1 µmole/jour. C'est une quantité faible comparativement à la production endogène au niveau stomacal ou intestinal qui peut atteindre, chez des sujets pathologiques, jusqu'à 100 µmole/jour (SHEPHARD, 1995, cité par HONIKEL).

En terme de bilan, le nitrite ingéré provient en faible quantité des produits à base de viande, le nitrate des denrées végétales en quantité beaucoup plus élevée. Le nitrite des produits à base de viande contribue pour une part modérée au problème des nitrosamines.

En terme d'exposition, l'IARC, juin 2006, ([www.iarc.fr](http://www.iarc.fr)- recent meetings) reconnaît que la contribution dans la ration des viandes saumurées à l'ingestion de nitrite « a baissé depuis 30 ans de 40 à 20% » et que l'exposition des consommateurs au nitrite exogène est aujourd'hui de l'ordre de « 0.75 à 2.2 mg/jour/adulte », mais que « chez les gros consommateurs de produits à base de viande nitrités, la contribution à l'apport journalier peut atteindre 90% ». Selon le résumé déjà téléchargeable de la monographie IARC du Vol 94 à paraître courant été 2007, le nitrite et le nitrate ont un statut de « *cancérogène probable (2A) uniquement dans les conditions d'une nitrosation endogène* »

#### *Risques associés au nitrite/nitrate.*

Le problème des nitrosamines dépasse aujourd'hui largement la question des nitrosamines exogènes de la ration alimentaire qui sont aujourd'hui gérées par les mesures technologiques de prévention tant au niveau de la formulation que du processus de transformation. On touche là la question de fond des processus endogènes qui impliquent à la fois le statut des substances nitrosables aux différentes étapes du transit digestif, depuis l'œsophage jusqu'au rectum en fonction des conditions de ce transit en termes de délai, de conditions de pH et pour différents scénarios de susceptibilité individuelle des sujets vis-à-vis de l'activité de leurs cytochromes P 450, mais aussi et surtout des conditions de la synthèse endogène d'oxyde d'azote via le mécanisme de l'oxyde d'azote synthase à partir de la désamination de l'arginine. C'est un événement majeur physiologique découvert au début des années 1990 qui intervient chez l'humain sujet à l'hypertension artérielle pour corriger grâce à l'effet vasodilatateur de l'oxyde d'azote à l'oxygénation suffisante des voies cérébrales supérieures mais aussi à la lutte contre les foyers microbiens infectieux et aujourd'hui une indication est établie avec la colonisation et la dégradation de la muqueuse stomacale par *Helicobacter pylori*. C'est la raison pour laquelle on peut observer une excrétion urinaire élevée de nitrosamines qui est le reflet de situations pathologiques chez les patients, avec une contribution marginale de l'exposition aux nitrosamines exogènes de la ration alimentaire. L'importance du mécanisme de la synthèse de l'oxyde d'azote endogène relativise la contribution du nitrite exogène et apporte l'éclairage nécessaire pour décoder la conclusion proposée par l'IARC. L'évaluation du statut carcinogène potentiel de centaines voire de milliers de substances nitrosables et potentiellement nitrosées est donc actuellement posé et ne peut être évalué pratiquement qu'au travers des données indirectes issues de l'épidémiologie. La contribution du secteur agroalimentaire vise prioritairement à réduire au maximum les quantités résiduelles de nitrate et nitrite utilisées à des fins technologiques principalement dédiées à l'obtention de qualités sensorielles recherchées, la couleur et l'arôme caractéristique des produits de salaison ainsi que les fonctions de sécurité microbiologiques vis-à-vis de germes pathogènes majeurs tels que *Clostridium botulinum*.

#### *Mesures de prévention*

Chez le professionnel. La prise en compte de la problématique des nitrosamines a amené de nombreuses recherches et plusieurs solutions pour réduire le taux de formation des N-nitrosamines exogènes ont été mises en place. Il s'agit de réduire la présence des composés à l'origine de la formation des N-nitrosamines, à savoir : le nitrite résiduel et les amines secondaires et d'éviter des conditions de milieu trop favorables à cette formation.

#### *-Délai d'utilisation des matières premières carnées après abattage*

Les concentrations en diamines (cadavérine, putrescine) dans la viande de porc augmentaient d'un facteur 100 après 48h de conservation à 20°C. (MASSON, 1998). Cependant, la viande, dans des conditions normales de découpage, parage, désossage (viande conservée à 4°C, consommée 8 jours après l'abattage en aérobiose ou 12 jours après l'abattage en anaérobiose) ne constitue pas un réservoir significatif d'amines biogènes. Par contre, la fabrication de produits fermentés (étuvage pendant 48h à des températures comprises entre 15 et 25°C) peut favoriser la production d'amines biogènes dans des viandes fortement contaminées par des souches exprimant une forte activité décarboxylasique.

### *-Réduction du niveau d'incorporation des nitrites*

Dès novembre 1978, le CTSCCV et les professionnels de la charcuterie s'intéressent à la réduction de l'emploi du nitrite et du nitrate. En effet, le Code des Usages de la Charcuterie (1978) définit pour la première fois des doses maximales d'emploi de nitrite et/ou de salpêtre pour chacune des familles technologiques identifiées. Ces nouvelles règles techniques constituent un progrès majeur par rapport à la situation antérieure selon laquelle le salpêtre pouvait représenter jusqu'à 10% du poids de sel et être utilisé de surcroît conjointement et sans restriction en présence de sel nitrifié. Il faut rappeler aussi que la France s'est convertie tardivement à l'emploi du sel nitrifié dosé à 0.6% et que son statut réglementaire remonte, en France, à 1964 seulement. Cette situation est à rapprocher de la situation allemande qui avait reconnu précocement les bénéfices majeurs du nitrite et l'avait autorisé dès 1934. Le nitrite est un additif **incontournable** des produits à base de viande traités en salaison étant donné ses fonctions technologiques primordiales. Il n'existe pas d'alternative satisfaisante disponible : les alternatives proposées sont souvent partielles (effet antimicrobien de certaines molécules, obtention de la couleur par fumage, ajout de NO en cutter sous vide pour obtenir la couleur et le goût) et restent peu applicables à la production industrielle (THIEMIG et al. 2000). Si ces solutions alternatives ont, à ce jour, de grandes difficultés à s'implanter, il faut sans doute en rechercher la cause dans les explications qui suivent :

-absence de référencement des molécules évoquées dans les listes communautaires additifs ou coût élevé des dossiers novel foods,

-absence ou déficit d'un véritable avantage en terme de coût-bénéfice, susceptible de faire évoluer significativement les pratiques professionnelles :

i) réticence à la prise en charge des coûts de la communication pour faciliter la mise en marché,

ii) relativisation de la contribution réelle au bénéfice santé depuis que l'emploi du sel nitrifié est raisonné et sécurisé par la maîtrise de la dose d'emploi, de la formulation et de la conduite du procédé,

iii) et surtout praticité et modicité du prix du sel nitrifié par rapport à toutes les solutions alternatives.

La **réduction du niveau d'incorporation du nitrite de sodium** dans les produits reste la solution la plus fréquemment utilisée, la plus simple à mettre en œuvre pour les professionnels et la plus efficace car elle garantit d'emblée les teneurs les plus faibles en nitrites résiduels. On peut noter qu'il n'y a pas de relation simple entre le niveau de nitrite ajouté et le niveau de nitrite résiduel car ce niveau est fonction du temps (diminution avec le temps), du pH (disparition plus rapide quand pH bas) et de la température (disparition plus rapide quand température élevée) (OLSMAN, 1973)

Bien que les doses d'emploi réglementaires des nitrates et des nitrites au niveau de l'Union Européenne soient actuellement plus libérales que celles de l'ancienne réglementation française, on remarque que la plupart des professionnels ont conservé leurs anciennes pratiques. En effet, les valeurs réellement trouvées dans les produits sont très inférieures aux doses autorisées au niveau européen (CTSCCV, 1993).

Teneur moyenne (mg/kg)	Nitrites résiduels	Nitrates résiduels
Produits crus, séchés	14 mg/kg	75 mg/kg
Produits cuits	16 mg/kg	91 mg/kg

Le **sel nitrifié** (en France, le prémélange à 0.6% de nitrite fait toujours référence malgré la déréglementation de ce pourcentage autrefois contraignant<sup>1</sup>) constitue actuellement le vecteur le plus sûr pour apporter, grâce à un prémélange de composition connue, les quantités de nitrite nécessaires. Ce moyen est le plus simple pour assurer d'emblée l'ensemble des fonctions technologiques souhaitées avec des apports d'importance variable selon que l'on recherche seulement la fonction couleur ou les fonctions couleur et arôme ou encore au-delà de 80 à 100mg/kg (dose d'emploi) la fonction antimicrobienne.

### *- Rôle des épices*

Les réglementations nationales ont prudemment prévu que le nitrite ne puisse être utilisé que sous forme d'un prémélange avec le sel (NaCl), puis ultérieurement avec d'autres sels, tels que le chlorure de potassium ou les phosphates dans le cas des denrées destinées à une alimentation particulière. L'exigence d'un prémélange avec d'autres sels à l'exclusion d'autres types de prémélanges par exemple avec des sucres, des épices est toujours en vigueur selon la réglementation européenne, par souci d'éviter toute réaction de nitrosation indésirable notamment pendant la durée de vie des prémélanges en attente d'utilisation. Les mêmes craintes sont souvent exprimées dans le cas de prémélange de sucres, salpêtre=nitrate de potassium et épices. L'hypothèse comme quoi la présence de nitrosopiperidine serait liée à la présence de poivre dans les aliments est fréquemment rencontrée dans la littérature (KLEIN, 1976).

Une étude de la fin des années 80 effectuée en Allemagne (TRICKER et al, 1991) a montré que la NPIP était détectée à de très fortes concentrations (23µg/kg) dans le poivre moulu.

Les fournisseurs de mélanges technologiques (en France le SELCO) sont attentifs à cette problématique. Le risque de formation indésirable de nitrosamines dans les sachets cutter contenant des précurseurs potentiels doit donc être évoqué au stade du référencement des spécialités commerciales.

<sup>1</sup> Actuellement, la réglementation européenne permet l'emploi d'un prémélange de sel nitrifié ayant une teneur en nitrite comprise entre 0 et 1%.

*-Additions d'agents pour prévenir la nitrosation*

Il existe différents « désactivateurs » du nitrite qui aident à prévenir la N-nitrosation : l'**acide ascorbique (vitamine C)**, l'**ascorbate de sodium** et l'**érythorbate** (isomère de l'ascorbate) sont les composés actuellement les plus utilisés (voir schéma de Frouin).

L'acide ascorbique et l'ascorbate réduisent l'acide nitreux en oxyde d'azote et limitent ainsi la ressource en acide nitreux libre disponible susceptible de réagir avec les amines<sup>2</sup>. Cependant, la réactivité de ces deux composés reste limitée notamment à cause de leur manque de solubilité dans les tissus adipeux.

L'utilisation de dérivés à la fois hydrophiles et lipophiles de l'acide ascorbique tels que le **L-ascorbyl palmitate (AP)** et le **propyl gallate** est plus efficace à moindre taux d'addition. (PEGG et al, 2000). On peut noter que l'utilisation de ces dérivés, bien qu'autorisée dans la directive 95/2/CE, n'est pas prévue par le code des usages de la charcuterie. Cependant, elle pourrait être envisagée après vérification de l'intérêt de ces composés.

*Milieu*

*- Maîtrise du pH*

C'est à pH = 3,5 que la réaction de nitrosation entre une amine secondaire et l'acide nitreux se déroule la plus favorablement en milieu modèle. Or le pH des produits à base de viande se situe usuellement entre 5.5 et 6.5., ce qui relativise la réalité du processus de nitrosation

Par ailleurs, une baisse du pH permet de réduire plus rapidement la quantité de nitrite libre dans les produits carnés, ce qui là aussi relativise le processus de nitrosation en le privant de son précurseur à la puissance 2, ce qui veut dire qu'une réduction de moitié par deux de la concentration de nitrite non dissocié réduit de quatre fois la quantité de nitrosamines, et de 16 fois pour une réduction au quart.

*- Maîtrise de la température*

Comme nous l'avons déjà évoqué auparavant, il est souhaitable d'éviter le stockage prolongé des produits à température ambiante (entre 18 et 30°C).

Une température de cuisson des produits carnés traités en salaison supérieure à 150°C est favorable à la formation de nitrosamines.

Globalement, tous ces risques sont très bien maîtrisés chez les professionnels et en réalité, le « danger nitrosamines » peut surtout apparaître chez le consommateur pour les produits crus à cuire.

<b>Produits à base de viande traités en salaison</b>	<b>Maîtrise chez le fabricant</b>	<b>Maîtrise chez le consommateur</b>
Produits crus à consommer en l'état ou après réchauffage	+	
Produits crus à cuire :		
0) Produits de saucisserie fraîche traités en salaison (saucisses traditionnelles)	Mesures préventives chez le fabricant & Conseils de cuisson à donner au consommateur	+
1) Poitrine, lardons		+
Produits cuits	+	

*-chez le consommateur*

Le risque de formation des nitrosamines peut apparaître chez le consommateur au moment de la cuisson des produits à base de viande traités en salaison.

On peut formuler plusieurs recommandations à l'attention du consommateur afin de prévenir la formation de ces composés indésirables.

1) Préférer les modes de cuisson douce des produits nitrités à la vapeur ou par chauffage indirect à la friture ou à la cuisson à feu vif. Le barbecue pourrait être conservé à condition d'avoir une conduite de la cuisson sur braises et sans flammes.

2) Limiter au maximum le temps de séjour des produits nitrités sur le barbecue.

<sup>2</sup> Acide ascorbique + 2 HNO<sub>2</sub> → Acide déhydro-ascorbique + 2 NO + 2 H<sub>2</sub>O (Sander, 1973)

On peut noter que l'ascorbate réagit 240 fois plus vite que l'acide ascorbique.

- 3) Eviter de travailler sur un barbecue où les produits pourront être au contact de la flamme. Cela implique d'avoir une bonne maîtrise de la fonte des graisses des produits à griller et donc d'acheter des produits de bonne qualité (qui tiennent leur graisse) et plutôt maigres.
- 4) Utiliser une pré-cuisson à l'eau ou à la vapeur qui permet de coaguler les protéines pour ensuite limiter le temps de chauffage en chaleur sèche à haute température à la poêle ou au barbecue.
- 5) Décongeler les produits congelés avant cuisson. Cela permet d'éviter un temps trop élevé de chauffage fort.
- 6) Eviter le développement de la flore bactérienne par une hygiène sans faille et des températures de stockage suffisamment basses.
- 7) Griller uniquement les produits pour lesquels la cuisson au barbecue ou à la poêle est explicitement prévue (cela signifie que le professionnel aura limité le risque en amont).

## **Carbures polycycliques aromatiques ( CPA)**

### *Identité*

Il s'agit d'un groupe de composés organiques qui contiennent deux ou plusieurs noyaux carbonés aromatiques. Ils sont formés essentiellement lors du processus de pyrolyse notamment lors de la combustion incomplète de matériaux organiques et de ce fait lors de la production de la fumée de fumage à partir d'objets ligneux : bois de feuillus, bois de résineux, pommes de pin, genévrier,..... Mais ils peuvent être présents chaque fois qu'il y a chauffage de denrées alimentaires exposées aux produits de la combustion directe de matières organiques en particulier en présence de flamme vive.

Dans le cas des viandes et produits à base de viande peuvent être particulièrement concernés les produits fumés, mais aussi les produits rissolés, grillés, frits à très haute température chaque fois que le foyer s'enflamme directement ou du fait de l'inflammation de la graisse exsudée ou encore que les produits sont exposés à de très haute température de surface, comme c'est le cas dans les barbecues américains en enceinte fermée chauffés avec des bûches de bois pyrolysées à très haute température.

### *Risques associés à l'exposition*

On dénombre au sein de ce groupe environ 250 substances dont 16 sont considérées comme dommageables pour la santé par l'Agence Américaine de protection de l'environnement, 15 par le SCF, Comité Scientifique de l'alimentation humaine de l'Union Européenne et 11 par l'AFSSA. La notion de « facteur d'équivalence toxique » ou TEF a été récemment introduite par le RIVM néerlandais (TRAAG et al., 2001) pour exprimer la concentration en hydrocarbures polycycliques pondérée de leur coefficient de toxicité, de manière à avoir une expression de la dangerosité totale. Parmi les 16 hydrocarbures retenus dans la nomenclature US-EPA, l'Agence Internationale pour la recherche sur le cancer a catégorisé six substances qui expriment en essai chez l'animal un effet cancérigène : le benzo[a]anthracène, le benzo[a]pyrène et le dibenzo[a,h]anthracène en substance cancérigène probable (notées **2A**) et le benzo[a]fluoranthène, le benzo[k]fluoranthène ainsi que le indeno[1,2,3-cd]pyrène en cancérigène possible (2B).

### *Réglementation*

Depuis le milieu des années 1970, la France prenait comme référence la recommandation du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) avec une teneur plafond en 3,4 benzo-pyrène = benzo[a]pyrène à 1 µg/kg. Dans son avis du 29 juillet 2003 l'AFSSA a abaissé ce seuil à 0,5 µg/kg pour le benzo[a]pyrène et établit une nouvelle recommandation à 1 µg TEF/kg pour les produits fumés à froid. Le Comité scientifique de l'alimentation humaine de l'Union européenne (SFC) dans son rapport du 4 décembre 2002 n'a pas établi de seuil et introduit le nouveau concept du niveau ALARA (as low as possible = aussi faible que possible).

L'Union européenne (Directive 88/388/CE) maintient pour les arômes de fumée l'exigence que l'apport aux denrées alimentaires de benzo[a]pyrène via la « fumée liquide » ne soit pas supérieur à 0.03 µg/kg dans le produit fini.

Le règlement (CE) N° 208/2005 du 4 février 2005 vient de publier pour les viandes et produits de viande fumés une valeur plafond de 5 µg/kg de 3,4 benzopyrène = benzo[a]pyrène.

Le CTSCCV estime que cette limite est inutilement libérale et recommande dans le cadre du système HACCP de rester sur une valeur cible de < 1 µg/kg et une limite critique < 2 µg/kg

Le règlement (CE) N° 2065/2003 du 10 novembre 2003 qui prévoit l'autorisation préalablement à leur utilisation au plus tard le 16 juin 2005 des arômes de fumée a défini les spécifications qui sont données dans l'annexe IV. Pour la première fois il introduit la satisfaction de deux critères de conformité avec une teneur plafonnée à la fois pour le benzo[a]pyrène et pour le dibenzo[a,h]anthracène

Enfin la recommandation de la Commission du 4 février 2005 missionne les Etats-membres pour documenter la teneur en benzo[a]pyrène et les principaux hydrocarbures cancérigènes probables et possibles et anticiper sur une éventuelle réglementation à venir qui remplacerait l'actuelle teneur plafond en benzo[a]pyrène par un plafond exprimé en toxicité équivalente (TEF) d'hydrocarbures aromatiques polycycliques.

### *Conditions de formation*

Pour la maîtrise et l'optimisation du paramétrage de la production et du transfert de la fumée vers les produits on peut s'appuyer sur la très abondante littérature existant sur le sujet publiée majoritairement par TOTH et BLAAS dans les années 1971-1972 puis par POTTHAST de 1975 à 1980 ou encore par MÜLLER au début des années 1980. (sources

CTSCCV). Ces données jaugées à l'heure d'une production scientifique devenue galopante pourraient paraître anciennes mais restent inégalées pour générer des recommandations d'une actualité toujours pertinente qui ont été mises à profit depuis quelques décennies par les professionnels à titre préventif.

#### *Mesures préventives.*

##### *-vers les professionnels*

L'optimisation de la production de la fumée consiste principalement à ajuster la température de combustion incomplète du bois à 600-650°. Cette plage de température constitue un optimum qui donne le meilleur ratio de production en composés d'arômes technologiquement recherchés (acides, aldéhydes, phénols) désirables et la production d'hydrocarbures aromatiques polycycliques indésirables. Elle donne par ailleurs des fumées infiniment plus denses en grammes de carbone/m<sup>3</sup> d'air que des températures plus basses de l'ordre de 380-400°C qui étaient parfois préconisées il y a une vingtaine d'années mais qui ne le sont plus aujourd'hui. La fumée de fumage est composée de plusieurs milliers de composés, certains très légers comme les phénols et les aldéhydes avec des poids moléculaires de l'ordre de 100 dalton contre de 250 à 350 pour les carbures polycycliques beaucoup plus lourds. De ce fait ils ont tendance à sédimenter plus facilement dans les coudes, sur les parois plus froides. Ainsi la fumée qui arrive sur le produit est déjà partiellement épurée de ces composés les plus lourds indésirables.

Pour avoir les données d'analyse les plus pertinentes et identifier les scénarios les plus critiques, le CTSCCV recommande de réaliser les prélèvements :

- En fin de cycle de fumage
- sur les produits en bas de chariot pour mesurer l'impact d'éventuelles coulures
- sur les produits les plus secs puisque le transfert de fumée est d'autant plus important que la fumée la plus humide possible arrive sur le produit le plus sec possible
- à un moment dans la semaine où les parois de l'installation atteignent la température la plus élevée, ou encore, pour les mêmes raisons, pendant la période chaude de l'année.

On peut formuler plusieurs recommandations à l'attention du consommateur afin de prévenir la formation de ces composés indésirables.

##### *- conseils aux consommateurs*

- 1) Dans le cas de cuisson sèche à température élevée, éliminer de la consommation les parties charbonneuses et présentant une amertume excessive. Ne pas consommer l'exsudat de cuisson de la poêle ou de la lèchefrite.
- 2) Décourager la consommation de viandes ou de produits à base de viande provenant de la cuisson sèche libérant une fumée excessive et un rejet de jus de cuisson excessif.
- 3) Pour limiter le temps de cuisson, décongeler la viande au réfrigérateur de quelques dizaines de minutes s'il s'agit de produits de faible épaisseur à 24 heures à l'avance s'il s'agit d'une grosse pièce. S'il s'agit de pièces à griller de type entrecôte de 2 à 3 cm ou de pavés de 4-5cm d'épaisseur, un tempéragé de 2 à 4 heures à la température de la pièce sans effet notable sur le statut microbiologique permettra d'avoir la température à cœur recherchée en évitant de prolonger inutilement le temps de chauffage et ses effets négatifs sur la qualité nutritionnelle de la surface.
- 4) Limiter au maximum la température de cuisson et le temps de séjour au strict minimum nécessaire à la formation des notes aromatiques de grillé et à la prise de coloration de surface
  - i) assurant dans le cas des pièces musculaires à l'état natif (absence d'attendrissage) la température à cœur associée aux caractéristiques sensorielles recherchées et
  - ii) assurant de surcroît dans le cas des produits attendris ou hachés un traitement thermique assainissant.
- 5) Pratiquer chaque fois que cela est possible la remontée en température à cœur du produit (micro-ondes ou pochage à l'eau ou à la vapeur) avant de démarrer la cuisson proprement dite pour limiter le temps de chauffage en chaleur sèche à haute température à la poêle ou au barbecue ou en friture profonde.
- 6) Conduire la cuisson en ayant le souci de la réduction des hydrocarbures aromatiques polycycliques indésirables. Au lieu de réaliser à la poêle un unique retournement après 5 minutes pour cuire la deuxième face d'une viande hachée ou d'un hamburger, les retourner toutes les minutes.
- 7) mobiliser toutes les ressources technologiques du marché facilitant la conduite des cuissons : four préchauffés thermostatés, barbecue électrique avec récupération des exsudats dans une lèchefrite remplie d'eau pour empêcher leur combustion à flamme vive, cuisson à la broche en mode vertical, avec récupération des exsudats en zone froide sans risque de combustion (döner kebab=la «viande qui tourne»)

#### **Les amines hétérocycliques aromatiques :**

S'agissant d'une famille de composés moins bien connus, l'exposé développe davantage les conditions de leur formation

##### *Identité et mécanismes de formation*

Il s'agit de constituants issus des composants naturels des produits à base de viande qui qualitativement et quantitativement dépendent des conditions temps- température de la cuisson (KNIZE et al.,1985 SKOG et al.,1995). Des chauffages prolongés à température élevée favorisent la formation d'amines hétérocycliques aromatiques (HAAs). Les précurseurs de ces molécules sont des acides aminés tels que phénylalanine, thréonine et alanine, de la créatine et

créatinine, des sucres ainsi que les produits de la réaction de Maillard tels que les pyrazines, les pyridines et les aldéhydes (SKOG et al., 1993).

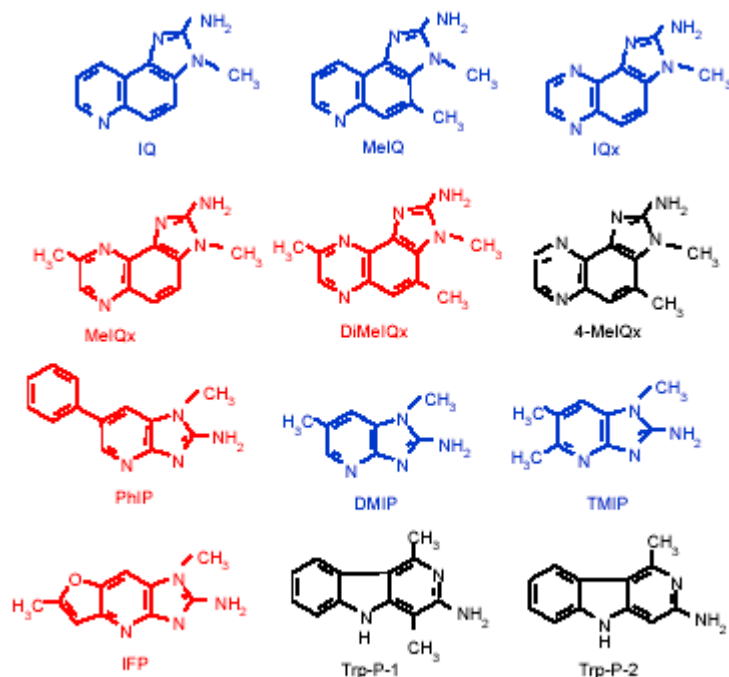
Les amines hétérocycliques se forment lors du chauffage à haute température dans la partie périphérique des viandes lors de cuisson au grill, en friture, au barbecue à haute température. La cuisson à basse température en conditions humides à l'étuvée ne génère pas d'amines hétérocycliques.

Parmi la quinzaine d'amines hétérocycliques caractérisées (FELTON et al., 2003), trois sont plus couramment rencontrées dans le cas de chauffages intensifs de la viande :

- la MeIQx = 2-amino-3,8-diméthylimidazo(4,5-f) quinoxaline
- la DiMeIQx = 2-amino-3,4,8-triméthylimidazo (4,5-f) quinoxaline
- la PhIP = 2-amino-1-méthyl-6-phénylimidazo (4,5-b) pyridine.

La PhIP est le produit de la réaction d'un acide aminé la phénylalanine et de la créatinine. La créatinine est une substance azotée non protéique caractéristique du muscle. Avec la créatine elle sert de marqueur de la qualité des jus de viande et extraits de viande

Quatre autres amines hétérocycliques :IQ,MeIQ,Iqx, DMIP, TMIP sont occasionnellement rencontrées dans les conditions de la préparation culinaire domestique de la viande à haute température



### Risques associés à l'exposition

L'exposition aux amines hétérocycliques aromatiques est reliée à l'ingestion de denrées animales ayant subi un traitement de chauffage à température élevée pour développer des arômes de grillé, de rôti, de rissolé et donc de cuisson sèche.

S'agissant de molécules non volatiles à température ambiante il n'y a pas d'exposition par la voie aérienne sauf à inhaler un air riche en aérosol de particules de HAAs.

Contrairement aux nitrosamines, il n'y a pas de production endogène connue chez l'humain

Contrairement aux hydrocarbures aromatiques polycycliques, l'exposition de la population française aux amines hétérocycliques aromatiques n'est pas documentée actuellement

Plusieurs amines hétérocycliques aromatiques se sont révélées cancérigènes dans les études animales de longue durée chez les rongeurs et les primates (ADAMSON et al., 1990). L'Agence Internationale de recherche sur le Cancer (IARC, Lyon) a classé plusieurs de ces amines hétérocycliques comme des cancérigènes possibles et a recommandé la réduction de l'exposition à ces substances (IARC, 1993)

Les agents mutagènes de la viande grillée ont d'abord été mis en évidence dès les années 1970 avec un test microbiologique qui a permis de quantifier le nombre de mutations dans le genre *Salmonella* (test de Ames) (SUGIMURA et al., 1977, Origin of Human Cancer, Cold spring harbor, New York, pp. 1561-1577) en fonction des conditions temps-température de chauffage.

Le régime alimentaire a été associé à une prévalence variable du cancer chez les humains depuis de nombreuses années sans que les causes de cette variabilité aient été expliquées rationnellement (WYNDER et al, 1977). Dans la



relation régime alimentaire et cancer , il est admis que les mutations sont à l'origine du processus de cancérisation ( VOGELSTEIN, 1992). Les aliments chauffés constituent une source de substances cancérigènes génotoxiques qui sont des candidats probables de ce processus.

Les amines hétérocycliques aromatiques constituent les substances mutagènes parmi les plus puissantes mises en évidence par le test microbiologique dit test de Ames sur *Salmonella*.( WAKABAYASHI et al., 1992). Elles provoquent des tumeurs chez les rongeurs sur plusieurs organes cibles ( EL-BAYOUMY et al. ,1995 ;OHGAKI et al.,1991) la plupart étant des cibles classiques de cancérogenèse chez l'humain sur la base du régime alimentaire occidental.

De nombreuses études cas- témoin chez l'humain et des études prospectives complètent les études de cancérisation chez les rongeurs et suggèrent une relation entre la consommation de bœuf, poulet et agneau anormalement chauffé et l'apparition chez l'homme de cancers du colon, du sein, de la prostate et de l'estomac ( SINHA et al.,1999, WARD et al.,1997, ZHENG et al., 1998).

COLVIN, HATCH et FELTON, 1998, ont étudié les étapes de la chaîne réactionnelle qui conduit au processus de cancérisation . Elle commence avec la formation des amines hétérocycliques lors de la cuisson à haute température . Après ingestion , les amines sont métabolisées par voie enzymatique. Les métabolites adduits aux nucléotides de l'ADN entraînent des mutations des bases nucléotidiques qui sont à l'origine du cancer.

#### Réglementation concernant les amines hétérocycliques aromatiques

Il n'existe pas actuellement, en 2006, en France ou en Europe de mesures réglementaires qui portent directement sur les amines hétérocycliques aromatiques.

#### Conditions de formation des amines hétérocycliques aromatiques

Dans les conditions actuelles, les produits cuits à base de viande français de la charcuterie sont pour la plupart chauffés en conditions humides à basse température. Certains produits par contre ont vocation à être consommés après avoir été chauffés à haute température pour développer des notes aromatiques recherchées. Différents modes de transferts de chaleur peuvent être utilisés.

Les produits peuvent être rôtis (*rayonnement+ convection*), snackés ( plaque à snacker) poêlés ou grillés (avec un gril simple ou double face) (*conduction*), frits en friture profonde (*convection*) ou grillés au gril électrique ou au barbecue (BBQ) (*rayonnement*) : c'est le cas des produits de saucisserie fraîche, des poitrines , des lardons . On observe par ailleurs depuis le milieu des années 1990 un fort développement de produits marqués en surface, pré-rissolés puis précuits notamment pour la fourniture à la restauration hors foyer RHF par passage en tunnel de braisage infrarouge à radiants électrique ou gaz. Ces produits ou les produits de rôtissage sont de bons candidats pour la surveillance de la formation des amines hétérocycliques aromatiques.

#### 1) effet temps-température

L'impact des conditions de chauffage et notamment du couple temps-température sur la production d'amines hétérocycliques aromatiques est *déterminant* et bien documenté . HWANG et al., (2002) ont pu établir sur des émulsions de viande à respectivement 6 et 19% de lipides placées en tube fermé dans des bains d'huile à différentes températures les cinétiques de formation des amines hétérocycliques .

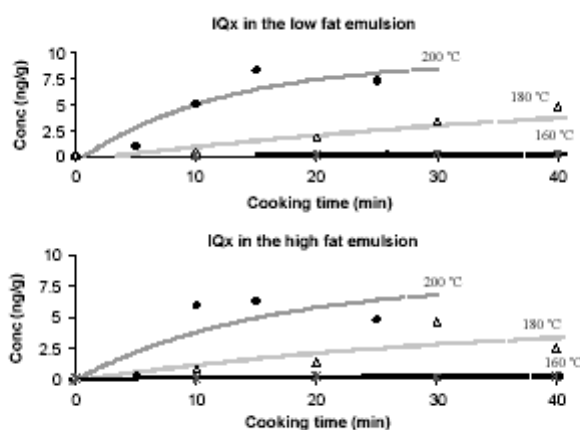


Fig. 2 The formation of IQx in the low and high fat emulsion. The effect of cooking temperature and time on the formation of IQx

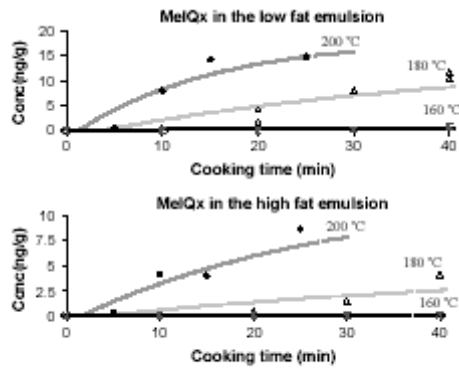


Fig. 3 The formation of MeIQx in the low and high fat emulsion. The effect of cooking temperature and time on the formation of MeIQx

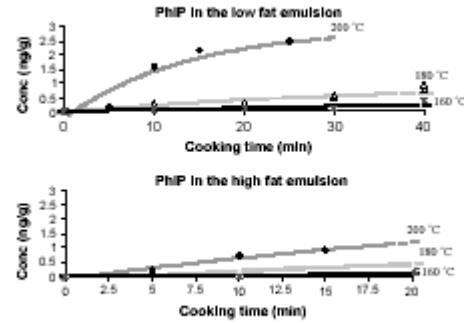


Fig. 4 The formation of PhIP in the low and high fat emulsion. The effect of cooking temperature and time on the formation of PhIP

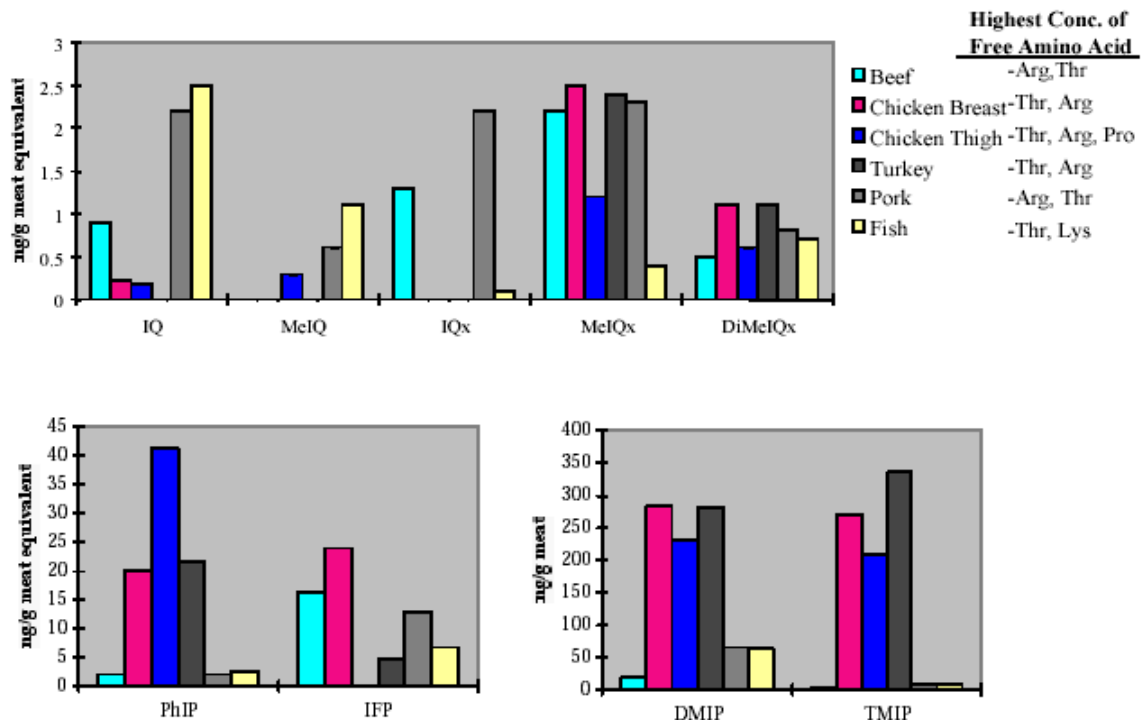
Paradoxalement pour la PhIP, la formation est moins importante dans la recette plus riche en lipides (19%). L'hypothèse avancée est une moindre disponibilité réactionnelle de la créatinine et de la phénylalanine dans une matrice plus

## 2) impact des matières premières.

### - effet de l'espèce animale

FELTON et al, 2003 ont montré que les muscles blancs et rouges de différentes espèces animales chauffés dans des conditions identiques en tubes fermés affichent une grande disparité de réponses tant qualitatives sur la nature des espèces chimiques formées que quantitatives sur les concentrations respectives observées. Ces différences pourraient être rapprochées de l'aminogramme des acides aminés libres de ces viandes, du fait notamment des différences de cinétiques de maturation enzymatique selon les espèces.

### HAs in model (test tube) systems representing six meat compositions



( d'après FELTON, 2003)

### - effet de la maturation enzymatique

POLAK et al., (2003) ont observé sur le muscle Long dorsal du bœuf le doublement de la concentration en acides aminés libres après 4 semaines de maturation sous vide (19.7  $\mu\text{mol/g}$  à J1 vs 29.9  $\mu\text{mol/g}$  à 2 semaines vs 38.4  $\mu\text{mol/g}$  à 4 semaines). Les entrecôtes de 2,5cm d'épaisseur chauffées sur des plaques téflonnées à 220°C présentait des concentrations de MeIQx de respectivement 0.163 ; 0.167 ; 0.210 ng/g et de PhIP de respectivement 0.046 ; 0.119 et 0.213 ng/g, ce qui montre bien la relation entre la maturation enzymatique des aminopeptidases de la viande et l'augmentation des amines hétérocycliques.

- effet du génotype

OLSSON et al., (2004), ont réalisé une enquête avec photographies couleur de côtelettes de porc telles que préparées dans les conditions de la cuisson domestique de la population suédoise ( n=151) et montré que la viande de rn+/rn+ chauffée à 200°C (température initiale de la poêle) contenait 20 fois plus de HAAs qu'à 160°C, soit 4.13 ng/g contre 0.18 ng/g.

Ces écarts de HAAs sont à mettre en relation avec la conduite de la cuisson qui se fait au jugé avec une appréciation optimale des consommateurs pour une coloration dorée, plus faible pour les produits bruns ou blancs. *Les viandes de porc hétérozygotes plus riches en glycogène colorent plus rapidement que celle des homozygotes rn+/rn+ d'où un temps de cuisson plus court et donc, comme conséquence favorable, une moindre concentration de HAAs.*

Comme la plupart des consommateurs exprime une préférence pour les homozygotes, il en ressort, sur la base de l'estimation mensuelle de la consommation de côtelettes de porc une exposition par la voie alimentaire de 359 +/-402 ng contre 35 +/-60ng chez les consommateurs préfèreurs des hétérozygotes. Pour l'ensemble du panel, l'ingestion mensuelle de HAAs mutagènes provenant des côtelettes de porc était en moyenne de 256 ng avec une distribution entre 0 et 1982 ng.

3) effet du mode de chauffage et de la formulation

- formations de HAAs en système modèle.

Pour contourner la difficulté des matrices alimentaires vraies due à l'hétérogénéité de leurs caractéristiques de composition, de l'évolution des champs températures comme résultante de la complexité des échanges de masse et de chaleur dans la profondeur et à la surface des produits, les chercheurs ont étudié les conditions de formation des HAAs en systèmes modèles tels que le chauffage à sec des précurseurs ( ÖVERVIK et al.,1989), l'ébullition à reflux en solutions aqueuses ( JÄGERSTAD et al.,1984), le chauffage des solutions en tubes métalliques fermés (JACKSON et al.,1985; HWANG et al.,2002), ou encore le chauffage en récipients ouverts à l'autoclave de solutions de solutions ternaires en différentes proportions de créatinine, de glycine et de glucose à des températures comprises entre 105 et 135°C (SCHOCH et al., 1999). Les milieux modèles permettent d'observer au moindre coût l'effet des principales variables technologiques sur la formation des différentes espèces chimiques, par exemple la formation accélérée de IQx et MeIQx en fonction des conditions temps –température de chauffage beaucoup plus ralentie de la 7,8-DiMeIQx ou encore des optima de ratio de concentrations molaires glucose/ créatinine à respectivement 1.5 pour IQx, 0.8 pour MeIQx et 0.5 pour la 7.8-DiMeIQx. Mais *ces milieux modèles offrent fréquemment des conditions plus réactionnelles que les vrais produits ou sont étudiés avec des concentrations différentes de celles des vrais produits.* Pourquoi des essais à la concentration de 14 millimolaires de créatinine si la concentration du vrai produit est inférieure à 0.006% soit inférieure d'au moins trois fois à la précédente ?

- impact du matériel de chauffage et du mode de transfert de la chaleur.

GIBIS et al., (2000) compare quatre modes de chauffage ( four à convection, friture profonde,gril double face, gril simple face) qui permettent tous d'atteindre 75, 85 et 95°C à cœur. Les cuissons en friture profonde et au four à convection donnent les productions de HAAs les plus faibles suivies par la cuisson double face avec la moins bonne performance pour le gril simple face. L'explication est que *la cuisson au gril simple face ( ou à la poêle) permet la libération des jus à la face supérieure du hamburger ce qui facilite leur conversion en HAAs une fois le produit retourné pour assurer la cuisson de deuxième face.*

GIBIS et al., (2002) a comparé l'impact du matériau de deux grils double face préchauffés et réglés à 230°C, soit respectivement avec des plaques de fonte ou composite aluminium revêtu d'acier inoxydable, sur la formation de HAAs dans des hamburgers, soit respectivement 4 minutes et 2 minutes 10 secondes pour atteindre 75°C à cœur. *On observe pour le composite une réduction de près de 60% de MeIQx, 4,8-DiMeIQx et PhIP qui s'explique sans doute à la fois par un temps de chauffage plus court et une moindre disponibilité en surface des jus de cuisson du fait de la coagulation plus rapide des protéines.* Le comportement moins radiatif du matériau composite -et par conséquent plus réfléchif- *facilite le transfert de chaleur vers le hamburger, accélère du fait de la coagulation la fermeture des pores à la surface, empêche l'écoulement du jus, limite les pertes à la cuisson et réduit la quantité de HAAs formée.*

- impact de la formulation

SCHOCH et al.1988 ont montré le rôle des substances réductrices contenant des groupes sulfhydriles telles que le glutathion, la L-cystéine, ou la N-acétylcystéine comme inhibiteurs de la formation des HAAs en milieu modèle et l'ont confirmé sur des vrais produits

De très nombreux autres travaux ont exploré l'effet :

- de différents épices et aromates : ail, oignon, origan, poivre, thym et mélange d'épices ( curry) uniformément formulés à 0.2 ; 1,1 et 2% sur la formation de HAAs (GIBIS et al.1999). L'oignon formulé à 2% donne la meilleure réponse nutritionnelle attribuée à ses groupements sulfhydriles et confirme ainsi le bénéfice santé de cette recette qui est aussi en phase avec les usages culinaires avec une excellente acceptabilité à ce niveau de formulation.

- des préparations commerciales riches en carnosol/acide carnosolique avec une réduction de 64% de la PhIP pour la formulation la plus favorable-(GIBIS et al.,2004)

- d'enrobages sur base de carraghénanes ou de « marinades de surface » pour créer un effet de barrière (SCHOCH et al.,2001; GIBIS et al.,2001)

### *Mesures préventives par rapport au danger amines hétérocycliques aromatiques*

Les connaissances disponibles débouchent sur plusieurs recommandations pratiques pour l'optimisation des différentes méthodes de chauffage des viandes et produits à base de viande qui recherchent via la cuisson sèche des notes sensorielles de cuisson orientées vers le rôti, le grillé, le rissolé, le frit:

Pour le professionnel :

- définir pour chaque type de produit : **caractéristiques dimensionnelles et de structure** telles que résultant de la *formulation* ( % lipides,... nature du mix,) du *mode de fabrication* ( enrobage, marinage,.. hachage, fromage,...) et du *mode de préparation* notamment des températures et durées de chauffage. Plafonner le barème de chauffage au strict minimum nécessaire pour obtenir les caractères sensorielles recherchées notamment en surface et pour garantir à cœur un effet assainissant assurant à la fois la sécurité et les objectifs de durée de vie commerciale au plan microbiologique .
  - garantir le respect de ces consignes par l'instrumentation de la fonction contrôle commande et les enregistrements relatifs à la fois aux spécifications du produit et au process de chauffage.
  - Définir les dates limites d'utilisation des matières premières carnées ( éviter des maturations enzymatiques poussées pour limiter la formation des précurseurs ( acides aminés libres,...).
- Vérifier la composition des mélanges technologiques ( mix ) , notamment les teneurs en créatinine +créatine (provenant des extraits de viande) et acides aminés libres des hydrolysats de protéines. La créatine n'est pas directement impliquée, mais fonctionne comme réservoir et précurseur de la créatinine qui elle est réactionnelle.
- Mobiliser les ingrédients de la recette ayant un effet reconnu d' inhibiteur de la formation d'amines hétérocycliques aromatiques : certains antioxygènes à certaines doses, oignons,....
- Mobiliser les technologies qui limitent la migration en surface des jus de viandes via la formulation du produit et un mode de chauffage qui saisisse la viande, la géométrie du matériel de chauffage
- Fournir à l'utilisateur ( RHF ou consommateur final ou PAI pour industrie de deuxième transformation ) des recommandations pour la préparation et la cuisson

*Pour le consommateur :*

- 1) Encourager la consommation de produits précuits sous vide d'air,
- 2) Dans le cas de cuisson sèche à température élevée, éliminer de la consommation les parties charbonneuses et présentant une amertume excessive . Il est conseillé de ne pas consommer l'exsudat de cuisson de la poêle ou de la lèche-frite. Rien ne s'oppose par contre à la consommation du jus de viande présent à cœur de la pièce musculaire ou du produit à base de viande.
- 3)Pour limiter le temps de cuisson , décongeler la viande de quelques dizaine de minutes à 24 heures en fonction de la taille de la pièce et de la technique utilisée. S'il s'agit de pièces à griller de type entrecôte de 2 à 3 cm ou de pavés de 4-5cm d'épaisseur , un tempéragé de 2 à 4 heures à la température de la pièce sans effet notable sur le statut microbiologique permettra d'avoir la température à cœur recherchée en évitant de prolonger inutilement le temps de chauffage et ses effets négatifs sur la qualité nutritionnelle de la surface.
- 4) Limiter au maximum la température de cuisson et le temps de séjour au strict minimum nécessaire à la formation des notes aromatiques de grillé et à la prise de coloration de surface
  - i) assurant dans le cas des pièces musculaires à l'état natif (absence d'attendrissage) à température à cœur associée aux caractéristiques sensorielles recherchées et
  - ii) assurant de surcroît dans le cas des produits attendris ou hachés un traitement thermique assainissant
- 5) Pratiquer chaque fois que cela est possible la remontée en température à cœur du produit (micro-ondes ou pochage à l'eau ou à la vapeur ) avant de démarrer la cuisson proprement dite pour limiter le temps de chauffage en chaleur sèche à haute température à la poêle ou au barbecue ou en friture profonde.
- 6) Conduire la cuisson en ayant le souci de la réduction des amines hétérocycliques indésirables. Au lieu de réaliser à la poêle un unique retournement après 5 minutes pour cuire la deuxième face d'une viande hachée ou d'un hamburger, les **retourner toutes les minutes.**

### **Principes pour l'évaluation des données analytiques.**

Pour beaucoup de contaminants dont les composés néoformés non voulus, les concentrations trouvées peuvent varier dans des proportions considérables . Malgré le développement de méthodes analytiques qui abaissent chaque jour les seuils de détection (SD) et de quantification (SQ), on constate de plus en plus souvent des résultats inférieurs à ces deux seuils parfois plus de 50%. Et pourtant il faut pouvoir quantifier ces données d'une certaine manière en particulier si on veut définir des limites réglementaires telles que les LMR (limites maximales résiduelles), des valeurs de « toxicité journalières ». HONIKEL(1999) a calculé l'impact des options de traitement de l'information selon que l'on traduit < SD/SQ à valeur zéro, demie ou pleine en fonction du pourcentage de résultats disponibles inférieurs à ces seuils. Dans une étude collaborative de 40 laboratoires dont les SD variaient dans un rapport de 1 à 50 et en prenant comme référence de quantification la valeur moyenne pour le congénère PCB-28 et avec un pourcentage de 91% de 1145 résultats <SD , les valeurs publiées peuvent varier considérablement : 17µg/kg de lipides selon le rapport général, mais selon les données d'un laboratoire qui avait 30% de résultats <SD à 1µg/kg avec des valeurs comprises entre 0.5 et 1.8 µg/kg PCB -28 selon les trois options possibles.

Compte-tenu des disparités importantes de contaminants et résidus à faible concentration HECHT et HONIKEL (1995) suggèrent de présenter les données selon une représentation concentration/fréquence log-normale pour retrouver une distribution de forme gaussienne. Les mêmes auteurs, cités par HONIKEL, 1999, proposent une estimation de la médiane et des 25 et 75 percentiles à partir du nombre de la proportion de résultats en dessous des SD et SQ. Dans le cadre de l'évaluation des données françaises relatives aux teneurs en benzo-a-pyrene l'option a été de prendre comme référence la moitié de la limite de quantification pour les échantillons négatifs.

### Conclusion

La réglementation communautaire rend obligatoire la démarche préventive qui est dans l'intérêt bien compris des professionnels qui veulent assurer la croissance de leurs débouchés vers le marché et les consommateurs. Même si le processus d'évaluation reste globalement incomplet sauf dans le domaine des hydrocarbures polycycliques aromatiques, les développements technologiques récents qui combinent des conditions minimales de durée-température de traitement de surface assurant les fonctions de coloration et d'aromatisation et de cuisson à cœur à basse température sont bien dans l'objectif de sécurité alimentaire au sens du règlement (CE) N°178/2002. D'une manière générale les recommandations relatives à la prévention de la formation de composés néoformés non voulus sont pris en compte par les professionnels français.

### Références bibliographiques

Les références bibliographiques ne sont pas citées ici faute de place. Elles peuvent être demandées à l'auteur à : [jean-luc.vendeuvre@ifip.asso.fr](mailto:jean-luc.vendeuvre@ifip.asso.fr)

### Remerciements

L'auteur exprime ses remerciements à la Fédération française des industriels charcutiers et transformateurs de viandes (FICT) pour la stimulation constante d'une veille scientifique permanente pour la prévention par la technologie de dangers possibles impliquant la sécurité des denrées et la santé du consommateur

### Références

**Article 14 du règlement (CE) N°178/2002 dit « Food law »**  
**-Prescriptions relatives à la sécurité des denrées alimentaires**

1. Aucune denrée alimentaire n'est mise sur le marché si elle est dangereuse.
2. Une denrée alimentaire est dite dangereuse si elle est considérée comme:
  - a) préjudiciable à la santé;
  - b) impropre à la consommation humaine.
3. Pour déterminer si une denrée alimentaire est dangereuse, il est tenu compte:
  - a) des conditions d'utilisation normales de la denrée alimentaire par le consommateur à chaque étape de la production, du traitement et de la distribution; et
  - b) de l'information fournie au consommateur, y compris des informations figurant sur l'étiquette, ou d'autres informations généralement à la disposition du consommateur, concernant la prévention d'effets préjudiciables à la santé propres à une denrée alimentaire particulière ou à une catégorie particulière de denrées alimentaires.
4. Pour déterminer si une denrée alimentaire est préjudiciable à la santé, il est tenu compte:
  - a) de l'effet probable immédiat et/ou à court terme et/ou à long terme de cette denrée alimentaire sur la santé non seulement d'une personne qui la consomme, mais aussi sur sa descendance;
  - b) des effets toxiques cumulatifs probables;
  - c) des sensibilités sanitaires particulières d'une catégorie spécifique de consommateurs lorsque la denrée alimentaire lui est destinée.
5. Pour déterminer si une denrée alimentaire est impropre à la consommation humaine, il est tenu compte de la question de savoir si cette denrée alimentaire est inacceptable pour la consommation humaine compte tenu de l'utilisation prévue, pour des raisons de contamination, d'origine externe ou autre, ou par putréfaction, détérioration ou décomposition.

»

Annexe 1 : Exigences de sécurité pour les denrées alimentaires selon Food Law (178/2002)

**Évaluation des risques** - processus à base scientifique comprenant les étapes suivantes: (i) identification des dangers, (ii) caractérisation des dangers, (iii) évaluation de l'exposition et (iv) caractérisation des risques

**Évaluation qualitative des risques** - évaluation des risques basée sur des données qui, tout en constituant une base inadéquate pour des estimations numériques de risques, permet toutefois, lorsqu'elle est déterminée par une expertise antérieure et l'identification des incertitudes concomitantes, le classement des risques ou leur répartition en diverses catégories descriptives des risques.

**Évaluation quantitative des risques** - évaluation des risques exprimée numériquement et indication des incertitudes concomitantes (selon la définition de la consultation d'experts de 1995 sur l'analyse des risques

**Danger** - agent biologique, chimique ou physique présent dans un aliment ou état de cet aliment pouvant avoir un effet adverse sur la santé.

**Identification des dangers** - identification des agents biologiques, chimiques et physiques susceptibles de provoquer des effets adverses pour la santé et qui peuvent être présents dans un aliment donné ou un groupe d'aliments.

**Caractérisation des dangers** - évaluation qualitative et/ou quantitative de la nature des effets adverses pour la santé associés au danger.

**Évaluation de l'exposition** - évaluation qualitative et/ou quantitative de l'ingestion probable d'agents biologiques, chimiques et physiques par le biais des aliments, ainsi que par suite de l'exposition à d'autres sources, le cas échéant

**Évaluation de la relation dose-réponse** - détermination de la relation existant entre l'ampleur de l'exposition (dose) à un agent chimique, biologique ou physique et la gravité et/ou la fréquence des effets néfastes sur la santé qui leur sont associés (réponse).

**Risque** - fonction de la probabilité d'un effet adverse pour la santé et de sa gravité, du fait de la présence d'un ou de plusieurs dangers dans un aliment.

Annexe 2 – L'appréciation ou l'évaluation scientifique des risques selon le *Codex alimentarius* (1999)

N°1- cancérogène chez l'humain – si preuve (« *evidence* ») suffisante chez l'homme ou à la fois suffisante en expérimentation animale et « indication » forte chez l'humain.

N°2A- cancérogène *probable* chez l'humain, si indication limitée chez l'humain et preuve suffisante en expérimentation animale.

N°2B- cancérogène *possible* si indication limitée chez l'humain et preuve insuffisante en expérimentation animale OU indication non valide chez l'humain, preuve suffisante en expérimentation animale et crédibilité de données mécanistes ou autres données pertinentes.

N°3- cancérogénicité non classable si indication non valide chez l'humain et indication non valide ou limitée en expérimentation animale

N°4 – probablement non cancérogène.

Annexe 3- Catégorisation de substances chimiques par le centre international de recherche sur le cancer (CIRC-IARC, Lyon, France, Préambule révisé en janvier 2006)