



6^{èmes} Rencontres du RMT Quasaprove
« Recherche appliquée, Formation & Transfert »

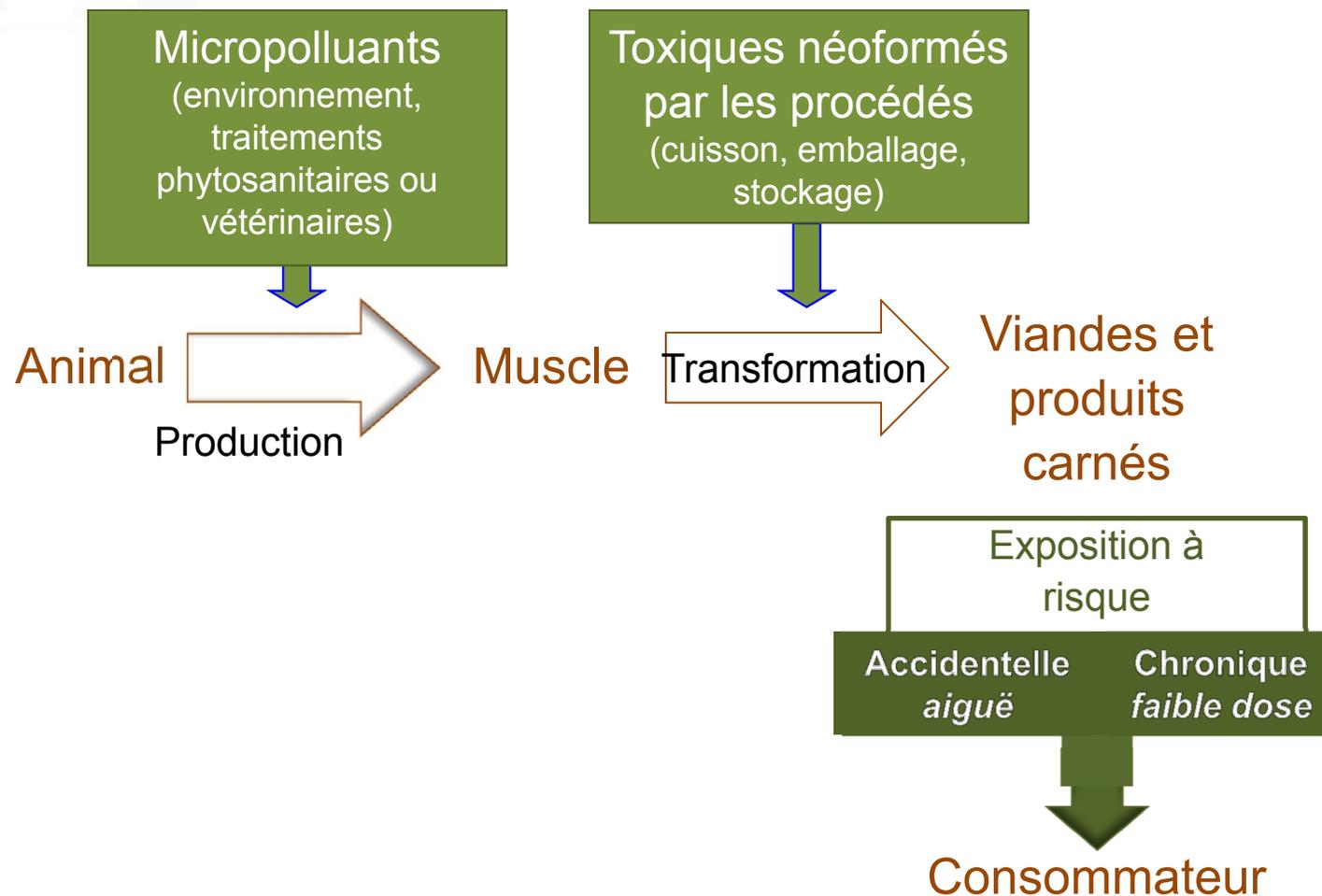
Nouvelles approches pour améliorer la sécurité chimique des produits d'origine animale

Erwan ENGEL, Maïa MEURILLON, Jérémy RATEL, INRA

Contact : erwan.engel@clermont.inra.fr



Sécurité chimique des viandes





Comment limiter l'exposition du consommateur aux contaminants à risque ?

Amplifier les contrôles de la sécurité chimique des viandes

➔ contrôles plus systématiques

Limiter l'impact des contaminants néoformés par les procédés

➔ stratégies de remédiation

Améliorer les procédures d'évaluation du risque chimique

➔ bioaccessibilité des contaminants

Plan de la présentation

- 1- Les principaux contaminants de la viande
- 2- Rendre plus systématiques les contrôles
- 3- Remédier les contaminations générées par les procédés
- 4- Evaluer la bioaccessibilité des contaminants

Plan de la présentation

1- Les principaux contaminants de la viande

2- Rendre plus systématiques les contrôles

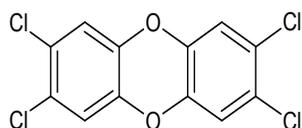
3- Remédier les contaminations générées par les procédés

4- Evaluer la bioaccessibilité des contaminants

1- Les polluants environnementaux



Les « dioxines »

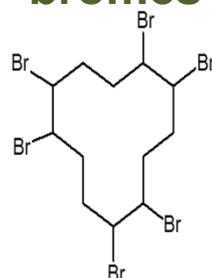


2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin (TCDD – **PCDD**)

Carcinogène
(TCDD)

Larsen, J.C. *Molecular Nutrition and Food Research*, 2006, 50, 885-896.

Retardateurs de flamme bromés



Hexabromocyclododecane (**HBCD**)

Perturbateur endocrinien suspecté

ANSES. (2012). *Saisine n°2010-SA-0225*.

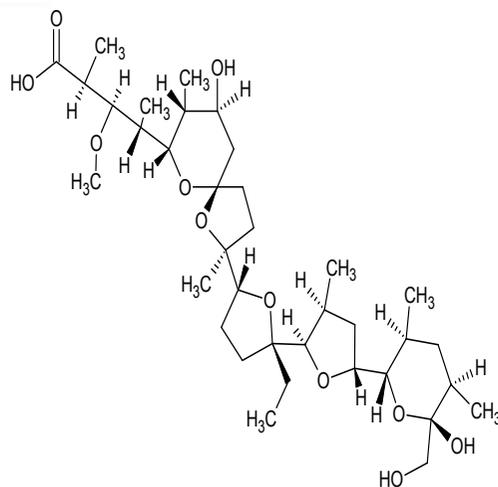
Métaux lourds

Pb
Cd
As
Hg

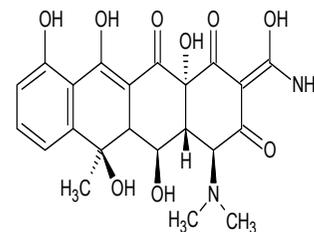
Cd, As
carcinogènes
Pb, Hg
neurotoxiques

European Commission. (2006). Commission Regulation (EC) No 1881/2006.

1- Traitements vétérinaires



Monensin
Coccidiostatique

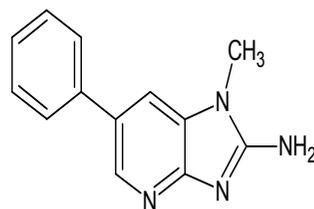


Oxytétracycline
Antibiotique (Tétracycline)

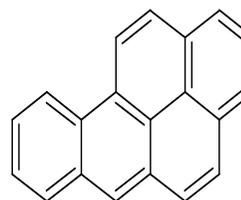
Activité antimicrobienne et antibiorésistance chez l'Homme

FDA. (2005). Illegal residues in meat, poultry, seafood, and other animal derived foods.

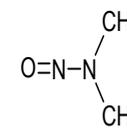
1- Contaminants toxiques néoformés par les procédés



PhIP
**Amine Aromatique
Hétérocyclique (AAH)**



Benzo[a]pyrène
**Hydrocarbure Aromatique
Polycyclique (HAP)**



N-Nitrosodiméthylamine
N-Nitrosamine

Générés principalement pendant les procédés de cuisson ou de fumage

Génotoxiques et potentiellement carcinogènes

- IARC. (1993). *IARC Monographs* 56.
- IARC. (1998). *IARC Monographs* 17.
- IARC. (2010a). *IARC Monographs* 100F.
- IARC. (2010b). *IARC* 92.
- EFSA. (2008). *EFSA Journal*, 724, 1-114.



Pour plus d'informations

Innovations Agronomiques 36 (2014), 135-149

Devenir des contaminants toxiques des aliments dans l'environnement digestif

Engel E.¹, Meurillon M.¹, Planche C.¹, Peyret P.²

¹ INRA, UR370 QuaPA, équipe MASS, F-63122 Saint-Genès-Champanelle

² 1EA-4678 CIDAM, Clermont Université, Université d'Auvergne, Place Henri Dunant, F-63001 Clermont-Ferrand

Correspondance : erwan.engel@clermont.inra.fr

Résumé

De nombreuses études semblent établir un lien entre notre alimentation et l'apparition de certaines pathologies. Un des principaux facteurs explicatifs serait une exposition répétée à de faibles doses de contaminants toxiques via les aliments. Il s'agit soit de micropolluants accumulés par les végétaux ou les animaux au cours de leur production puis transférés dans les produits alimentaires dérivés soit de composés néoformés lors des procédés de transformation des matières premières agricoles. L'évaluation du risque chimique associé à la présence de ces contaminants dans nos aliments est donc un enjeu majeur pour la recherche agronomique. Elle nécessite de déterminer les quantités de substances toxiques assimilées par l'organisme du consommateur. Jusqu'à aujourd'hui, cette estimation repose le plus souvent sur une quantification des contaminants co-ingérés avec les aliments sans prendre en compte les éventuels effets modulateurs de la digestion pourtant démontrés sur les nutriments ou les médicaments. Après un bref rappel des principaux contaminants susceptibles d'être retrouvés dans nos aliments, cet article montre en quoi le développement de nouveaux outils d'investigation du tractus digestif peut permettre de mieux évaluer le risque lié à l'exposition alimentaire aux contaminants. Il montre également l'intérêt d'étudier plus avant les interactions entre ces contaminants et le microbiote intestinal.

Mots-clés : micropolluants, néoformés, bioaccessibilité digestive, microbiote intestinal

Plan de la présentation

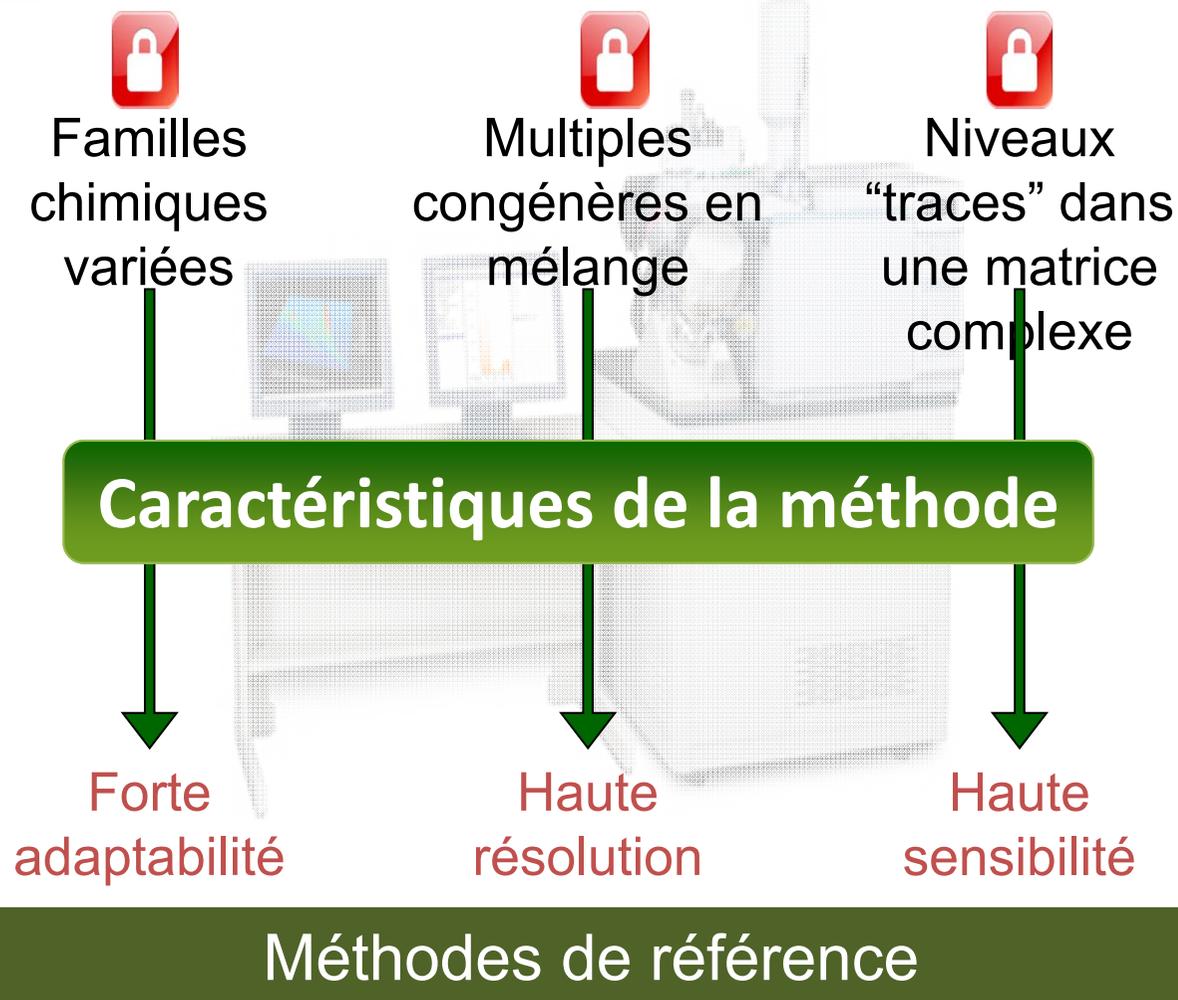
1- Les principaux contaminants de la viande

2- Rendre plus systématiques les contrôles

3- Remédier les contaminations générées par les procédés

4- Evaluer la bioaccessibilité des contaminants

2- Challenge pour détecter les contaminants ou leurs résidus dans la viande



2- Méthodes de référence et contrôle de routine



Haute performance

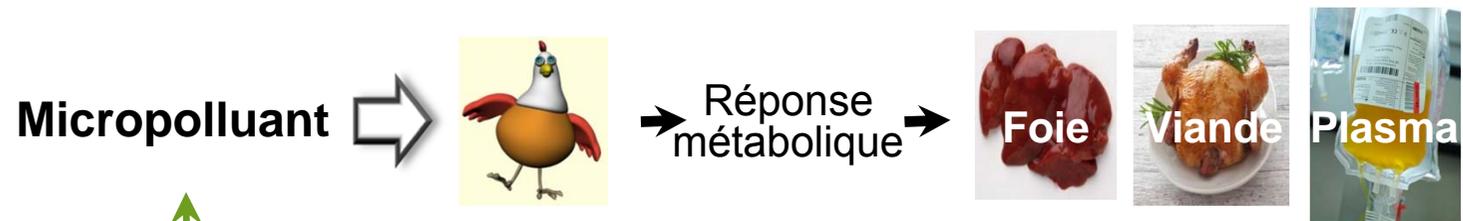


Coûteuses
Lourdes à mettre en œuvre

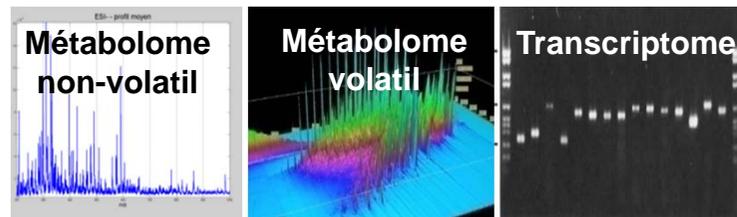
Utilisables à large-échelle ponctuellement (plan de contrôle) **mais** inconcevables économiquement pour un contrôle systématique

2- De nouvelles approches

Développer un contrôle plus systématique de la sécurité chimique



Toxicogénomique



Marqueurs d'exposition

Développement de méthodes rapides et peu coûteuses

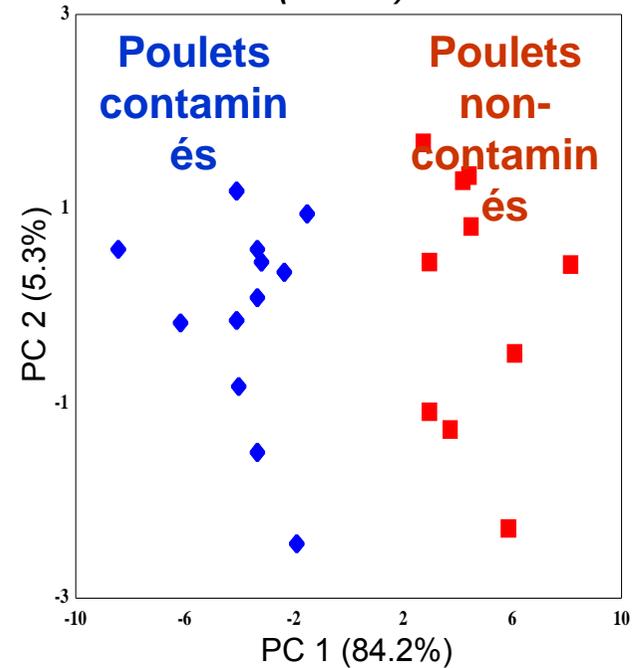
2- Des marqueurs volatils (COV) d'exposition

Quantification des HAPs
(GC-MS/MS)



Aucun résidu de HAP
détecté

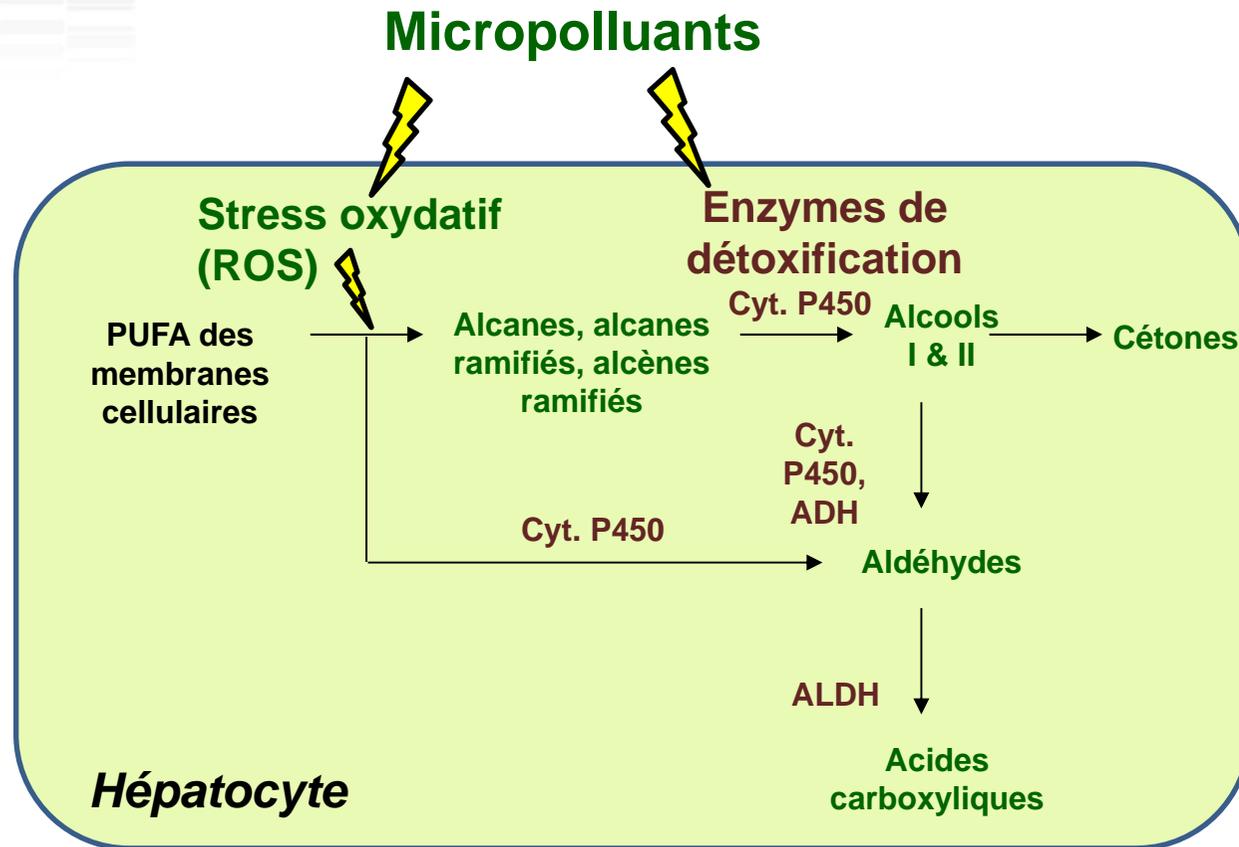
Signature des foies en COV
(GC-MS)



Discrimination nette des
animaux contaminés

Berge et al., *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45, 6584–6591.

2- Contamination et marqueurs volatils



Hakim et al., *Chem. Rev.* 2012, 112, 5949–5966.

2- Perspectives

Valider la robustesse des marqueurs volatils

Etudier la complémentarité de marqueurs provenant de différentes approches de toxicogénomique

Développer des méthodes rapides et peu coûteuses pour analyser les marqueurs robustes identifiés

Pour plus d'informations



ENVIRONMENTAL
Science & Technology

ARTICLE
pubs.acs.org/est

Use of Volatile Compound Metabolic Signatures in Poultry Liver to Back-Trace Dietary Exposure to Rapidly Metabolized Xenobiotics

Philippe Berge,[†] Jérémy Ratel,[†] Agnès Fournier,[‡] Catherine Jondreville,[‡] Cyril Feidt,[‡] Brigitte Roudaut,[§] Bruno Le Bizec,^{||} and Erwan Engel^{*,†}

[†]INRA, UR370 QuaPA, MASS Team, Saint-Genès-Champagnelle, France
[‡]UR AFPA, USC340 INRA - Nancy Université, France
[§]ANSES, Fougères, France
^{||}ONIRIS, Nantes, France

S Supporting Information

ABSTRACT: The study investigated the feasibility of using volatile compound signatures of liver tissues in poultry to detect previous dietary exposure to different types of xenobiotic. Six groups of broiler chickens were fed a similar diet either noncontaminated or contaminated with polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins/-furans (PCDD/Fs; 3.14 pg WHO-TEQ/g feed, 12% moisture), polychlorinated biphenyls (PCBs; 0.08 pg WHO-TEQ/g feed, 12% moisture), polybrominated diphenyl ethers (PBDEs; 1.63 ng/g feed, 12% moisture), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs; 0.72 μg/g fresh matter), or coccidiostats (0.5 mg/g feed, fresh matter). Each chicken liver was analyzed by solid-phase microextraction - mass spectrometry (SPME-MS) for volatile compound metabolic signature and by gas chromatography - high resolution mass spectrometry (GC-HRMS), gas chromatography - tandem mass spectrometry

Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 6584–6591

2 May 2012 Volume 8 Issue 8

The Column

the interactive e-publication for the global separation science industry

Pollutants in poultry
Detecting micropollutants using volatile compound metabolic signatures

ADVANTAR

The Column 2012, 8, 2–10

Plan de la présentation

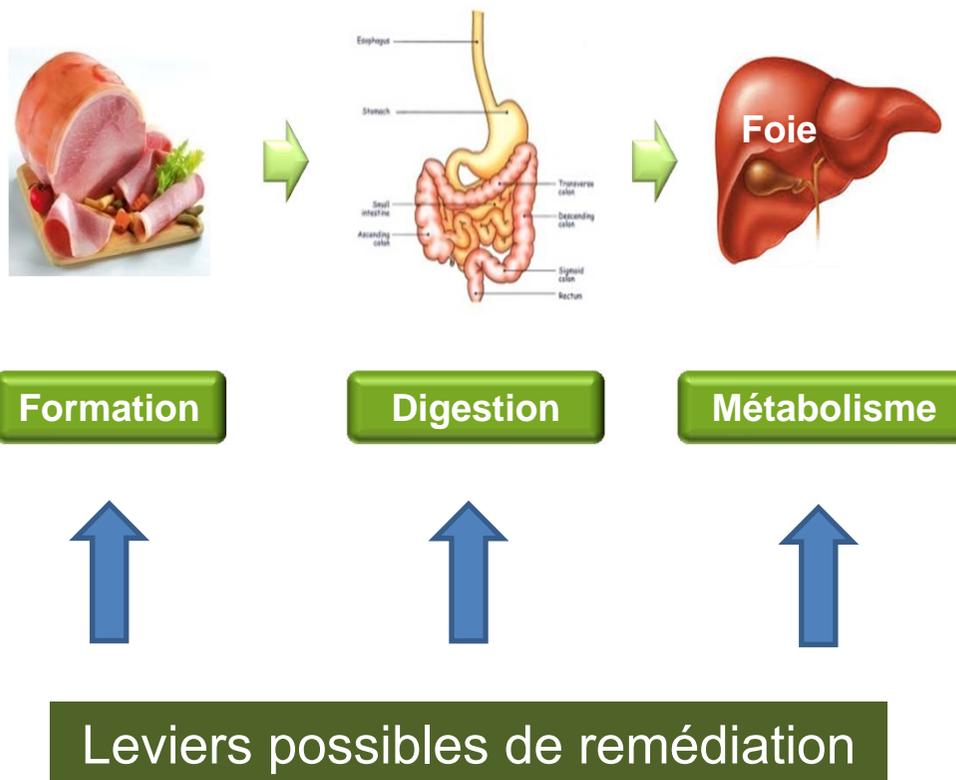
1- Les principaux contaminants de la viande

2- Rendre plus systématiques les contrôles

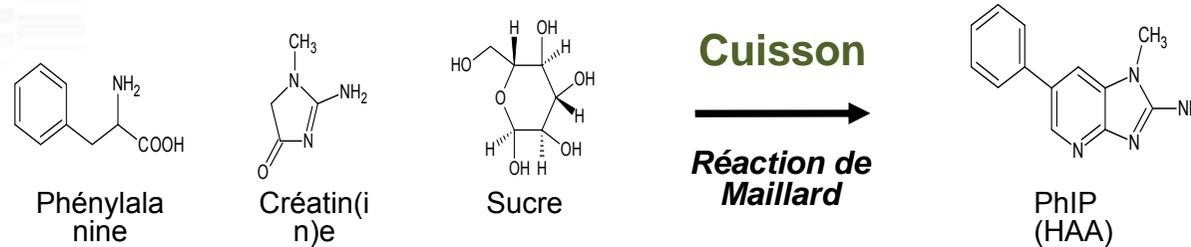
3- Remédier les contaminations générées par les procédés

4- Evaluer la bioaccessibilité des contaminants

3- Stratégies de remédiation des contaminants néoformés



3- Remédiation en limitant la formation (ex: AAHs)



Moduler le niveau des précurseurs

➔ Ajouter des sucres pour limiter la réaction de Maillard

Tai et al., *Food Chem.* 2001, 75, 309-316.

Moduler les procédés de cuisson

➔ Optimiser le couple temps/température de la cuisson pour limiter la réaction de Maillard

Alaejos et al., *Comprehensive Rev. Food Sci. Food Safety* 2011, 10, 52-108.

Moduler la formulation

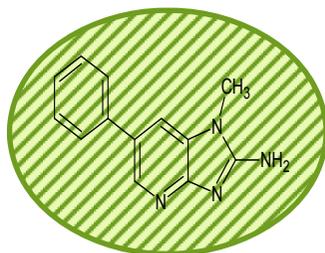
➔ Ajouter des antioxydants pour éliminer les intermédiaires réactionnels

Cheng et al., *Mol. Nutr. & Food Res.* 2009, 53, 716-725.

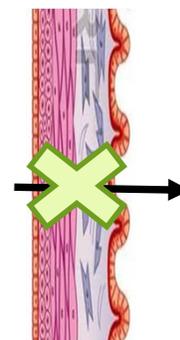
3- Remédiation en limitant la bioaccessibilité (ex: AAHs)

Moduler la formulation pour limiter la bioaccessibilité des AAHs

➔ Ajouter des ingrédients naturels pour réduire la digestibilité des AAHs



« Masquage » des AAHs par des fibres



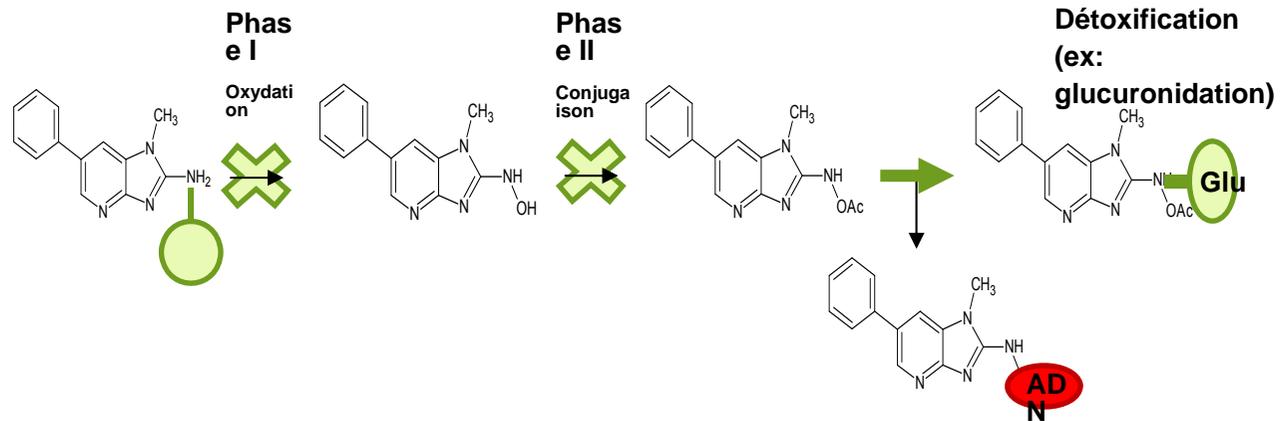
Barrière gastro-intestinale

Persson et al., *J Agric Food Chem.* 2004, 52, 7561-7566.

Funk et al., *J Agric Food Chem.* 2006, 54, 1860-1867.

3- Remédiation en modulant le métabolisme (ex: HAAs)

Modification de la formulation pour moduler le métabolisme des AAHs



Inactivation directe des AAHs

Pigments, Lactobacillus

Sreekumar et al., *Mutat. Res.* 1998, 421, 65-72.

Inactivation d'enzymes (CYP 450, N-acetyltransferase)

Thé vert, Crucifères

Shaughnessy et al., *PLoS One* 2011, 6, e18707.

Activation d'enzymes de détoxification

Café...

Bichler et al., *Food Chem. Toxicol.* 2007, 45, 1428-1436.

3- Perspectives

Réduction de la formation via la formulation en rationalisant le choix des antioxydants

Modulation de la digestion et du métabolisme via la formulation

Optimisation multicritère de la remédiation (sanitaire / sensoriel / nutritionnel / durabilité)



Pour plus d'informations

Trends in Food Science & Technology 50 (2016) 70–84



Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Trends in Food Science & Technology

journal homepage: <http://www.journals.elsevier.com/trends-in-food-science-and-technology>



Review

Mitigation strategies to reduce the impact of heterocyclic aromatic amines in proteinaceous foods



Maïa Meurillon*, Erwan Engel

INRA UR370 QuaPA, Microcontaminants, Aroma and Separation Science Lab, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 14 January 2015
Received in revised form
3 November 2015
Accepted 8 January 2016
Available online 11 January 2016

Keywords:

Heterocyclic aromatic amines
Mitigation
Precursors
Process control
Formulation
Metabolism control

ABSTRACT

Background: Meat and fish are currently the main sources of proteins necessary for a healthy diet. Cooking proteinaceous food helps reduce biological risks and produce odor-active compounds, but it also generates heat-induced toxicants, of which **heterocyclic aromatic amines** (HAAs) are probably the most problematic as they are strongly mutagenic and carcinogenic.

Scope and approach: This review highlights the most promising strategies for mitigating the impacts of HAAs on human health. These strategies revolve around reducing HAA formation by impacting HAA **precursors, controlling the process**, adjusting **formulations** or adapting diets to limit HAA assimilation and **metabolism**.

Key findings and conclusions: Identifying the different mechanisms of HAA formation and metabolism has made it possible to propose **mitigation** strategies to limit the risks related to HAA consumption. Various kinds of levers exist. While cooking methods for industrial processed foods can be regulated, it is far more difficult to influence household practices. Mitigation strategies involving other food ingredients are probably more promising from a consumer point of view if pushed by health education campaigns. Efforts to reduce the health risk from HAA consumption should now turn to ingredients like carvacrol that present different concomitant modes of action.

© 2016 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Plan de la présentation

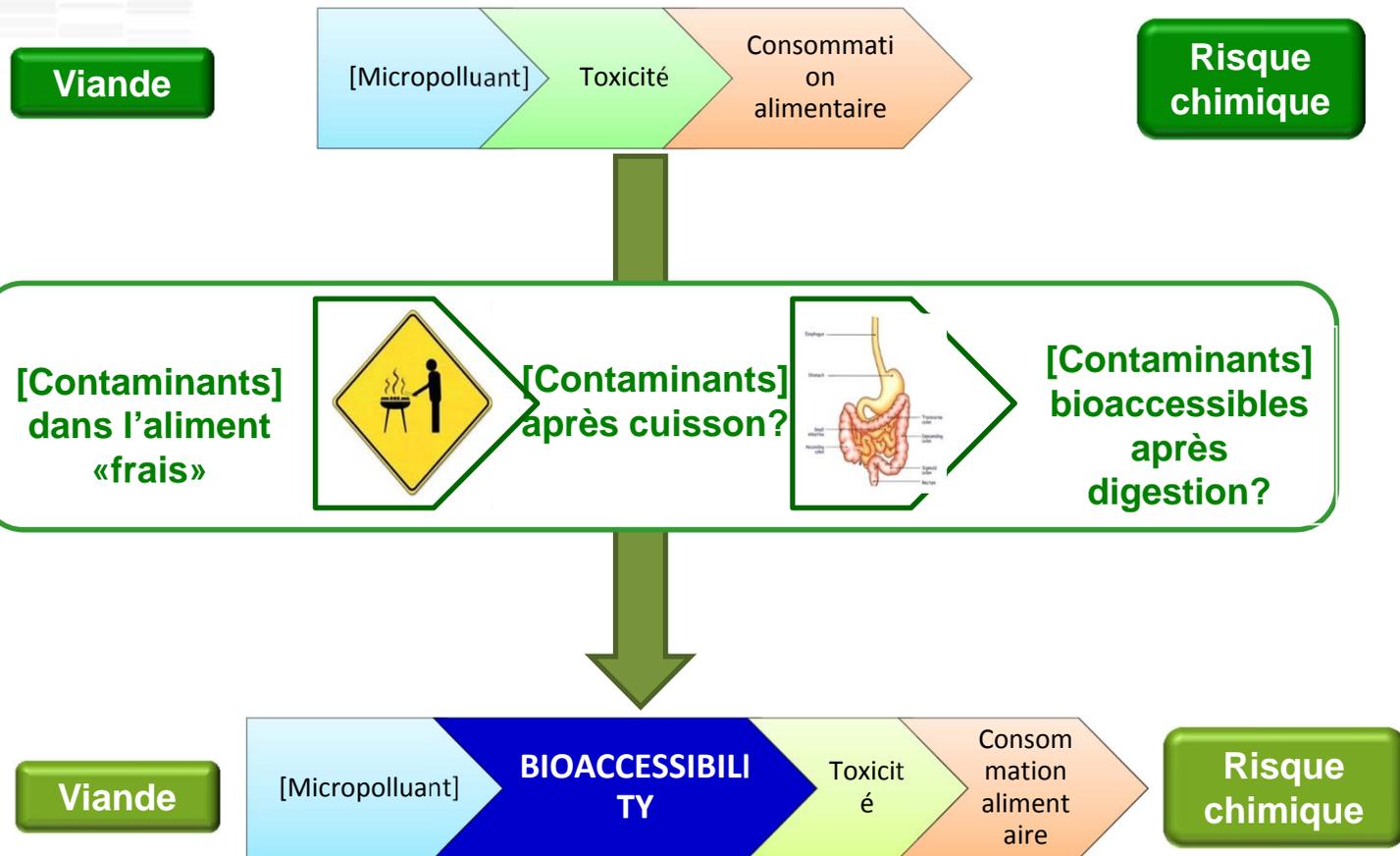
1- Les principaux contaminants de la viande

2- Rendre plus systématiques les contrôles

3- Remédier les contaminations générées par les procédés

4- Evaluer la bioaccessibilité des contaminants

4- Améliorer la procédure d'évaluation du risque



Cardoso et al., *Trends Food Sci. Technol.* 2015, 41, 5-23.

4- Bioaccessibilité et cuisson



**Contaminant
de la
viande**

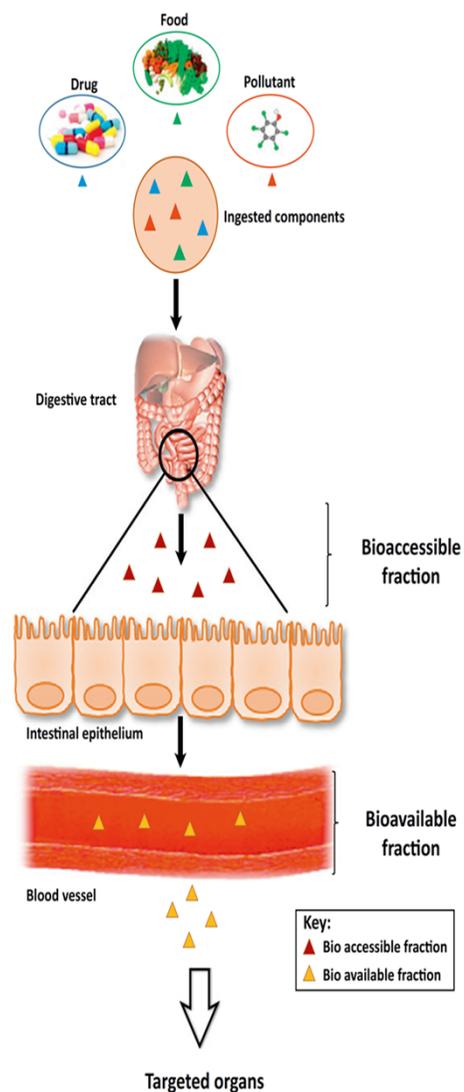


Résidus?

Pertes?

Thermodégradation?

4- Bioaccessibilité et digestion



Bioaccessibilité

Fraction des contaminants ingérés et solubilisés dans les fluides digestifs qui est disponible pour l'absorption via l'épithélium intestinal

Mesurée grâce à un protocole de digestion *in vitro*

Guerra et al., *Trends Biotechnol.*, 2012, 30, 591-600.

4- Bioaccessibilité et type de contaminant

Faible valeur pour certains contaminants (3-6% pour les PCBs)

Pertinence de prendre en compte la bioaccessibilité pour évaluer le risque chimique

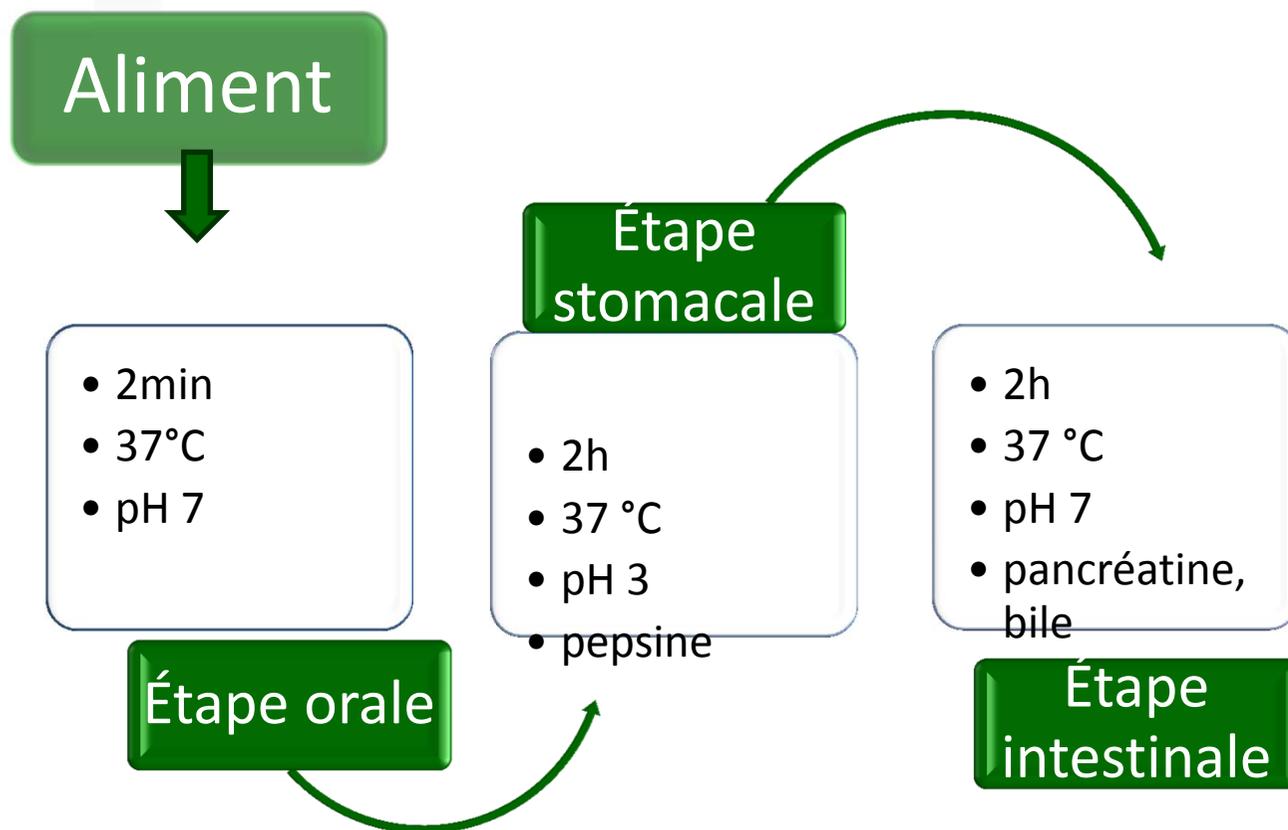
Xing et al., *Env. Polut.*, 2008, 156, 1218-1226.

Diffère selon les familles de contaminants

PBDEs (16-24%), pesticides organochlorés (32-85%)

Yu et al., *Env. Int.* 2012, 50, 31-37.

4- Un protocole de digestion statique *in vitro* standardisé



Minekus et al., *Food & Function* 2014, 5, 1113-1

4- Perspectives

Intégrer les mesures de bioaccessibilité des contaminants dans les procédures d'évaluation du risque chimique



Etudier l'impact de la formulation et de la cuisson sur le risque lié à la présence des contaminants chimiques dans les aliments



PROSPECTIVE AND RETROSPECTIVE
ENVIRONMENTAL RISK
ASSESSMENT OF MIXTURES
MOVING FROM RESEARCH TO REGULATION

Etudier le rôle du microbiote intestinal dans la bioaccessibilité des contaminants chimiques alimentaires





Pour plus d'informations

Meat Science 109 (2015) 75–85



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Meat Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/meatsci



Novel approaches to improving the chemical safety of the meat chain towards toxicants



E. Engel *, J. Ratel, J. Bouhlef, C. Planche, M. Meurillon

INRA UR370 QuaPA, MASS Group, 63122 Saint-Genès-Champanelle, France

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 January 2015
Received in revised form 12 May 2015
Accepted 15 May 2015
Available online 21 May 2015

Keywords:

Chemical safety
Meat products
Toxicogenomics
Bioaccessibility
Mitigation

ABSTRACT

In addition to microbiological issues, meat chemical safety is a growing concern for the public authorities, chain stakeholders and consumers. Meat may be contaminated by various chemical toxicants originating from the environment, treatments of agricultural production or food processing. Generally found at trace levels in meat, these toxicants may harm human health during chronic exposure. This paper overviews the key issues to be considered to ensure better control of their occurrence in meat and assessment of the related health risk. We first describe potential contaminants of meat products. Strategies to move towards a more efficient and systematic control of meat chemical safety are then presented in a second part, with a focus on emerging approaches based on toxicogenomics. The third part presents mitigation strategies to limit the impact of process-induced toxicants in meat. Finally, the last part introduces methodological advances to refine chemical risk assessment related to the occurrence of toxicants in meat by quantifying the influence of digestion on the fraction of food contaminants that may be assimilated by the human body.

© 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Remerciements



Jérémie RATEL, Ingénieur d'étude (chimie analytique)



Maïa MEURILLON, Chargée de recherche (chimie organique)

Merci de votre attention



Contact : erwan.engel@clermont.inra.fr