

commission du codex alimentarius

F



ORGANISATION DES NATIONS
UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ



BUREAU CONJOINT: Viale delle Terme di Caracalla 00100 ROME Tél: +39 06 57051 www.codexalimentarius.net Email: codex@fao.org Facsimile: 39 06 5705 4593

Point 14 (g) de l'ordre du jour

CX/FAC 06/38/35

PROGRAMME MIXTE FAO/OMS SUR LES NORMES ALIMENTAIRES COMITÉ DU CODEX SUR LES ADDITIFS ALIMENTAIRES ET LES CONTAMINANTS

Trente-huitième session

La Haye, Pays-Bas, 24 – 28 Avril 2006

DOCUMENT DE TRAVAIL SUR L'ACRYLAMIDE

(préparé par le Royaume-Uni avec l'aide du Canada, de la Norvège, de la Suède, de la Suisse et de la CIAA)

Les gouvernements et les organisations internationales disposant du statut d'observateur auprès de la Commission du Codex Alimentarius et qui souhaitent formuler des observations sur toutes ces questions sont invités à les faire parvenir par écrit **au plus tard le 7 avril 2006** aux Services centraux de liaison avec le Codex des Pays-Bas, Ministère de l'agriculture, de la nature et de la qualité des aliments, BP 20401, 2500 E.K., La Haye, Pays-Bas (télécopie: +31.70.378.6141 ou, **de préférence**, courriel: info@codexalimentarius.nl), et d'en adresser une copie au Secrétaire de la Commission du Codex Alimentarius, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie (télécopie: +39.06.5705.4593 ou **de préférence**, courriel: Codex@fao.org).

HISTORIQUE

1. À sa trente-septième session, le Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (CCFAC) est convenu que le document de travail sur l'acrylamide¹ serait révisé en tenant compte de l'évaluation de l'acrylamide effectuée par le Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA) à sa soixante-quatrième session; des stratégies nationales de réduction; et du rôle des transformateurs d'aliments, des restaurants et services annexes et des consommateurs. Le Comité est également convenu que le document de travail devrait présenter les grandes lignes d'un Code d'usages et un descriptif de projet relatif à la mise en œuvre d'une nouvelle activité sur l'élaboration du Code d'usages pour une éventuelle soumission à la Commission.

2. Le Comité est convenu d'établir un groupe de travail présidé par le Royaume-Uni et les États-Unis, ayant pour tâche de réviser le document de travail en tenant compte des points ci-dessus pour distribution, observations et examen à sa prochaine session.

INTRODUCTION

3. En avril 2002, des chercheurs de l'Administration nationale des aliments en Suède (SNFA) et de l'université de Stockholm ont déclaré que l'acrylamide se forme dans certains aliments lorsqu'ils sont soumis à la cuisson au four ou à la friture à haute température². Depuis la parution du rapport suédois, des résultats similaires obtenus dans de nombreux autres pays confirment la formation d'acrylamide notamment dans les aliments riches en hydrates de carbone d'origine végétale préparés ou cuits à haute température³⁻⁶.

4. En 2002, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont organisé une consultation sur «les conséquences sanitaires de la présence d'acrylamide dans les denrées alimentaires» et ont formulé un certain nombre de recommandations⁷.

5. La découverte relative à la formation d'acrylamide dans certaines préparations alimentaires est préoccupante car l'acrylamide est une substance probablement cancérigène pour l'homme⁸. C'est une substance réputée pour son pouvoir cancérigène et mutagène sur les cellules germinales chez les rongeurs, et à caractère neurotoxique reconnu chez les humains; d'après les études de haut dosage faites sur les animaux, elle serait potentiellement cancérigène et génotoxique pour l'homme^{7,9,10}. Chez les animaux, elle augmente la fréquence d'un certain nombre de tumeurs bénignes et malignes identifiées dans divers organes (par ex., les glandes mammaires, la tunique vaginale, la thyroïde et les glandes surrénales)¹¹.

6. Des études de cas témoins menées sur la population n'ont révélé aucune relation positive entre l'acrylamide liée à l'exposition ou à l'origine alimentaire et les risques de cancer, sur divers organes parmi lesquels certains n'ont aucun lien avec les cancers identifiés chez les rats¹². Qui plus est, aucune augmentation du nombre des cancers n'a été observée dans les études de cohortes chez les humains exposés à l'acrylamide dans le milieu du travail, à l'exception possible de l'augmentation des cancers du pancréas^{13,14}. Les études épidémiologiques ont cependant une capacité limitée de détection des légères augmentations de l'incidence des tumeurs; par conséquent, l'absence d'une relation positive ne peut pas être interprétée comme la preuve que cette substance ne provoque pas le cancer chez l'être humain.

7. Les études menées à ce jour laissent à penser que l'acrylamide tend principalement à se former dans les aliments riches en hydrates de carbone cuits au four ou frits à des températures supérieures à environ 120 °C¹⁵⁻¹⁷. L'acrylamide n'a pas été détecté dans les aliments bouillis^{18,19}. Les mécanismes de formation de l'acrylamide ne sont pas encore pleinement compris. Le processus qui pourrait être à l'origine de la formation d'une grande part de l'acrylamide contenu dans les aliments repose sur une réaction chimique du nom de réaction de Maillard, et plus précisément une réaction entre l'acide aminé asparagine et les sucres réducteurs contenus naturellement dans les denrées alimentaires²⁰⁻²⁴. Les autres précurseurs susceptibles d'être responsables de la formation d'une partie de l'acrylamide contenu dans les aliments sont l'amino-3 propionamide, l'acide acrylique et l'ammoniac^{25,26}.

TOXICOLOGIE ET ÉPIDÉMIOLOGIE

Génotoxicité et carcinogénicité

8. L'acrylamide a été classée par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) comme «probablement cancérigène pour l'homme»⁸ et reconnue par le Comité scientifique de l'alimentation de l'Union européenne (UE) comme substance cancérigène génotoxique²⁷. Deux études à long terme réalisées sur des rats montrent que l'acrylamide augmente l'incidence d'un certain nombre de tumeurs bénignes et malignes dans divers organes^{7,8}. L'acrylamide a également provoqué des tumeurs pulmonaires et cutanées chez la souris dans une série d'essais biologiques de cancérogénicité non standard²⁸. L'acrylamide est considérée comme une substance cancérigène génotoxique, bien que certaines observations suggèrent que d'autres réactions peuvent être la cause de la diversité des tumeurs observées chez les rats traités à l'acrylamide, notamment les tumeurs des tissus sensibles aux hormones²⁹. Aucune augmentation du nombre des cancers n'a été observée chez l'homme exposé à l'acrylamide dans le milieu du travail, à l'exception possible des cancers du pancréas^{13,14}.

9. L'acrylamide se métabolise *in vivo* en glycidamide, un époxyde chimiquement réactif qui peut être responsable d'une grande partie des effets génotoxiques de l'acrylamide. Les exemples de génotoxicité comprennent l'induction de mutations génétiques et d'aberrations chromosomiques sur des cellules cultivées *in vitro*⁸, la mutagénicité des cellules germinales observée dans des études de létalité dominante chez les rongeurs mâles³⁹ et la mutagénicité *in vivo* observée dans des études sur le glycidamide et l'acrylamide¹²² chez les souris transgéniques de type Big Blue. L'acrylamide et le glycidamide réagissent tous les deux avec les composés nucléophiles par le biais de l'addition de Michael pour former des adduits au niveau de l'ADN (glycidamide) et des protéines (acrylamide et glycidamide). Les adduits de l'acrylamide et du glycidamide au niveau de la valine N-terminal de l'hémoglobine ne sont pas toxiques, mais ils sont un marqueur utile de l'exposition *in vivo* à l'acrylamide^{7,27}. On a démontré que trois adduits à l'ADN proviennent de l'exposition *in vivo* au glycidamide, et des adduits à d'autres niveaux ont été identifiés dans les réactions *in vitro* avec l'acrylamide^{30,31}.

Neurotoxicité et toxicité reproductive et développementale

10. La neurotoxicité (provenant de l'exposition en milieu professionnel et autres expositions non alimentaires élevées) est reconnue comme l'unique effet néfaste de l'exposition à l'acrylamide chez les humains⁷. Les études sur l'homme en milieu professionnel ne permettent pas de prouver l'existence d'une relation dose-réponse⁷. On ne sait pas si les effets neurotoxiques de l'acrylamide sont imputables à l'acrylamide même ou à son métabolite, le glycidamide. L'OMS et le CSA ont tous les deux conclu qu'aucun effet neurotoxique n'est à craindre des concentrations d'acrylamide contenu dans les aliments^{7,27}.

11. Des études sur les animaux ont montré que l'acrylamide est une substance à toxicité reproductive et développementale. Comme pour la neurotoxicité, on pense que les troubles reproductifs et développementaux sont causés par des doses beaucoup plus élevées que celles contenues dans les aliments. La Consultation d'experts de l'OMS a déclaré que les doses n'induisant pas d'effet significatif (NOAEL) en matière de fertilité étaient quatre fois plus élevées que pour la neurotoxicité (neuropathie), et que le contrôle de la neurotoxicité permettrait de contrôler les effets sur la fertilité⁷.

12. En 2004, une consultation d'experts du programme de toxicologie national américain (TNP) a examiné la toxicité reproductive et développementale de l'acrylamide et a identifié les plus petites doses induisant un effet néfaste (LOAEL) comme étant de l'ordre de 4 à 45 mg/kg de poids corporel par jour pour la toxicité développementale et la toxicité reproductive des mâles chez les souris et les rats. Compte tenu du taux faible de l'estimation de l'exposition humaine à l'acrylamide (y compris l'exposition alimentaire), la consultation d'experts a qualifié de préoccupation négligeable les effets néfastes d'ordre reproductifs et développementaux et de préoccupation minime les effets héréditaires imputables à l'acrylamide sur l'ensemble de la population³².

Études en cours

13. De nombreuses études sont en cours sur la toxicologie de l'acrylamide, dont les détails sont disponibles sur le site Acrylamide Infonet commun à la FAO et à l'OMS³³. Conformément au Plan d'action pour l'acrylamide dans les aliments³⁴, la FDA américaine et les agences associées mènent une série d'études à la fois sur l'acrylamide et sur le glycidamide. Les études à court terme sur la toxicocinétique, la biodisponibilité, la formation d'adduits au niveau de l'ADN et l'acrylamide présent dans les aliments pour rongeurs sont terminées³⁵⁻³⁸, mais les résultats des essais à long terme sur la cancérogénicité et l'évaluation de la neurotoxicité développementale ne seront pas disponibles avant 2008. L'évaluation du JECFA demandée par le Comité n'aura donc pas lieu avant que soient terminées ces études sur la carcinogénicité et la neurotoxicité et que les résultats aient été analysés.

Évaluation du JECFA

14. À sa soixante-quatrième session, le JECFA a évalué l'acrylamide et récapitulé l'information sur la biodisponibilité, le métabolisme, la toxicologie, l'exposition et la formation de l'acrylamide³⁹. Le JECFA a caractérisé le risque carcinogénique de l'acrylamide en calculant les marges d'exposition entre une limite inférieure de dose repère pour les tumeurs des glandes mammaires chez les rats et les estimations des doses ingérées par les consommateurs pour une consommation d'acrylamide moyenne de 1 µg/kg de poids corporel par jour et élevée de 4 µg/kg de poids corporel par jour (voir aussi la section sur l'exposition dans le présent document). Les marges d'exposition étaient de 300 pour le consommateur moyen et de 75 pour le gros consommateur. Le Comité a considéré que ces marges étaient basses pour un composé génotoxique et carcinogénique et a conclu qu'elles sont l'indication d'un risque sanitaire pour l'homme.

15. Le JECFA a également calculé les marges d'exposition relatives aux seuils neurologiques. Sur les bases de ces marges, le Comité a affirmé que des effets neurologiques indésirables sont peu probables aux niveaux d'ingestion estimés, mais il a aussi déclaré que des changements morphologiques des nerfs ne peuvent pas être exclus chez les individus qui ont une ingestion très élevée. Le JECFA a déclaré que les études en cours sur la neurotoxicité et les effets neurodéveloppementaux chez les rats pourront définir plus clairement si les effets sont liés à l'ingestion à long terme de doses faibles d'acrylamide.

16. Le JECFA a formulé les recommandations suivantes: (1) réévaluer l'acrylamide quand les résultats des études en cours sur la carcinogénéicité et la neurotoxicité à long terme seront disponibles, (2) poursuivre les travaux à l'aide des modèles pharmacocinétiques (PBPK) de type pharmacologique pour mieux relier les données du biomarqueur humain avec les évaluations de l'exposition et les effets toxicologiques observés chez les animaux de laboratoire, (3) poursuivre les efforts visant à réduire la concentration d'acrylamide dans les aliments, et (4) utiliser les données relatives à la prévalence d'acrylamide dans les aliments tels qu'ils sont consommés dans les pays en développement.

Études épidémiologiques

17. À l'occasion de l'Atelier sur la présence d'acrylamide dans les aliments, tenu en 2004 dans le cadre du JIFSAN, le groupe de travail sur l'exposition et les biomarqueurs a révisé les études épidémiologiques disponibles sur l'acrylamide (expositions alimentaires et professionnelles). L'Atelier a conclu que bien que les études disponibles à ce jour ne fournissent pas la preuve absolue d'un lien entre l'exposition alimentaire à l'acrylamide et les risques de cancer, cela ne signifie pas nécessairement que la relation n'existe pas¹².

18. JIFSAN a conclu que les études épidémiologiques actuelles n'ont pas la capacité statistique de détecter les risques de cancer imputables à l'exposition à l'acrylamide par voie alimentaire aux concentrations indiquées dans les études toxicologiques¹². De même, le JECFA a conclu que les résultats des études épidémiologiques sur l'estimation de l'exposition orale à l'acrylamide ne sont pas propres à être utilisés dans l'évaluation du risque lié à l'acrylamide³⁹.

MÉTHODES ANALYTIQUES

19. Plusieurs méthodes analytiques sont utilisées pour quantifier l'acrylamide dans les aliments. Les méthodes de détection les plus courantes sont basées sur la chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse (analyte dérivatisé), (GC-MS) et sur la chromatographie en phase liquide de haute performance/spectrométrie de masse en tandem (HPLC-MS/MS), à l'aide d'un isotope stable servant d'étalon interne^{40, 41, 82}.

20. L'Acrylamide Infonet, réseau administré par l'Institut de coopération pour la sécurité sanitaire des aliments et la nutrition appliquée (JIFSAN) pour la FAO et l'OMS fait fonction de ressource globale et d'inventaire de la recherche en cours sur l'acrylamide dans les aliments³³. L'Infonet contient l'information (ou les liens vers l'information) sur diverses méthodologies analytiques.

21. Les méthodes et les techniques de préparation des échantillons utilisées pour mesurer l'acrylamide dans les aliments ont récemment été examinées⁴¹. L'examen a porté sur l'information relative aux méthodes énoncées dans des articles approuvés entre collègues et d'autres sources (par exemple, une enquête menée dans des laboratoires publics et privés des États membres de l'UE). Les auteurs ont conclu que le rôle joué par les différentes techniques d'extraction ou solvants d'extraction n'a pas encore été bien approfondi et que les critères de performance des différentes méthodes doivent être examinés de façon critique⁴².

22. La situation concernant la méthodologie d'analyse de l'acrylamide depuis avril 2004 a été examinée au cours de l'Atelier sur la présence d'acrylamide dans les aliments du JIFSAN⁴³. Le groupe de travail sur la méthodologie analytique a tiré les conclusions suivantes: (1) toutes les matrices concernées sont raisonnablement couvertes mais l'information est limitée quant à l'efficacité des méthodes appliquées à une gamme d'aliments, (2) l'identification des composés détectés en tant qu'acrylamide est fiable, (3) les résultats numériques sont généralement satisfaisants, suivant la concentration et la matrice, et (4) les essais d'aptitude sont fréquents et continus, mais le matériel de référence certifié et la validation interlaboratoire des méthodes sont insuffisants. Le groupe de travail a aussi identifié les éléments permettant d'appliquer correctement la méthodologie⁴³.

23. Le groupe d'étude du Centre commun de recherche de la Commission européenne (CCR) sur les méthodes relatives à l'acrylamide poursuit l'examen des critères relatifs aux méthodes analytiques. Le CCR a procédé à une série d'essais d'aptitude visant à détecter l'acrylamide dans diverses matrices⁴². Un test récent sur des échantillons de pain plat a montré le manque d'efficacité ($z > 2$) dans environ 30 pour cent des laboratoires participants pour au moins un des cinq échantillons analysés. Dans le cadre du projet Heatox⁴⁴ de la CE, le CCR prévoit de valider deux méthodes de détermination de l'acrylamide dans certaines matrices d'aliments. Le CCR, en collaboration avec l'Institut allemand de recherche et d'essais sur les matériaux, prépare actuellement des matériaux de référence certifiés pour l'acrylamide (pain grillé et pain plat).

24. Aux États-Unis, l'Association nationale des transformateurs d'aliments (NFPA) a organisé trois essais circulaires pour évaluer l'efficacité analytique des laboratoires publics et privés pratiquant l'analyse de l'acrylamide. Des laboratoires tant nord-américains qu'euro-péens ont participé aux essais et diverses méthodes ont été représentées. Les résultats de la dernière série d'essais, qui portait sur des échantillons de céréales, de beurre d'arachide, de chocolat, et de café, sont disponibles sur le site Internet du JIFSAN⁴³.

EXPOSITION ALIMENTAIRE

25. L'acrylamide a été détecté dans les aliments de fabrication industrielle et de préparation ménagère. La vaste gamme d'aliments dans lesquels l'acrylamide est susceptible de se former comprend des denrées de consommation courante et des produits alimentaires de haute valeur nutritionnelle.

26. Le tableau 1 contient le résumé de certains résultats des analyses de l'acrylamide présente dans les aliments à ce jour. Le nombre des analyses effectuées sur certains de ces groupes d'aliments est limité. On a observé une grande variabilité de la concentration d'acrylamide dans les aliments à l'intérieur d'une même catégorie et à l'intérieur de lots d'un même produit traités dans les mêmes conditions. Ce résumé contient les données recueillies depuis avril 2002; à ce titre, il n'exprime pas nécessairement les concentrations actuelles d'acrylamide dans ces denrées.

Tableau 1: Résumé des concentrations d'acrylamide relevées dans les aliments

Groupes d'aliments	Groupes de produits alimentaires	Concentration d'acrylamide (µg/kg)	
		Minimale	Maximale
Pommes de terre	Chips ^a	117 ⁶	3770 ⁴⁵
	Pommes frites ^{b, c}	59 ⁴⁶	5200 ⁴⁶
	Pommes de terre (cruées)	<10 ⁴⁸	<50 ⁴⁷
	Beignets/croquettes de pommes de terre (frits)	42 ⁴⁵	2779 ⁴⁵
Produits à base de céréales	Tortilla chips	120 ²	220 ⁶
	Produits de boulangerie et biscuits	18 ⁴⁹	3324 ⁴⁵
	Pain d'épice	<20 ⁴⁵	7834 ⁴⁵
	Pain	<10 ⁶	130 ⁶
	Pain grillé	25 ⁴⁷	1430 ⁵⁰
	Céréales de petit déjeuner (sauf pour bébé)	11 ⁶	1057 ⁶
	Pain plat	<30 ²	2838 ⁴⁵
	Gâteaux et biscuits pour diabétiques	20 ⁴⁵	3044 ⁴⁵
	Popcorn (sucré et salé)	57 ⁴⁵	300 ⁴⁵
	Biscuits au sésame	55 ⁴⁵	160 ⁴⁵
	Riz et nouilles	Nouilles frites	3 ⁵¹
Riz frit		<3 ⁵¹	67 ⁵¹
Soupe aux nouilles instantanées		<3 ⁵¹	152 ⁶
Crackers à base de riz, grillé ou frits		17 ⁴⁹	500 ⁵²
Fruit et légumes	Olives noires en conserve	123 ⁵³	1925 ⁶
	Jus de prune en bouteille	53 ⁵³	267 ⁶
	Légumes frits (y compris les beignets de légumes)	34 ⁴⁹	34 ⁴⁹
Fruits à coque	Fruits à coque, y compris le beurre d'arachide	28 ⁶	339 ⁶
Aliments frits mixtes	Spécialités asiatiques frites - dumplings, petits pains, beignets	<3 ⁵¹	190 ⁵¹
	Amuse-gueules asiatiques salés frits (lentilles, 'bombay mix')	33 ⁴⁵	120 ⁴⁵
Poissons et viande	Poisson et produits de la mer, frits dans la chapelure ou dans la pâte à frire	<2 ⁴⁹	397 ⁷
	Viande/produits avicoles, frits dans la chapelure ou dans la pâte à frire)	<10 ⁶	64 ⁷
	Viande, volaille et poisson en carcasse (frite)	<5 ¹⁸	52 ¹⁸
Produits à base de cacao	Produits de chocolaterie	<2 ⁴⁶	826 ⁴⁵
	Poudre de cacao ^d	<10 ⁶	909 ⁶

Groupes d'aliments	Groupes de produits alimentaires	Concentration d'acrylamide ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
		Minimale	Maximale
Boissons	Café (torréfié) ^e	45 ⁶	975 ⁴⁵
	Substitut du café ^f	116 ⁴⁵	5399 ⁶
	Extrait de café/café en poudre ^e	195 ⁴⁵	4948 ⁴⁵
	Thé grillé (hoji-cha) et thé Oolong ^g	<9 ⁵²	567 ⁵²
	Grains d'orge grillés (pour le thé)	140 ⁷	578 ⁴⁹
	Bière	<6 ⁴⁶	<30 ⁵⁰
Aliments pour nouveaux-nés/bébés	Biscuits/biscottes pour bébés	<20 ⁴⁵	910 ⁴⁶⁵
	Aliments pour bébés en bocaux/conserves	<10 ⁶	121 ⁶

^a Produit à base de pomme de terre finement tranché et frit (comprend ce qu'on appelle potato chips dans certaines régions, dont l'Amérique du Nord).

^b Produits à base de pommes de terre tranchés plus grossièrement (appelés French fries dans certaines régions dont l'Amérique du Nord et chips au Royaume-Uni).

^c Des concentrations plus élevées ont été observées dans les produits de préparation ménagère trop cuits, comme l'échantillon de frites trop cuites où on a observé une concentration d'acrylamide de 12800⁴⁸.

^d La poudre de cacao pour la pâtisserie.

^e Analysé tel qu'il est vendu (café torréfié/instantané/poudre d'extrait de café), pas prêt à la consommation.

^f On ne sait pas si l'échantillon correspondant à la valeur minimale a été analysé tel qu'il est vendu ou prêt à la consommation. L'échantillon correspondant à la valeur maximale a été analysé tel qu'il est vendu, et non prêt à la consommation.

^g Le thé torréfié (hoij tea) contient de 519 à 567 $\mu\text{g}/\text{g}$ et le thé Oolong contient de moins de 9 à 142 $\mu\text{g}/\text{g}$, respectivement. Des échantillons de thé vert, de thé noir et de thé Pu'er ne contenait pas de quantité détectable d'acrylamide [$<9 \mu\text{g}/\text{g}$] et/ou en contenaient des traces [9 to 30 $\mu\text{g}/\text{g}$]⁵³.

27. Le tableau 2 est un récapitulatif des nombreuses études qui ont été faites pour estimer l'exposition alimentaire à l'acrylamide. Les estimations des doses à court terme vont de 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de poids corporel par jour pour une consommation moyenne à 3,4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de poids corporel par jour pour une consommation forte. Ces concentrations sont résumées dans le tableau 2. Il est bon de signaler que diverses méthodes ont été utilisées pour obtenir les données sur la présence d'acrylamide et sur la consommation alimentaire, et pour estimer l'exposition alimentaire.

Tableau 2: Résumé des estimations d'ingestion d'acrylamide par voie alimentaire

Pays/Organisation	Estimation des doses d'ingestion d'acrylamide ($\mu\text{g}/\text{kg}$ poids corporel/jour)*
FAO/ OMS ⁷	0.3 - 0.8
UE CSA ²⁷	0.2-0.4
BfR, Allemagne ⁵⁴	1.1 – 3.4
BAG, Suisse ⁵⁵	0.28
SNT, Norvège ⁵⁶	0.32 – 1.35
AFSSA, France ⁵⁷	0.5 – 2.9
SNFA, Suède ^{58,114}	0.45 – 1.03
NFCS, Pays-Bas ⁵⁰	0.48 – 1.1
États-Unis ⁵⁹	0.43-2.31
Royaume-Uni ⁶⁰	0.3 – 1.8
JECFA ³⁹	1-4

*les fourchettes expriment les niveaux d'exposition pour des consommations moyennes et fortes quand elles ont été estimées

28. La FDA a découvert que huit groupes d'aliments (les chips^a, les frites normales^b, les frites cuites au four, les céréales de petit déjeuner, le pain grillé, les biscuits, le pain blanc, le café) sont la cause de plus de 80 pour cent de la dose moyenne d'acrylamide ingérée par la population et qu'aucun aliment unique n'est à lui seul entièrement responsable de la dose moyenne d'acrylamide ingérée par la population⁶¹. Les estimations des expositions alimentaires calculées au Royaume-Uni montrent aussi que les produits à base de céréales et les pommes de terre sont les principales sources d'acrylamide dans l'alimentation au Royaume-Uni⁶⁰. Les principaux groupes d'aliments responsables de l'exposition à l'acrylamide semblent être les mêmes en Amérique du Nord et en Europe.

29. La contribution apportée par la cuisine familiale à l'exposition globale n'a pas été établie.

Les sources d'exposition non alimentaires

30. Les autres sources possibles d'exposition potentielle à l'acrylamide comprennent l'exposition en milieu professionnel¹¹ et le tabac^{9, 62}, et la présence de résidus d'acrylamide dans le polyacrylamide utilisé pour la fabrication des produits comme les cosmétiques, les conditionneurs de sol, et dans les coagulants et les floculants utilisés dans le traitement de l'eau¹¹. On a établi les limites acceptables pour l'acrylamide contenu dans les cosmétiques et dans l'eau^{11, 63, 64}.

FORMATION DANS LES ALIMENTS

31. L'acrylamide a été détecté dans les aliments soumis à un traitement thermique dans la transformation industrielle et dans la cuisine familiale.

32. Plusieurs mécanismes théoriques de la formation de l'acrylamide dans les aliments ont été identifiés, y compris les voies qui partent des acides aminés seuls, des intermédiaires d'acroléine, des intermédiaires d'acide acrylique et des précurseurs du brunissement de la réaction de Maillard²⁴. La voie qui semble être la cause principale de la présence d'acrylamide dans la majorité des aliments où l'acrylamide a été détecté repose sur une réaction chimique induite à haute température appelée la réaction de Maillard, entre l'acide aminé asparagine et certains sucres réducteurs, qui existent tous les deux naturellement dans les aliments^{20-24, 65, 66}. Les aliments riches en ces deux précurseurs sont essentiellement d'origine végétale, par ex., les pommes de terre et les céréales⁶⁷. Dans un grand nombre de modes de cuisson, la réaction de Maillard est le processus chimique prédominant par lequel se produisent les déterminants de la couleur, la saveur, l'arôme et la texture des aliments cuits, à partir de réactions très complexes entre les acides aminés et les sucres.

33. Selon les études mécanistes, d'autres voies de formation de l'acrylamide dans les aliments font l'objet d'hypothèses^{25, 26}: (a) l'asparagine ou la glutamine chauffées à 180 °C entraînent la formation d'acrylamide par dégradation thermique, bien qu'il ne s'agisse que de traces, (b) l'ammoniac produit par les acides alpha-aminés par dégradation de Strecker réagit avec l'acide acrylique produit par l'acroléine pendant la dégradation des lipides ou par l'acide aspartique produit par voie analogue⁷⁶⁸ (c) un radical à fonction acide acrylique produit par l'acroléine chauffée à haute température réagit avec un radical aminé produit par le chauffage à haute température d'un acide aminé, et (d) l'amino-3 propionamide produit par la décarboxylation enzymatique de l'asparagine (par ex., dans la pomme de terre) se dégrade en acrylamide pendant le chauffage. Cependant, dans la majorité des cas, la voie principale est la réaction à haute température entre l'asparagine et les sucres réducteurs^{69, 70}.

^a Produit à base de pomme de terre finement tranché et frit (comprend ce qu'on appelle potato chips dans certaines régions, dont l'Amérique du Nord).

^b Produits à base de pommes de terre tranchés plus grossièrement (appelés French fries dans certaines régions dont l'Amérique du Nord et chips au Royaume-Uni).

34. L'acrylamide a été également détecté dans le café, les olives noires en conserve, les fruits à coque, le chocolat, quelques produits à base de viande et de poisson, des légumes grillés (poivrons, oignons, brocolis) et les pruneaux^{6, 53, 71-73}. Des travaux intensifs ont été consacrés à l'étude de la formation de l'acrylamide pendant la torréfaction¹²⁰. Les recherches indiquent que l'asparagine est probablement le principal facteur déterminant de la présence d'acrylamide dans le café^{23, 66}. Mais d'autres mécanismes peuvent contribuer à la formation de l'acrylamide par suite des températures de transformation supérieures à celles utilisées dans les autres secteurs alimentaires^{26, 68}. On sait que l'acrylamide se forme au début du processus de torréfaction et que son taux diminue ensuite, à savoir qu'environ 70 pour cent de l'acrylamide formé se "perd" ou se dégrade pendant les étapes avancées de la torréfaction avant d'atteindre le degré final de torréfaction des produits à base de café torréfié couramment trouvé dans le commerce. Il a également été établi que les taux d'acrylamide sont plus bas dans le café torréfié foncé^{71, 121}. La présence d'acrylamide dans les olives et les pruneaux est inattendue, et les mécanismes de sa formation dans ces aliments n'ont pas été identifiés⁷². D'autres facteurs, comme l'utilisation du gluconate de fer, peuvent jouer un rôle dans la formation de l'acrylamide dans les olives noires en conserve⁷⁴, mais cela n'est pas confirmé.

35. Les résultats des études sur les effets de la cuisine familiale donnent à penser que l'acrylamide est présente dans les aliments préparés à la maison comme les frites et le pain grillé, mais que les concentrations peuvent être minimisées (voir la section sur la réduction des concentrations)⁷⁶. La FDA américaine a aussi analysé l'acrylamide présente dans des centaines d'échantillons d'aliments faisant partie de l'étude de la ration alimentaire totale de la FDA, qui examine les aliments tels qu'ils sont préparés par les consommateurs⁵³. Des recherches sur la formation d'acrylamide dans la cuisine familiale sont en cours aux États-Unis et au Royaume-Uni.^{33, 76, 77}

36. Les études sur la stabilité de l'acrylamide dans les aliments ont montré que l'acrylamide n'est pas stable dans le temps dans certains aliments. On a observé une baisse des concentrations d'acrylamide dans le café, le cacao, les biscuits, le pain d'épice et la réglisse pendant l'entreposage^{74, 78-80}.

RÉDUCTION DES CONCENTRATIONS D'ACRYLAMIDE DANS LES ALIMENTS

37. Cette section du document de travail est destinée à servir de base à l'élaboration d'un futur Code d'usages pour réduire les concentrations d'acrylamide dans les aliments. Les grandes lignes du Code d'usages proposé figure en annexe 1 et le descriptif de projet relatif à la proposition d'une nouvelle activité figure en annexe 2.

Facteurs liés à la formation d'acrylamide

38. Les facteurs liés à la formation d'acrylamide ont surtout été identifiés dans les aliments à base de pommes de terre et de céréales. Ces facteurs clés comprennent la présence de précurseurs de l'acrylamide (principalement l'asparagine et les sucres réducteurs), la température et le temps de cuisson, et d'autres conditions de réaction ou paramètres, comme le pH, l'activité de l'eau, l'étendue de la surface, et l'étendue du brunissement. Certains de ces facteurs ont le potentiel d'être manipulés pour réduire les taux d'acrylamide.

39. Pour une concentration donnée de sucre et d'asparagine, il se forme davantage d'acrylamide dans les pommes de terre que dans la farine de blé et la fécule de maïs. Cela indique que d'autres facteurs entrent en jeu comme la présence d'ammoniac^{22, 119}.

40. Dans les aliments à base de pommes de terre, la teneur en sucres réducteurs est un facteur important de la formation d'acrylamide, le taux d'asparagine ayant moins d'importance. Un certain nombre de facteurs affectent la teneur en sucres dans la pomme de terre, comme la variété, la température du milieu de culture, la teneur en humidité des sols et les conditions d'entreposage¹⁶. Les types de cultivars et les conditions d'entreposage sont des facteurs clés de la détermination de la teneur en sucres réducteurs^{15-17, 81-86}. Plusieurs groupes de chercheurs^{83, 85} ont constaté que la teneur en sucres réducteurs dans une variété de cultivars de pommes de terre varie dans une fourchette de 1 à 32, alors que la teneur en asparagine libre varie dans une fourchette plus étroite. On a observé que l'entreposage à basse température (4-6 °C), même sur de courtes périodes, peut augmenter considérablement la quantité de sucres dans les pommes de terre^{15,75,84}. On a signalé que même les cultivars de pommes de terre qui ont un taux faible de sucres au moment de la récolte enregistrent une augmentation substantielle de leur teneur en sucres pendant l'entreposage à basse température⁸⁴. Dans l'industrie de transformation de la pomme de terre, on entrepose les pommes de terre à 6-8°C (pour les pommes de terre destinées à faire les frites) ou 8-10°C (pour les pommes de terre destinées à faire les chips) pendant de longues périodes (jusqu'à 9 mois) afin de prévenir une forte accumulation des sucres⁷⁵. Dans l'industrie de transformation de la pomme de terre, les pommes de terre sont souvent reconditionnées pendant deux à trois semaines après un entreposage prolongé à 6-8°C; le reconditionnement fait baisser la teneur en sucres par suite d'une augmentation de la respiration⁷⁵. Un rapport indique que les frites du marché des aliments réfrigérés prêts à consommer, qui ont subi une pré-transformation (par exemple, blanchiment, pré-friture), peuvent afficher des concentrations d'acrylamide supérieures à celles contenues dans les frites surgelées, suite à la production de sucres réducteurs pendant l'entreposage.

41. Dans les aliments à base de céréales, le taux inhérent des sucres réducteurs est plus bas et varie moins que dans la pomme de terre⁸⁷. Les taux d'asparagine contenu dans la matière première et la méthode de transformation sont les deux facteurs déterminants de la quantité d'acrylamide présente dans le produit final^{75, 87}.

42. L'action combinée de la température et du temps de cuisson affecte aussi la concentration d'acrylamide dans les aliments. On a observé que quand la température d'un aliment dépasse 120 °C, la concentration d'acrylamide s'accroît rapidement avec la température sur une amplitude limitée⁸⁸. À des températures supérieures à 160-170 °C, la vitesse d'élimination de l'acrylamide augmente considérablement dans certains aliments et autres systèmes de modèles^{16, 22}. Certes, la réduction de l'exposition à des températures élevées ou à une cuisson de longue durée permet généralement de réduire la concentration d'acrylamide, mais on n'est pas encore certain que la diminution du temps ou de la température de cuisson produise le meilleur impact, ou soit le plus efficace, car des résultats différents ont été obtenus sur des aliments différents. Par exemple, on a observé des concentrations plus élevées d'acrylamide pour des temps de cuisson plus courts et des températures plus élevées dans les beignets frits chinois⁵¹ et les frites cuites au four ou à la grande friture.¹⁵ Réciproquement, on a observé des concentrations plus élevées d'acrylamide dans le pain d'épice cuit plus longtemps à des températures plus basses⁸³. De plus, il n'est pas toujours possible de diminuer le temps et la température de cuisson au-delà d'un certain point sans que cela n'affecte l'attractivité ou la qualité des aliments. Par exemple, baisser la température de friture des frites permet de diminuer leur teneur en acrylamide mais entraîne une augmentation de leur teneur en graisse¹⁵. Enfin, on a aussi constaté qu'en prolongeant la durée de cuisson, il est possible de diminuer la quantité d'acrylamide contenue dans certains aliments en activant l'élimination de l'acrylamide^{75, 87}.

43. Les autres facteurs qui affectent la formation d'acrylamide comprennent le pH, l'activité de l'eau, l'étendue de la surface, et l'étendue du brunissement. La formation d'acrylamide à partir d'asparagine semble se produire de façon optimum au pH 7-8, et les chercheurs ont testé la capacité de divers acides (par ex., l'acide citrique) à réduire la formation d'acrylamide dans les aliments chauffés^{17, 89, 90}.

44. L'étendue du brunissement dans certains aliments cuits (par ex., la croûte de pain, le pain grillé, les pommes de terre) est liée à la concentration d'acrylamide contenu dans un produit donné, donc en cuisant les aliments dans des conditions qui limitent l'étendue du brunissement il est possible de diminuer la formation d'acrylamide dans un produit donné⁹¹⁻⁹³. Bien qu'on ait remarqué une corrélation entre la couleur d'un aliment et sa teneur en acrylamide, il n'est pas possible d'établir une règle générale applicable à tous les produits. L'étendue de la surface est liée au brunissement par le fait qu'une augmentation de l'étendue de la surface augmente la superficie sur laquelle les réactions de brunissement formant l'acrylamide peuvent se produire; en réduisant l'étendue de la surface, on pourra limiter la formation d'acrylamide⁹¹.

45. On a examiné les effets des divers additifs susceptibles de réduire la formation d'acrylamide dans les produits à base de pommes de terre, mais il ne s'agit que d'approches préliminaires⁷⁶. Les exemples d'additifs qui réduisent l'acrylamide comprennent les acides citrique et lactique, les acides aminés, le romarin, le chlorure de calcium, le phytate, et un mélange d'épices flavonoïde^{16,17,23,76,94,95}. L'asparaginase a été utilisée avec succès pour obtenir des réductions substantielles du taux d'acrylamide dans les flocons de pommes de terre et les frites, mais la commercialisation du procédé n'aura pas lieu avant plusieurs années^{24,66}. La production commerciale d'asparaginase fait l'objet de deux brevets d'invention actuellement à l'étude. L'approbation de l'utilisation de l'asparaginase comme auxiliaire de transformation devra être délivrée par les autorités compétentes. Les autres additifs, comme le BHT, le sésamol et la vitamine E favorisent la formation d'acrylamide dans la viande⁹⁶. De même, la formation d'acrylamide augmente quand on ajoute de l'huile végétale aux pommes de terre, effet probablement dû aux antioxydants contenus dans l'huile⁹⁶.

46. Le type d'huile utilisée pour la cuisson n'a aucune répercussion significative sur la formation d'acrylamide dans les aliments frits⁹⁷.

47. Des rapports récents ont indiqué une corrélation positive entre la formation d'antioxydant (qui constitue un bienfait nutritionnel) et les concentrations d'acrylamide dans les biscuits et le café¹¹⁸, chacun résultant de la réaction de Maillard.

Stratégies de réduction de la formation d'acrylamide dans les aliments

48. Il est possible de modifier certains paramètres/facteurs responsables de la formation de l'acrylamide dans le but de réduire la quantité d'acrylamide contenue dans le produit final. Certaines de ces modifications sont traitées dans cette section. La CIAA a conçu une «boîte à outils» contenant les mesures applicables à des groupes d'aliments donnés. La boîte à outils contient les méthodes ayant le potentiel de réduire l'acrylamide au niveau: des paramètres naturels (par ex., les facteurs agronomiques, biologiques et chimiques des matières premières), de la composition du produit (par ex., des recettes différentes), des conditions de transformation (par ex., traitement thermique ou prétraitement du produit ou des ingrédients) et de l'évaluation de l'impact de ces méthodes sur les caractéristiques du produit fini (par ex., le goût, la couleur, la durée de conservation, etc.)⁷⁵. Cette approche a été présentée dans le détail lors d'une réunion des parties prenantes de la Commission européenne en janvier 2005 et s'inspire des progrès déjà accomplis sur les moyens de diminuer la concentration d'acrylamide formé dans les aliments, comme cela a été mis en évidence à la réunion des parties prenantes de la Commission européenne d'octobre 2003^{77,87}. Une version publique de la boîte à outils figure sur le site Internet de la CIAA depuis septembre 2005⁹⁸.

Produits à base de pommes de terre

49. Les stratégies visant à minimiser la formation d'acrylamide dans les produits à base de pommes de terre sont axées sur la réduction de la quantité des sucres réducteurs précurseurs dans la tubercule de la pomme de terre et sur la minimisation de la conversion de ces sucres en acrylamide sous l'effet d'un traitement thermique. Les stratégies comprennent la sélection des cultivars de pommes de terre à faible teneur en sucres réducteurs, l'entreposage des pommes de terre à des températures de l'ordre de 8-10°C ou plus et des températures et des temps de cuisson modérés^{16,84}.

50. Le choix du cultivar de pomme de terre adapté à la fois à la transformation commerciale et à la vente au détail dépend de l'utilisation qui sera faite de la pomme de terre. L'industrie alimentaire sélectionne les pommes de terre qui ont des qualités particulières y compris une faible teneur en sucres réducteurs pour la préparation des chips^a ou des frites^b, qui permet d'obtenir un produit de couleur plus claire^{15,81,85}. D'une façon générale, l'utilisation des pommes de terre à faible teneur en sucres réducteurs dans les modes de cuisson qui tendent à favoriser la formation de l'acrylamide, comme la friture et la cuisson au four, doit faire partie des stratégies de minimisation de l'acrylamide dans les aliments^{81,83}.

51. Comme l'entreposage à des températures inférieures à 6-10°C stimule la formation des sucres réducteurs, l'acrylamide peut être minimisée en évitant d'entreposer les pommes de terre dans des conditions de réfrigération (4-6°C) si l'utilisation prévue est la friture ou la cuisson au four, ou d'autres modes de cuisson à hautes températures^{81, 83, 84, 93, 97}. L'entreposage à 8-10 °C ou plus est préconisé entre la ferme et le consommateur, puisque la réfrigération, aussi courte soit-elle (par ex., plusieurs jours) risque d'accroître la teneur en sucres réducteurs^{15,84}. L'information aux consommateurs concernant les conditions d'entreposage des pommes de terre, y compris l'inutilité d'utiliser un lieu d'entreposage réfrigéré, doit être envisagée⁸¹. La décision d'utiliser les températures d'entreposage comme moyen de contrôler la teneur en sucres doit être évaluée par rapport aux bénéfices apportés par l'entreposage à basse température qui permet de prévenir la formation des germes et les maladies et suite auquel les pommes de terre sont disponibles toute l'année et les résidus des anti-germes chimiques sont moindres^{84, 99}.

52. Le trempage ou le blanchiment dans l'eau des pommes de terre destinées à la friture ou à la cuisson au four abaisse la teneur en acrylamide contenu dans le produit fini en éliminant les précurseurs de l'acrylamide^{15,76}. Ce traitement permet aussi de retarder le brunissement, mais le temps de cuisson est plus long donc aboutit à la même teneur en acrylamide^{15,97}. Le lavage par rinçage à l'acide, à l'eau vinaigrée⁷⁶ ou à l'acide citrique¹⁵ contribue à réduire l'acrylamide, cependant, pour que ce traitement soit efficace, la quantité requise du produit ajouté risque d'affecter le goût et la consistance et d'avoir un effet indésirable sur la qualité de l'huile de friture. Le blanchiment est un procédé couramment utilisé dans la fabrication des frites pour contrôler la teneur en sucres à la surface du produit. Lors de l'élaboration des stratégies de minimisation de l'acrylamide pour ces produits, il est nécessaire d'anticiper sur les autres effets produits par le trempage avant la friture. Par exemple, le lessivage de la vitamine C des pommes de terre pendant l'immersion dans l'eau est bien connu et l'étuvage ou le trempage des pommes de terre avant de les faire frire ou cuire au four risque d'augmenter la teneur en graisses du produit final.

53. On a constaté que l'ajout d'acides aminés a contribué à réduire les concentrations d'acrylamide dans les produits frits à base de pommes de terre^{17,100}. Toutefois, leur efficacité n'est pas la même avec tous les produits; par exemple, l'ajout d'acides aminés pendant le blanchiment peut réduire la formation d'acrylamide dans les chips, mais n'a aucun effet apparent sur les frites.

54. La présence d'ions calcium peut également être efficace à réduire la formation d'acrylamide. Une demande de brevet récente¹⁰¹ contient la description des études en laboratoire dans lesquelles le cation calcium réduit la concentration d'acrylamide dans un certain nombre de produits, y compris les frites et les chips préfabriquées.

55. On peut aussi réduire la concentration d'acrylamide dans les produits frits ou cuits au four en diminuant l'étendue de la surface, par exemple, en coupant les pommes de terre en tranches plus épaisses ou en enlevant les fines (les petits morceaux de pomme de terre) avant ou après la friture^{15,91,97}.

56. Une stratégie prometteuse de réduction de l'exposition à l'acrylamide fait appel à l'utilisation de l'enzyme asparaginase. S'il est vrai que l'application commerciale de cette approche est quelque peu lointaine, les études préliminaires sont encourageantes. Par exemple, les expériences en laboratoire ont montré des diminutions de la formation d'acrylamide dans 97 pour cent des chips et 80 pour cent des frites^{24, 102}.

57. Les produits de grignotages composés à base de pommes de terre sont préparés à partir de types de pâte à base de flocons de pommes de terre. Il est possible de diminuer la teneur en acrylamide de ces produits en remplaçant partiellement les ingrédients à base de pommes de terre, par d'autres ingrédients comme le blé, le maïs et le riz dont la teneur en sucres réducteurs et asparagine est plus basse⁷⁵.

58. La concentration d'acrylamide peut aussi être contrôlée en évitant le brunissement excessif^{91,103}. Pour les frites, le seuil à atteindre est quand elles sont croquantes et dorées, et légèrement rissolées aux extrémités ou sur la tranche^{15,76} ou d'une couleur dorée, sans brunissement à la surface⁸⁷.

59. Un traitement thermique moins intense à la cuisson, soit en diminuant la température, soit en raccourcissant le temps, peut aussi contribuer à réduire la concentration d'acrylamide^{15, 76, 87}. Des températures de friture plus basses pour la cuisson des frites permettent de réduire la concentration d'acrylamide en évitant l'augmentation rapide de l'acrylamide en fin de cuisson, notamment à températures plus élevées, quand il est plus facile d'excéder les conditions de cuisson idéales^{15, 97}. En revanche, des températures de cuisson basses ne signifient pas nécessairement des concentrations d'acrylamide basses dans tous les aliments ou dans tous les cas (par ex.,^{51, 91}), y compris quand le temps de cuisson est prolongé pour compenser la température moins élevée⁷⁶. Le brunissement est probablement un critère plus important à surveiller que la température dans la préparation des frites⁷⁶. Les températures plus basses de l'huile peuvent aussi entraîner une augmentation de la teneur en eau et en huile des produits frits finis, ce qui est potentiellement préoccupant en matière de qualité et de salubrité des aliments^{15, 87}.

60. La pratique de l'immersion dans un bain sucré pour donner aux produits à base de pommes de terre précuits (comme les frites) une couleur dorée uniforme doit être reconsidérée, car le sucre contenu dans le bain peut favoriser la formation d'acrylamide⁸⁷.

Produits à base de céréales

61. La température et le temps de cuisson sont aussi les facteurs cibles de la réduction des concentrations d'acrylamide dans les produits à base de céréales. D'une façon générale, la cuisson au four de ces produits doit s'arrêter quand on obtient le taux d'humidité voulu et que le brunissement de la croûte ou en surface est minimal⁷⁶. En diminuant la température et le temps de cuisson, on peut diminuer la concentration d'acrylamide dans certains produits; par contre, pour d'autres produits, des temps de cuisson plus longs et des températures plus élevées peuvent faire baisser la concentration d'acrylamide (par suite de l'élimination de l'acrylamide formée antérieurement); il est nécessaire que les fabricants évaluent les conditions de cuisson de chacun des produits⁸⁷. La nécessité de maintenir un taux d'humidité faible dans les produits secs et croquants (par ex., le pain plat) pour qu'ils conservent la consistance voulue et ne se détériorent pas est un souci majeur en matière de fabrication de ces produits⁸⁷.

62. L'utilisation d'ingrédients de faible teneur en asparagine libre ou en sucres réducteurs peut permettre de réduire les concentrations d'acrylamide dans les produits finis à base de céréales^{87, 89, 92}. Mais l'utilisation de ces ingrédients risque de créer d'autres problèmes, par exemple, la substitution des sucres réducteurs par des sucres non réducteurs affecte la couleur et l'arôme du produit, comme dans le cas du pain d'épice⁸⁹. De plus, on a observé que les farines brutes (qui contiennent le son) produisent des concentrations d'acrylamide supérieures à celles des farines blanches. En revanche, les farines brutes ont des qualités nutritionnelles supérieures^{75, 87}. Il n'existe actuellement aucune stratégie de réduction du taux d'asparagine libre dans les ingrédients à base de céréales^{87, 92}. Dans le cadre d'une stratégie à long terme, il serait bon d'encourager les sélectionneurs de végétaux à contrôler l'asparagine et à développer des variétés dont la caractéristique souhaitée serait la faible teneur en asparagine⁷⁵.

63. L'utilisation d'agents autres que le bicarbonate d'ammonium comme agent de levage dans les produits de boulangerie sucrés peut aussi favoriser la réduction de la concentration d'acrylamide dans ces produits car il est prouvé que celui-ci contribue à produire des concentrations d'acrylamide élevées en agissant comme catalyseur de la réaction dans les systèmes expérimentaux^{87, 89, 119}. De telles modifications risquent d'affecter le goût des produits et d'entraîner des modifications nécessaires au niveau des autres ingrédients^{79, 89}.

64. La fermentation de la levure des pâtes à pain à base de blé est connue pour réduire la teneur en asparagine libre¹⁰⁴. En deux heures, la fermentation utilise presque toute l'asparagine contenue dans les modèles de pâte faite de farine de blé, mais une durée plus courte est moins efficace¹⁰⁵. Le processus de fermentation apparaît donc comme l'un des paramètres qui pourra être manipulé pour réduire la formation de l'acrylamide.

65. Les concentrations d'acrylamide dans le pain grillé semblent augmenter avec la couleur^{47, 75, 76}.

66. On observe des différences considérables entre les concentrations d'acrylamide contenue dans des lots différents des mêmes céréales de petit déjeuner traités dans des conditions identiques. Les améliorations obtenues grâce aux modifications testées à ce jour sont minimes par rapport aux différences qui existent entre les lots. Une meilleure compréhension des mécanismes de formation de l'acrylamide est nécessaire pour pouvoir réduire les concentrations d'acrylamide de façon constante⁹³.

67. La variation de la concentration moyenne d'asparagine d'une récolte à l'autre influe sur le degré de formation d'acrylamide dans les céréales de petit déjeuner⁷⁵.

Approches actuelles des gouvernements en matière de réduction de l'acrylamide

68. L'approche des gouvernements et des organisations gouvernementales en matière de réduction de l'acrylamide a consisté à délivrer des avis aux consommateurs (États-Unis, Canada, Royaume-Uni, FAO/OMS), à mener des recherches pour informer sur l'évaluation des risques et sur les mesures de gestion des risques³³ et à créer des programmes de réduction parrainés par les gouvernements (par ex., l'Allemagne)^{106, 107}.

69. En Amérique du Nord, la FDA et Santé Canada ont conseillé aux consommateurs de ne pas changer radicalement leurs habitudes alimentaires, mais de continuer à s'alimenter de façon équilibrée conformément aux recommandations^{46, 108} de chaque gouvernement en matière d'alimentation. Tant qu'on n'en sait pas davantage, la FDA continue de recommander aux consommateurs une alimentation variée composée d'aliments à faible teneur en graisses trans et en graisses saturées, et riches en céréales à haute teneur en fibres, en fruits et en légumes¹⁰⁸. Au printemps 2005, Santé Canada a actualisé ses recommandations aux consommateurs canadiens en leur conseillant de diminuer leur consommation d'aliments frits ou cuits en grande friture et les produits de grignotage comme les frites et les chips et d'opter pour une alimentation saine, composée d'une variété d'aliments pris dans les différentes catégories. Santé Canada a également formulé des suggestions quant à la réduction de l'exposition à l'acrylamide, par exemple, en observant certaines conditions de couleur et de température pour la cuisson des frites, en faisant tremper les pommes de terres coupées avant de les faire cuire, et en faisant légèrement griller le pain de sorte qu'il reste clair¹⁰⁹.

70. La consultation jointe FAO/OMS sur l'acrylamide a conseillé aux consommateurs de ne pas cuire exagérément les aliments – pendant trop longtemps ou à des températures trop élevées. La consultation a aussi recommandé une cuisson complète des aliments, notamment les viandes et les produits à base de viande, afin de détruire les agents pathogènes d'origine alimentaire comme les bactéries et les virus. Enfin, la consultation a conseillé aux consommateurs d'avoir une alimentation équilibrée et variée, riche en fruits et légumes, et de réduire leur consommation d'aliments frits et gras⁷.

71. En août 2002, l'Allemagne a introduit «le concept de minimisation» selon lequel des «taux témoins» calculés régulièrement ont été définis pour certains groupes d'aliments. Quand les contrôles effectués sur les concentrations d'acrylamide contenu dans ces aliments montrent que ces taux ne sont pas respectés, les producteurs doivent réduire la quantité d'acrylamide contenu dans leurs produits. Les consommateurs allemands ont également reçu des consignes sur la manière de préparer les frites et les pommes de terre au four¹⁰⁶.

72. Au Japon, le Ministère de la santé, du travail et du bien-être social a émis les mêmes consignes que la consultation mixte FAO/OMS sur l'acrylamide. Un projet de recherche parrainé par le gouvernement, dont l'objectif est de limiter la toxicité de l'acrylamide, est en cours.

73. Suite aux recommandations formulées en 2004 par les autorités fédérales suisses, les détaillants alimentaires suisses ont introduit une ligne d'emballage spécial pour les pommes de terre fraîches indiquant les préparations les mieux appropriées (rôties, frites et au four)¹¹⁵. Dans le Canton de Zurich, après avoir reçu une formation sur la réduction de la teneur en acrylamide dans les denrées alimentaires, les producteurs professionnels de frites (restaurants, hôpitaux, écoles etc.) ont été invités à soumettre des frites de bonne qualité et de faible teneur en acrylamide aux autorités cantonales pour analyse. Les recommandations relatives à la réduction de la formation d'acrylamide ont également fait l'objet d'un dépliant. Les autorités ont reçu 157 produits. La concentration médiane d'acrylamide était de 76µg/kg, tandis que les frites préparées à partir de préfabriqués frais avaient une teneur presque double de celles préparées à partir de préfabriqués congelés. Suite à une large diffusion des résultats, le secteur gastronomique s'est senti obligé de produire des frites contenant moins d'acrylamide, et a pris conscience de la réduction d'acrylamide réalisable dans leur domaine grâce aux conseils pratiques^{116, 117}.

ACTIVITÉS INTERNATIONALES

74. Quelques activités importantes concernant l'acrylamide sont résumées dans le tableau 3.

Tableau 3 Résumé des activités internationales concernant l'acrylamide

2002	Consultation FAO/OMS sur «Les conséquences sanitaires de la présence d'acrylamide dans les denrées alimentaires» ⁷
En cours	L'Acrylamide Infonet de la FAO et de l'OMS ³³
Novembre 2003	Atelier de l'AESA sur la formation d'acrylamide dans les aliments ¹¹⁰
Mars 2004	Symposium de l'American Chemical Society sur la chimie et la sécurité relatives à la présence d'acrylamide dans les aliments ¹¹¹
Avril 2004	2 ^{ème} Atelier du JIFSAN sur la présence d'acrylamide dans les aliments ¹¹²
En cours	Banque de données du CCR de la CE sur les taux d'acrylamide dans les aliments dans l'UE ⁴⁵
2002—en cours	Plan d'action pour l'acrylamide dans les aliments de la FDA américaine ³⁴ , Banque de données sur les taux d'acrylamide dans les aliments aux États-Unis. ^{6, 53}
En cours	Projet du programme-cadre de recherche de la Commission européenne (HEATOX) ^{44, 113}
Janvier 2005	Réunion des experts et des parties prenantes de la Commission européenne sur la présence d'acrylamide dans les aliments ⁷⁷
Février 2005	Évaluation du JECFA des risques liés à la présence d'acrylamide dans les aliments ³⁹

CONCLUSIONS

75. De nombreuses recherches menées à l'échelle internationale ont fourni des informations utiles sur la présence de l'acrylamide dans les aliments en matière de toxicologie, méthodologie analytique, formation et méthodes potentielles de réduction de sa formation.

76. Des incertitudes existent quant à l'impact produit par l'acrylamide contenu dans les aliments sur la santé publique. L'analyse effectuée par le JECFA en février 2005 a constaté que les marges d'exposition relatives à l'ingestion d'acrylamide et aux risques de cancer étaient basses pour un composé génotoxique et carcinogène, et que ces marges d'exposition sont l'indication d'un risque sanitaire pour l'homme.

77. S'il est vrai que les risques liés à la présence d'acrylamide dans les aliments et que l'effet global des options concernant la gestion des risques sont encore mal définis, les gouvernements et les organisations recommandent de modifier un tant soit peu les techniques de transformation des aliments pour réduire la formation d'acrylamide. Il importe que toute modification suggérée dans le but de réduire les concentrations d'acrylamide n'ait pas d'effets néfastes sur la sécurité des aliments et des régimes alimentaires en portant atteinte aux propriétés nutritionnelles ou à la sécurité microbiologique de l'aliment (par ex., en augmentant la teneur en graisses). Qui plus est, on n'a pas suffisamment d'information sur les différentes voies de formation de l'acrylamide pour identifier les modifications qui soient efficaces dans tous les aliments.

78. La consultation FAO/OMS de juin 2002 a conclu que la présence d'acrylamide dans les aliments est une préoccupation majeure, et recommande de poursuivre les recherches notamment sur les mécanismes de formation de l'acrylamide et sur sa toxicité. La consultation a recommandé aux consommateurs de continuer à avoir une alimentation équilibrée et riche en fruits et légumes, et a conseillé de ne pas cuire exagérément les aliments, par ex., trop longtemps ou à des températures trop élevées. Elle a cependant indiqué qu'il est important que les aliments soient soumis à une cuisson complète, notamment les viandes et les produits de la viande, afin de détruire les agents pathogènes d'origine alimentaire (bactéries, virus, etc.) qui y sont présents.

RECOMMANDATION

79. Il est recommandé que le Comité détermine s'il convient de poursuivre l'élaboration du présent document de travail ou si le document de travail, le descriptif de projet et les grandes lignes d'un Code d'usages devraient être transmises à la Commission du Codex Alimentarius pour examen concernant la rédaction du Code d'usages.

RÉFÉRENCES

1. CX/FAC 05/37/33, CCFAC, mars 2005. ftp://ftp.fao.org/codex/ccfac37/fa37_33f.pdf. 2005.
2. Agence nationale de sécurité alimentaire suédoise. Méthodologie analytique et résultats des études sur l'acrylamide présente dans les aliments. <http://www.slv.se/engdefault.asp>. 2002.
3. Autorité de sécurité alimentaire norvégienne. Résultats relatifs à l'acrylamide contenue dans les échantillons alimentaires norvégiens. <http://www.snt.no>. 2002.
4. Office fédéral de santé publique suisse. L'acrylamide dans les aliments. <http://www.bag.admin.ch/>. 2004.
5. Agence des normes alimentaires du Royaume-Uni (FSA). Étude sur l'acrylamide dans les aliments, mai 17, 2002. www.food.gov.uk.
6. Secrétariat américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques (FDA). Données exploratoires sur l'acrylamide présente dans les aliments. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydata.html>. 2004.
7. Organisation mondiale de la santé. Conséquences de la présence d'acrylamide dans les aliments. http://www.who.int/foodsafety/publications/chem/en/acrylamide_full.pdf. 2002.
8. Centre international de recherche sur le cancer. CIRC Monographies sur l'évaluation du risque carcinogénique des substances chimiques sur l'homme: acrylamide. [60], 389-433. 1994. Lyon, France, Centre international de recherche sur le cancer.
9. Bergmark,E. Hemoglobin adducts of acrylamide and acrylonitrile in laboratory workers, smokers and nonsmokers. *Chem. Res. Toxicol.* 10, 78-84 (1997).
10. Bergmark,E., Calleman,C.J., He,F., & Costa,L.G. Determination of hemoglobin adducts in humans occupationally exposed to acrylamide. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 120, 45-54 (1993).
11. Commission européenne. Evaluation du risque lié à l'acrylamide (CAS No. 79-06-1, EINECS No. 201-173-7). Rapport sur l'évaluation du risque préparé par le Royaume-Uni pour le compte de l'Union européenne dans le cadre des règlements du conseil (CEE) 793/93 sur l'évaluation et le contrôle des risques présentés par les substances « existantes ». <http://ecb.jrc.it/existing-chemicals/>. 2002.
12. Institut de coopération pour la sécurité alimentaire et la nutrition appliquée (JIFSAN). Rapport de synthèse de l'atelier JIFSAN 2004 sur l'acrylamide présente dans les aliments, sur l'exposition et les biomarqueurs. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg3_report.pdf. 2004.
13. Collins,J.J. et al. Mortality patterns among workers exposed to acrylamide. *J. Occup. Med.* 31, 614-617 (1989).
14. Marsh,G.M., Lucas,L.J., Youk,A.O., & Schall,L.C. Mortality patterns among workers exposed to acrylamide: 1994 follow up. *Occup. Environ. Med.* 56, 181-190 (1999).
15. Gama-Baumgartner,F., Grob,K. & Biedermann, M. Citric acid to reduce acrylamide formation in French fries and roasted potatoes. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchungen und Hygiene.* 95, 110-117. (2004).
16. Biedermann,M., Noti,A., Biedermann-Brem,S., Mozzetti,V., & Grob,K. Experiments on acrylamide formation and possibilities to decrease the potential of acrylamide formation in potatoes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93, 668-687 (2002).
17. Rydberg,P. et al. Investigations of factors that influence the acrylamide content of heated foodstuffs. *J Agric Food Chem.* 51, 7012-7018 (2003).
18. Tareke,E., Rydberg,P., Karlsson,P., Eriksson,S., & Tornqvist,M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem.* 50, 4998-5006 (2002).
19. Tareke,E., Rydberg,P., Karlsson,P., Eriksson,S., & Tornqvist,M. Acrylamide: a cooking carcinogen? *Chem. Res Toxicol.* 13, 517-522 (2000).
20. Stadler,R.H. et al. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature.* 419, 449-450 (2002).
21. Sanders,R.A. et al. An LC/MS acrylamide method and its use in investigating the role of asparagine. Acrylamide Symposium, 116th Annual AOAC International Meeting, September 22-26, 2002.
22. Mottram,D.S., Wedzicha,B.L., & Dodson,A.T. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature.* 419, 448-449 (2002).
23. Becalski,A., Lau,B.P., Lewis,D., & Seaman,S.W. Acrylamide in foods: occurrence, sources, and modeling. *J Agric Food Chem.* 51, 802-808 (2003).
24. Institut de coopération pour la sécurité sanitaire et la nutrition appliquée (JIFSAN). Rapport de synthèse de l'atelier JIFSAN 2004 sur l'acrylamide présente dans les aliments, sur les mécanismes de formation et les méthodes de réduction. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg1_report.pdf. 2004.
25. Granvogl,M., Jezussek,M., Koehler,P., & Schieberle,P. Quantitation of 3-aminopropionamide in potatoes-a minor but potent precursor in acrylamide formation. *J Agric Food Chem.* 52, 4751-4757 (2004).
26. Yasuhara,A., Tanaka,Y., Hengel,M., & Shibamoto,T. Gas chromatographic investigation of acrylamide formation in browning model systems. *J Agric Food Chem.* 51, 3999-4003 (2003).
27. Comité scientifique de l'alimentation de l'Union européenne. Opinion du Comité scientifique de l'alimentation de l'UE sur les récentes découvertes concernant la présence d'acrylamide dans les aliments, juillet 3, 2002. http://www.europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scf/out131_en.pdf. 2002.
28. Bull,R.J., Robinson,M., & Stober,J.A. Carcinogenic activity of acrylamide in the skin and lung of Swiss-ICR mice. *Cancer Lett.* 24, 209-212 (1984).
29. OMS – consultation urgente d'experts sur l'acrylamide présente dans les aliments, suite aux découvertes de l'Agence nationale de sécurité alimentaire suédoise. *Cent. Eur. J Public Health* 10, 162-173 (2002).

30. Gamboa da Costa, G. et al. DNA adduct formation from acrylamide via conversion to glycidamide in adult and neonatal mice. *Chem. Res. Toxicol.* 16, 1328-1337 (2003).
31. Segerback, D., Calleman, C.J., Schroeder, J.L., Costa, L.G., & Faustman, E.M. Formation of N-7-(2-carbamoyl-2-hydroxyethyl)guanine in DNA of the mouse and the rat following intraperitoneal administration of [¹⁴C]acrylamide. *Carcinogenesis*. 16, 1161-1165 (1995).
32. National Toxicology Program. NTP-CERHR expert panel report on the reproductive and developmental toxicity of acrylamide. http://cerhr.niehs.nih.gov/news/acrylamide/final_report.pdf NTP-CERHR-Acrylamide-04. 2004. http://cerhr.niehs.nih.gov/news/acrylamide/final_report.pdf.
33. FAO-OMS. Réseau FAO-OMS pour l'acrylamide dans les aliments (Acrylamide Infonet). <http://www.acrylamide-food.org/index.htm>. 2004.
34. Secrétariat américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques (FDA). Plan d'action de la FDA pour l'acrylamide présente dans les aliments. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrypla3.html>. 2004.
35. Doerge, D.R., Young, J.F., McDaniel, L.P., Twaddle, N.C., & Churchwell, M.I. Toxicokinetics of acrylamide and glycidamide in B6C3F1 mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 202, 258-267 (2005).
36. Maniere, I. et al. DNA damage and DNA adduct formation in rat tissues following oral administration of acrylamide. *Mutat. Res.* 580, 119-129 (2005).
37. Twaddle, N.C., Churchwell, M.I., McDaniel, L.P., & Doerge, D.R. Autoclave sterilization produces acrylamide in rodent diets: implications for toxicity testing. *J Agric Food Chem.* 52, 4344-4349 (2004).
38. Twaddle, N.C. et al. Determination of acrylamide and glycidamide serum toxicokinetics in B6C3F1 mice using LC-ES/MS/MS. *Cancer Lett.* 207, 9-17 (2004).
39. Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA). Résumé et conclusions: Soixante-quatrième session, Rome, 8-17 février 2005. http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary_report_64_final.pdf. 2005.
40. Musser, S.M. Detection and occurrence of acrylamide in U.S. foods, Presentation at US FDA Food Advisory Committee Contaminants and Natural Toxicants Subcommittee meeting, College Park, Md., décembre 4-5, 2002. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryage2.html>. 2002.
41. Wenzl, T., De La Calle, M.B., & Anklam, E. Analytical methods for the determination of acrylamide in food products: a review. *Food Addit. Contam.* 20, 885-902 (2003).
42. Wenzl, T. et al. Evaluation of the results from an inter-laboratory comparison study of the determination of acrylamide in crispbread and butter cookies. *Anal. Bioanal. Chem.* 379, 449-457 (2004).
43. Institut de coopération pour la sécurité alimentaire et la nutrition appliquée (JIFSAN). Rapport de synthèse de l'atelier sur l'acrylamide présente dans les aliments, sur la méthodologie analytique. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_wg2_report.pdf. 2004.
44. HEATOX (Substances toxiques engendrées par la chaleur: identification, caractérisation, et minimisation des risques): Projet européen/EC Project FOOD_CT-2003-506820-STREP. www.heattox.org. 2003.
45. Centre commun de recherche de l'Union européenne: Institut des matériaux de référence et des mesures. Contrôle de la base des données sur les concentrations d'acrylamide dans les aliments. http://www.irmm.jrc.be/ffu/acrylamidemonitoringdatabase_statusDecember04.xls. 2004.
46. Santé Canada. L'acrylamide et l'alimentation: Questions et réponses. http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/cs-ipc/chha-edpcs/e_acrylamide_and_food.html. 2003.
47. Ahn, J.S. et al. Verification of the findings of acrylamide in heated foods. *Food Addit. Contam.* 19, 1116-1124 (2002).
48. Ahn, J.S. & Castle, L. Tests for the depolymerization of polyacrylamides as a potential source of acrylamide in heated foods. *J Agric Food Chem.* 51, 6715-6718 (2003).
49. Ono, H. et al. Analysis of acrylamide by LC-MS/MS and GC-MS in processed Japanese foods. *Food Addit. Contam.* 20, 215-220 (2003).
50. Konings, E.J. et al. Acrylamide exposure from foods of the Dutch population and an assessment of the consequent risks. *Food Chem. Toxicol.* 41, 1569-1579 (2003).
51. Leung, K.S., Lin, A., Tsang, C.K., & Yeung, S.T. Acrylamide in Asian foods in Hong Kong. *Food Addit. Contam.* 20, 1105-1113 (2003).
52. Takatsuki, S., Nemoto, S., Sasaki, K., & Maitani, T. Determination of acrylamide in processed foods by LC/MS using column switching. *Shokuhin. Eiseigaku. Zasshi.* 44, 89-95 (2003).
53. Secrétariat américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques (FDA). Données exploratoires sur l'acrylamide présente dans les aliments: FY03 Total Diet Study results. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrydat2.html>. 2004.
54. Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)/ German Federal Institute for Risk Assessment. Assessment of acrylamide intake from foods containing high acrylamide levels in Germany, July 15, 2003. http://www.bfr.bund.de/cm/245/assessment_of_acrylamide_intake_from_foods_containing_high_acrylamide_levels_in_germany.pdf. 2003.
55. Office fédéral de santé publique suisse. Communication préliminaire: évaluation de l'ingestion d'acrylamide par des études de l'alimentation parallèles. <http://www.bag.admin.ch/verbrau/aktuell/d/DDS%20acrylamide%20preliminary%20communication.pdf>. 2002.
56. Dybing, E. & Sanner, T. Risk assessment of acrylamide in foods. *Toxicol. Sci.* 75, 7-15 (2003).

57. Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA). Acrylamide: Point d'information N2. AFSSA-Saisine N 2002-SA-0300. <http://www.afssa.fr/ftp/afssa/basedoc/acrylpoint2sansannex.pdf>. 2003.
58. Svensson, K. et al. Dietary intake of acrylamide in Sweden. *Food Chem. Toxicol.* 41, 1581-1586 (2003).
59. DiNovi, M. & Howard, D. The updated exposure assessment for acrylamide. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_dinovihoward.pdf. 2004.
60. Agence des normes alimentaires du Royaume-Uni (FSA). Analysis of total diet study samples for acrylamide: Food Survey Information Sheet Number 71/05, January 2005. <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsisbranch2005/fsis7105>. 2005.
61. Secrétariat américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques (FDA). Food Advisory Committee Meeting on Acrylamide, février 24-25, 2003. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryage3.html>. 2003.
62. Schettgen, T., Weiss, T., Drexler, H., & Angerer, J. A first approach to estimate the internal exposure to acrylamide in smoking and non-smoking adults from Germany. *Int. J Hyg. Environ. Health* 206, 9-14 (2003).
63. Directive 98/83/EC du conseil de la Commission européenne du 3 novembre 1998, Sur la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine. *Journal officiel des communautés européennes* L330, 21-29 (1998).
64. Comité scientifique sur les produits cosmétiques et les produits non-alimentaires. Opinion du Comité scientifique sur les produits cosmétiques et les produits non-alimentaires (SCCNFP) destinés aux consommateurs, sur les résidus d'acrylamide présents dans les cosmétiques, adoptée à la session plénière du SCCNFP du 30 septembre 1999. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/scpp/out95_en.html.
65. Yaylayan, V.A., Wnorowski, A., & Perez, L.C. Why asparagine needs carbohydrates to generate acrylamide. *J. Agric Food Chem.* 51, 1753-1757 (2003).
66. Zyzak, D.V. et al. Acrylamide formation mechanism in heated foods. *J Agric Food Chem.* 51, 4782-4787 (2003).
67. Friedman, M. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *J Agric Food Chem.* 51, 4504-4526 (2003).
68. Stadler, R.H. et al. Formation of vinylogous compounds in model Maillard reaction systems. *Chem. Res. Toxicol.* 16, 1242-1250 (2003).
69. Yaylayan, V.A. & Stadler, R.H. Acrylamide formation in food: a mechanistic perspective. *J AOAC. Int.* 88, 262-267 (2005).
70. Stadler, R.H. & Scholz, G. Acrylamide: an update on current knowledge in analysis, levels in food, mechanisms of formation, and potential strategies of control. *Nutr. Rev.* 62, 449-467 (2004).
71. Lingnert, H. Acrylamide in foods-mitigation options, Presentation at the 2004 JIFSAN Acrylamide in Food Workshop, Chicago, Ill., April 13-15, 2004. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_lingnert.pdf. 2004.
72. Roach, J.A., Andrzejewski, D., Gay, M.L., Nortrup, D., & Musser, S.M. Rugged LC-MS/MS survey analysis for acrylamide in foods. *J Agric Food Chem.* 51, 7547-7554 (2003).
73. Haase, N.U. & Kliemant, A.G. Personal communication. 2005.
74. Andrzejewski, D., Roach, J.A., Gay, M.L., & Musser, S.M. Analysis of coffee for the presence of acrylamide by LC-MS/MS. *J Agric Food Chem.* 52, 1996-2002 (2004).
75. Confédération des industries agroalimentaires de l'Union européenne (CIAA). Rapport de situation sur l'acrylamide, décembre 2004: Un résumé des travaux et des progrès réalisés à date par la Confédération des industries agroalimentaires de l'Union européenne (CIAA) en matière de réduction des concentrations d'acrylamide dans les aliments. 2004.
76. Jackson, L.S. & Al-Taher, F. Effects of consumer food preparation on acrylamide formation in *Chemistry and Safety of Acrylamide in Food* (eds. Friedman, M. & Mottram, D.S.) 447-465 (Springer, New York, 2004).
77. Réunion des parties prenantes de l'Union européenne, 14 janvier 2005. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acrylamide_en.htm. 2005.
78. Delatour, T., Perisset, A., Goldmann, T., Riediker, S., & Stadler, R.H. Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrices such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 52, 4625-4631 (2004).
79. Grothe, K.H. et al. Einfluss von Backtriebmitteln auf die Acrylamidgehalte von Braunen Lebkuchen und Mürbkeksen. *Getreidetechnologie.* (2005).
80. Hoenicke, K. & Gatermann, R. Stability of acrylamide in food during storage. *Czech J. Food Sci.* (2004).
81. Biedermann-Brem, S. et al. How much reducing sugar may potatoes contain to avoid excessive acrylamide formation during roasting and baking? *Eur Food Res Technol* 217, 369-373 (2003).
82. Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Noti, A., & Grob, K. Methods for determining the potential of acrylamide formation and its elimination in raw materials for food preparation, such as potatoes. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 93, 653-667 (2002).
83. Amrein, T.M. et al. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *J Agric Food Chem.* 51, 5556-5560 (2003).
84. Noti, A. et al. Storage of potatoes at low temperature should be avoided to prevent increased acrylamide formation during frying or roasting. *Mitt. Lebensm. Hyg.* 94, 167-180 (2003).
85. Becalski, A. et al. Acrylamide in French fries: influence of free amino acids and sugars. *J Agric Food Chem.* 52, 3801-3806 (2004).

86. Chuda, Y. et al. Effects of physiological changes in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) after low temperature storage on the level of acrylamide formed in potato chips. *Biosci Biotechnol. Biochem.* 67, 1188-1190 (2003).
87. Commission européenne. Note de la réunion des experts sur les contaminants industriels dans les aliments, atelier sur l'acrylamide, 20-21 octobre 2003: information sur les façons de réduire les concentrations d'acrylamide qui se forme dans les aliments. http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf. 2003.
88. Brown, R. Formation, occurrence and strategies to address acrylamide in food, Presentation at US FDA Food Advisory Committee Contaminants and Natural Toxicants Subcommittee meeting, College Park, Md., February 24-25, 2003. FDA Food Advisory Committee Meeting on Acrylamide, February 24-45, 2003. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acrybrow.html>. 2003.
89. Amrein, T.M., Schonbachler, B., Escher, F., & Amado, R. Acrylamide in gingerbread: critical factors for formation and possible ways for reduction. *J Agric Food Chem.* 52, 4282-4288 (2004).
90. Jung, M.Y., Choi, D.S., & Ju, J.W. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in French fries. *J Food Sci.* 68, 1287-1290 (2003).
91. Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., & Schomig, E. Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J Agric. Food Chem.* 52, 2735-2739 (2004).
92. Surdyk, N., Rosen, J., Andersson, R., & Aman, P. Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J Agric Food Chem.* 52, 2047-2051 (2004).
93. Jackson, L.S. Personal communication. 2004.
94. Becalski A., Lau, B.P., Lewis, D., & Seaman, S. Acrylamide in foods: occurrence and sources, Presentation at the 116th AOAC International Meeting, Los Angeles, Ca., September 22-26, 2002.
95. Pariza, M. Mitigation options: the FRI acrylamide program, Presentation at the 2004 JIFSAN Acrylamide in Food Workshop, Chicago, Ill., April 13-15, 2004. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/acry_2004_pariza.pdf. 2004.
96. Tareke, E. Identification and origin of potential background carcinogens: endogenous isoprene and oxiranes, dietary acrylamide. 2003. Stockholm University Department of Chemistry.
97. Matthäus, B., Haase, N.U., & Vosmann, K. Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106, 793-801 (2004).
98. Confédération des industries agroalimentaire de l'Union européenne (CIAA). La « boîte à outils » pour l'acrylamide, de la CIAA. <http://www.ciaa.be/documents/positions/The%20CIAA%20Acrylamide%20Toolbox.pdf>. Toolbox 23 Sept 2005, Rev.6. 2005.
99. Wiltshire, J.J.J. & Cobb, A.H. A review of the physiology of potato tuber dormancy. *Ann. Appl. Biol.* 129, 553-569 (2005).
100. Brathen, E., Kita, A., Knutsen, S.H., & Wicklund, T. Addition of glycine reduces the content of acrylamide in cereal and potato products. *J Agric. Food Chem* 53, 3259-3264 (2005).
101. Corrigan, P.J. Method for reducing acrylamide in foods, foods having reduced levels of acrylamide, and article of commerce. [WO 2005/034649 A1 (21 April 2005)]. 2005.
102. Institut de coopération pour la sécurité alimentaire et la nutrition appliquée (JIFSAN). Atelier JIFSAN 2004 sur l'acrylamide présente dans les aliments, présentation, groupe de travail 1, mécanismes de formation et méthodes de réduction. http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/wg1_2004.pdf.
103. Haase, N.U., Matthäus, B., & Vosmann, K. Aspects of acrylamide formation in potato crisps. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 78, 144-147 (2004).
104. Collar, C., Mascaros, A., Preto, J.A., & Benedito De Barber, C. Changes in free amino acids during fermentation of wheat doughs started with pure culture of lactic acid bacteria. *Cereal Chem* 68, 66-72 (1991).
105. Fredriksson, H., Tallving, J., Rosen, J., & Aman, P. Fermentation reduces free asparagine in dough and acrylamide in bread. *Cereal Chem* 81, 650-653 (2004).
106. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)/ German Federal Office of Consumer Protection and Food Safety. Concept of minimising acrylamide content in foodstuffs. <http://www.bvl.bund.de/acrylamid/concept.htm>. 2005.
107. Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)/ German Federal Office of Consumer Protection and Food Safety. Acrylamide--in short. http://www.bvl.bund.de/acrylamid/index_en.htm?pagetitle=Federal+Office+of+Consumer+Protection+and+Food+Safety. 2005.
108. Secrétariat américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques (FDA). Acrylamide: Questions et réponses. <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/acryfaq.html>. 2003.
109. Santé Canada. Acrylamide—Ce que vous pouvez faire pour réduire l'exposition. http://www.hc-sc.gc.ca/ahc-asc/media/nr-cp/2005/2005_stmt-dec-acrylamide2_e.html. 2005.
110. Autorité européenne de sécurité alimentaire. Rapport de l'atelier sur la formation d'acrylamide dans les aliments, 17 novembre 2003. http://www.efsa.eu.int/science/ahawdocuments/catindex_en.html. 2003.
111. Friedman, M., Mottram, D.S., & Eds. *Chemistry and Safety of Acrylamide in Food* (Springer, New York, 2005).

112. Atelier JIFSAN 2004 sur l'acrylamide dans les aliments: Mise à jour—Questions scientifiques, Incertitudes, et stratégies de recherche, avril 13-15, 2004. <http://www.jifsan.umd.edu/acrylamide2004.htm>.
113. Direction générale Santé et protection des consommateurs de l'Union européenne. L'acrylamide présente dans les aliments. http://europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/fcr/acrylamide/acryl_index_en.html. 2003.
114. Fohgelberg,P., Rosén,J., Hellenas, K.E. & Abramsson – Zetterberg,L. The acrylamide intake via some common baby food for children n Sweden during their first year of life – (an improved method for analysis of acrylamide). *Food and Chemical Toxicology* 43: 951-959.
115. http://www.bag.admin.ch/verbrau/newsarchiv/f/geeignete_Kartoffeln_f.pdf
116. http://www.klzh.ch/downloads/acrylamidarme_Pommes.pdf
117. http://www.klzh.ch/downloads/stop_acrylamid.pdf
118. Suma, Carmelina; Thomas Wenzl; Marcel Brohee; Beatriz dela calle; and Elke Anklam. Investigation of the Correlation of the Acrylamide Content and the Antioxidant Activity of Model Cookies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. In press (2006)
119. Biedermann, M. and Grob, K. 2003. Model studies on acrylamide formation in potato, wheat flour and corn starch; ways to reduce acrylamide contents in bakery ware. *Mitt. Lebensm. Hyg.*, 94, 406 – 422
120. Taeymans, D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R.H., Gondé, P., Van Eijck, P., Lalljie, S., Lingnert, H., Lindblom, M., Matissek, R., Müller, D., Tallmadge, D., O'Brien, J., Thompson, S., Silvani, D., & Whitmore, T. A review of acrylamide: an industry perspective on research, analysis, formation and control. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 44, 323-347 (2004).
121. Studer,A.,Blank,I. & Stadler, R.H. Thermal Processing Contaminants in Foodstuffs and Potential Strategies of Control. *Czech.Journal.Food Sci.* 22, 1-10.
122. Manjanatha, M.G., et al. Genotoxicity of acrylamide and its metabolite glycidamide administered in drinking water to amle and female Big Blue mice. *Environ Mol Mutagen.* Jan; 47(1) : 6-17. 2006.

ANNEXE 1: GRANDES LIGNES DU PROJET DE CODE D'USAGES POUR LA RÉDUCTION DE L'ACRYLAMIDE PRÉSENTE DANS LES ALIMENTS

INTRODUCTION

1. La préoccupation récente concernant la présence d'acrylamide dans les aliments remonte à 2002. Des scientifiques suédois¹ ont signalé que des quantités d'acrylamide (mg/kg) pouvaient se former dans les aliments riches en hydrates de carbone pendant la cuisson, aux températures de friture et de cuisson au four. Ces découvertes ont rapidement été confirmées par d'autres pays², et d'importants efforts internationaux ont ensuite été déployés pour rechercher les sources principales de l'exposition alimentaire, évaluer les risques sanitaires qui lui sont liés et élaborer des stratégies de gestion des risques^{3, 4, 5}. Les détails concernant ces initiatives de recherche mondiale figurent dans le Réseau FAO/OMS d'information sur l'acrylamide (<http://www.acrylamide-food.org/>) et dans la Base de données des activités de recherche sur l'acrylamide dans les aliments de l'Union européenne (http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acrylamide_en.htm).

2. Des travaux de recherche considérables sont entrepris depuis la découverte de la présence généralisée d'acrylamide dans l'alimentation. Il existe à l'heure actuelle une mine d'information sur les facteurs qui influencent la formation d'acrylamide, et sur certaines des approches qui permettraient de minimiser sa prévalence. Le principal objectif de ce Code d'usages est de diffuser les stratégies qui favoriseront la réduction d'acrylamide dans les denrées alimentaires faisant l'objet du commerce international. Il importe de noter que certaines approches mentionnées dans le présent Code en sont encore au stade de la recherche, et qu'elles ne sont pas commercialement homologuées. Certains concepts seront également intéressants pour la restauration et la consommation nationale.

3. Le Code d'usages cible principalement les aliments à base de pommes de terre et de céréales, compte tenu de leur importance en matière d'exposition alimentaire à l'acrylamide. Le Code d'usages repose sur la somme importante d'informations qui existe à l'heure actuelle concernant ces produits. Même si le café contribue également de façon significative à l'exposition à l'acrylamide, il n'est pas possible actuellement d'identifier des stratégies précises de minimisation applicables au café.

4. Le présent Code d'usages s'inspire des activités déjà en place, comme la « boîte à outils » de la CIAA, document publié par la Confédération des industries agroalimentaires de l'Union européenne (CIAA), qui contient des mesures de réduction potentielle de l'acrylamide adaptées à un grand nombre de secteurs alimentaires. Ce document est mis à jour régulièrement en fonction des nouvelles découvertes et des progrès accomplis dans les différents secteurs alimentaires.

5. Quand le Code d'usages sera élaboré, les sections présentées ci-après seront développées pour intégrer l'information actuellement contenue dans le document de travail, et l'information puisée dans toutes les autres sources disponibles. Il est prévisible que des mesures de réduction nouvelles seront mises au point suite aux évolutions dans ce domaine.

MESURES DE PRÉVENTION

Généralités

6. D'une façon générale, il y a quatre options pour réduire la formation d'acrylamide dans un produit donné: i) diminuer les teneurs en asparagine et/ou en sucres réducteurs dans les matières premières; ii) réduire la concentration effective de ces réactifs dans les premières étapes de la transformation des aliments; iii) minimiser les conditions de cuisson qui allient chaleur excessive et faible humidité et iv) modifier le profil thermique du processus de cuisson.

Pommes de terre

Matières premières

7. Les sucres réducteurs sont le facteur le plus important responsable de la formation d'acrylamide dans les pommes de terre; à savoir qu'ils exercent un effet plus important que la concentration d'asparagine. Il existe une corrélation étroite entre la teneur en sucres réducteurs et la formation d'acrylamide liée à la cuisson⁶. Les concentrations de sucres réducteurs contenues dans les pommes de terre peuvent varier jusqu'à un maximum de 2 ordres de grandeur⁷, selon le type de cultivars et le mode d'entreposage. Exploiter la variation de la teneur en sucres réducteurs est une possibilité majeure de réduction de la formation d'acrylamide pendant la cuisson.

8. Certains cultivars sont fondamentalement plus propices à contenir des concentrations élevées de sucres réducteurs que d'autres et il y aurait lieu d'éviter de les soumettre à des températures élevées pendant le processus de cuisson.

9. Qui plus est, l'entreposage des pommes de terre à des températures inférieures à 6 à 10°C favorise la formation des sucres réducteurs. Les sucres réducteurs se produisent à basse température quand les tubercules sont entreposés à une température égale ou inférieure à 6 à 8°C, produisant une augmentation allant jusqu'à un ordre de grandeur, ou davantage, de la teneur en sucres réducteurs. Les pommes de terre dans lesquelles la production de sucres réducteurs à basse température pendant l'entreposage est excessive ne devraient pas, si possible, être frites, rôties ou cuites au four. L'entreposage à basse température risque cependant d'être difficile à éviter vu qu'à des températures plus élevées, les pommes de terre sont davantage susceptibles de germer et d'attraper certaines maladies; les produits anti-germes sont souvent indispensables dans les magasins où la température est supérieure à 7°C⁸.

Les prochains documents contiendront davantage d'information sur:

- Les conditions culturales
- La sélection des variétés
- Le moment de la récolte
- La maturité des tubercules à la récolte
- L'entreposage
- Le reconditionnement
- Les procédures de sélection utilisées pour les pommes de terre

Il est nécessaire d'obtenir des informations sur ces divers aspects.

10. Les fabricants de frites^a et de chips^b devraient, si possible, sélectionner les cultivars de pommes de terre dont la teneur en sucres réducteurs est basse, analyser la teneur en sucres réducteurs des lots à l'arrivée, et contrôler les conditions d'entreposage entre l'exploitation agricole et l'usine⁹.

Autres ingrédients

11. Pour les produits de grignotage à base de pommes de terre reconstitués ou formés, issus d'une pâte à base de pommes de terre, il y aurait lieu d'inclure d'autres ingrédients de faible teneur en sucres réducteurs et asparagine.

Transformation et cuisson des aliments

12. Les concentrations d'acrylamide dans les pommes de terre frites ou rôties peuvent être réduites en diminuant la surface de contact; par exemple, en découpant les pommes de terre en tranches plus épaisses ou en éliminant les fines (petits morceaux de pommes de terre) avant ou après la friture^{10, 11, 12}.

^a Produits à base de pommes de terre tranchés plus grossièrement (appelés French fries dans certaines régions dont l'Amérique du Nord et chips au Royaume-Uni).

^b Produit à base de pomme de terre finement tranché et frit (comprend ce qu'on appelle potato chips dans certaines régions, dont l'Amérique du Nord).

13. Sinon, les traitements par lavage, blanchiment ou étuvage permettent de lixivier les réactifs asparagine et sucres réducteurs de la surface de la pomme de terre avant d'entamer la cuisson, comme on l'a démontré pour les tranches de pommes de terre^{13, 14}.

14. Le traitement des frites aux acides aminés^{15, 17, 18} ou au pyrophosphate acide de sodium⁹ (ajouté pendant les dernières stades du blanchiment) peut être efficace, à des degrés variés, pour réduire la formation d'acrylamide, bien que ce traitement soit encore expérimental.

15. L'utilisation d'antioxydants peut, dans certaines situations, permettre de réduire la formation d'acrylamide; il est cependant difficile d'aboutir à des conclusions fermes^{19, 20} suite aux rapports contradictoires sur les effets qu'ils produisent.

16. Dans certaines situations, la teneur en asparagine peut être réduite au moyen du traitement à l'enzyme asparaginase. Cette technique présente un potentiel intéressant, tant pour les chips à base de pâte que pour les frites. Elle convient cependant davantage aux produits alimentaires fabriqués à partir de pâte fluide ou liquéfiée.

17. Le traitement aux sels de calcium, et aux sels d'un certain nombre de cations di- et trivalents a été proposé dans une demande de brevet concernant les chips fabriquées à l'aide de pâte de pomme de terre, pour réduire la formation d'acrylamide^{21, 22}.

18. La question de savoir si les pré-traitements de ce type ont des effets indésirables sur les qualités organoleptiques des pommes de terre frites ou cuites au four n'a pas été globalement abordée. Il en est de même pour la question de leur aspect pratique dans un contexte commercial, comme la restauration, qui n'a pas été approfondie.

19. Il est possible de réaliser des réductions substantielles de la teneur en acrylamide contenue dans les frites en maintenant la température de l'huile de friture à un maximum de 175°C, et d'arrêter la cuisson lorsqu'elles sont *dorées* plutôt que *brun doré*^{16, 23}. Les autorités locales et nationales devraient envisager de recommander que les frites préparées dans la restauration, et pour la consommation domestique soient consommées *dorées*. Il est cependant indispensable de s'assurer que les frites soient bien cuites à l'intérieur.

20. Des réductions similaires sont réalisables pour les frites prêtes à mettre au four (pré-frites), en arrêtant la cuisson dès qu'elles sont *dorées*²⁴ et en évitant de trop les cuire. Un certain nombre de fabricants de frites prêtes à mettre au four ont modifié le libellé du mode d'emploi concernant la friture figurant sur l'emballage afin de réduire la formation d'acrylamide⁹, et ont notamment diminué la température de friture, recommandée à 175°C. De même, il est absolument indispensable de s'assurer que les frites soient bien cuites à l'intérieur. Aucune modification n'a été apportée pour la cuisson au four.

21. Les bains de sucre utilisés pour donner aux produits à base de pommes de terre pré-cuits une couleur uniforme dorée devraient faire l'objet d'un examen vu que le sucre contenu dans ces bains peut favoriser la formation d'acrylamide²⁵.

Céréales

Matière première

22. Pour les céréales et les produits à base de céréales comme le pain, les biscuits et les céréales de petit déjeuner, la teneur en asparagine est le facteur le plus important de la formation d'acrylamide, par rapport au glucose et au fructose. On dispose d'une quantité limitée de données sur la teneur en asparagine des différentes céréales et de leurs cultivars. En général, la teneur en asparagine est de 75 à 2200 mg/kg dans le blé, de 50 à 1400 mg/kg dans l'avoine, de 70 à 3000 mg/kg dans le maïs et de 15 à 25 mg/kg dans le riz²⁴. Ces variations laissent entendre qu'il existe un potentiel de réduction de l'acrylamide en exploitant la variabilité de la teneur en asparagine dans le cultivar. Par contre, ces approches nécessitent probablement un délai d'exécution substantiel, et il est nécessaire de tenir compte des autres facteurs, comme le rendement et la résistance aux infections fongiques (formation de mycotoxines dans les champs).

23. Les agents de levuration sont couramment utilisés dans la production des biscuits, et consistent généralement en un mélange de sodium et de bicarbonate d'ammonium. Les essais pratiqués sur des modèles de produits cuits au four et sur le pain d'épice ont montré que la présence de bicarbonate d'ammonium a un effet significatif sur l'augmentation de la formation d'acrylamide dans les biscuits et les autres produits cuits au four³⁵ et les fabricants peuvent envisager de réduire les agents de levuration contenant de l'ammonium en les remplaçant, par exemple, par des agents de levuration contenant du sodium. En revanche, les fabricants doivent aussi tenir compte de la possibilité que ce changement augmente l'exposition alimentaire au sodium ou nuise aux qualités physiques et organoleptiques des produits cuits au four⁹.

24. Les sucres sont couramment utilisés dans la production des biscuits; notamment le sucrose, le glucose et, occasionnellement, le fructose. Parmi ceux-ci, seuls le glucose et le fructose sont des sucres réducteurs. Si, pour une teneur totale donnée en sucre, la proportion des sucres réducteurs dans la recette est augmentée, le produit fini contiendra des concentrations supérieures d'acrylamide²⁴. Qui plus est, si le sucre réducteur est le fructose au lieu du glucose, l'acrylamide se forme en plus grande quantité.

25. Le sirop de glucose est aussi souvent ajouté dans la fabrication des biscuits, pour des raisons de couleur et de saveur. Compte tenu de ce qui a été dit précédemment, les fabricants devraient envisager d'utiliser des sirops de glucose contenant des concentrations de fructose aussi faibles que possible.

26. D'autres ingrédients de moindre importance peuvent aussi avoir une influence. Une augmentation de la formation d'acrylamide a été observée dans certaines recettes où les ingrédients comme le gingembre, le miel, et la cardamome sont ajoutés pendant la fabrication des biscuits²⁴. Inversement, on a observé que la noix de muscade a entraîné dans certains cas une réduction de l'acrylamide¹⁸. Les fabricants devraient envisager d'examiner l'effet des différentes épices dans leurs propres recettes.

27. Une autre stratégie préventive, liée à la manipulation des ingrédients, consisterait à augmenter la teneur relative aux ingrédients qui *freinent* activement la formation d'acrylamide. L'ajout de certains acides aminés peut réduire l'acrylamide en rivalisant avec l'asparagine pour s'associer aux sucres réducteurs disponibles.

28. Le traitement à l'enzyme asparaginase peut aussi réduire les concentrations en asparagine. Ainsi, dans les produits à base de céréales mixtes, il est possible de réduire la proportion de la source prédominante d'acrylamide en incorporant des céréales à faible teneur en asparagine.

Transformation des aliments et températures

29. La fermentation de la levure des pâtes à pain à base de blé réduit la teneur en asparagine libre²⁷. En deux heures, la fermentation utilise presque toute l'asparagine contenue dans les modèles de pâte à base de farine de blé, mais des durées plus courtes sont moins efficaces, comme la fermentation du levain.

30. Le degré de formation de l'acrylamide pendant la cuisson au four dépend essentiellement de la durée et de la température du mode de cuisson au four, et du taux d'humidité dans le produit pendant la cuisson²⁴. À chaque moment du processus de cuisson, la formation d'acrylamide dépend à la fois de la température et du taux d'humidité. En règle générale, plus le taux d'humidité est élevé, moins l'acrylamide se forme. Par contre, comme la température s'élève, le seuil du taux d'humidité qui freine la formation d'acrylamide baisse. En principe, au fur et à mesure que la température augmente, la formation d'acrylamide est susceptible de se produire à des taux d'humidité de plus en plus bas. La formation d'acrylamide peut être réduite en modifiant les paramètres de la durée et de la température du processus de cuisson au four, notamment en diminuant la température dans les dernières étapes quand le produit atteint le taux crucial de basse humidité. Compenser en augmentant la température dans les premières étapes de la cuisson au four ne devrait pas entraîner d'augmentation significative de l'acrylamide, étant donné que le taux d'humidité à ce stade est supérieur à celui qui est nécessaire pour empêcher la formation d'acrylamide. Un contrôle serré de la température du four et du temps de cuisson peut aussi être efficace pour réduire les concentrations d'acrylamide²⁴. Ces principes ont été appliqués avec succès sur un modèle de biscuit et sur des pains plats non fermentés²⁴.

31. S'il est vrai que le degré de brunissement d'un produit à base de céréales peut souvent servir d'indicateur du degré de formation d'acrylamide, dans certains cas, il n'est pas possible de s'y fier. Dans certains cas, la couleur plus foncée peut être associée à une quantité moins importante d'acrylamide, comme pour les céréales de petit déjeuner²⁸.

32. L'acrylamide se forme aussi dans le pain grillé mais il est possible de minimiser sa formation de façon significative en faisant griller le pain jusqu'à une couleur plus claire²⁴.

Café

33. Les travaux récents indiquent que l'asparagine est très probablement le facteur majeur de la présence d'acrylamide dans le café. En raison des températures de transformation plus élevées pendant la torréfaction, d'autres voies de formation contribuent à un degré plus faible¹⁹. L'analyse des concentrations d'asparagine dans le café vert donne une fourchette relativement étroite (300-900 mg/kg) qui n'offre pas la possibilité d'influencer les concentrations d'acrylamide dans le café torréfié²⁴.

34. Les travaux sur les mécanismes de formation de l'acrylamide dans le café montrent que l'acrylamide se forme rapidement dans les premiers temps de la torréfaction et que sa concentration diminue ensuite de façon significative en raison de l'élimination qui se produit vers la fin du cycle de torréfaction^{19, 28, 36}. On a observé que les concentrations d'asparagine dans le café vert varient dans une fourchette étroite, de sorte que la réduction des concentrations d'acrylamide dans le café torréfié ne peut pas dépendre de la sélection d'un type donné de café vert^{19, 36}. Les études ont aussi montré que l'acrylamide n'est pas stable dans le café en poudre en contenants fermés pendant des périodes d'entreposage prolongées^{36, 37, 38} et des travaux sont entrepris pour identifier les mécanismes sous-jacents qui pourrait fournir des possibilités futures de réduction. En revanche, tout changement apporté au processus de torréfaction ou la pratique délibérée d'entreposage prolongé pour réduire les concentrations d'acrylamide auront un impact considérable sur les importantes propriétés organoleptiques et sur l'acceptabilité du produit^{18, 19, 36}.

CONTRAINTES À L'ÉLABORATION DES MESURES DE PRÉVENTION

35. Les mesures visant la réduction des concentrations d'acrylamide ne doivent pas être isolées des autres considérations. Des précautions doivent être prises afin d'éviter de compromettre la sécurité chimique et microbiologique de l'aliment concerné. Les qualités nutritionnelles des produits doivent également demeurer intactes, ainsi que les propriétés organoleptiques et celles associées à l'acceptabilité du consommateur. Qui plus est, les nouveaux additifs et auxiliaires technologiques potentiels, comme l'asparaginase, devront faire l'objet d'une évaluation de sécurité formelle et d'une démonstration de leur efficacité à l'usage avant l'approbation réglementaire.

36. L'élaboration et la mise en œuvre des mesures visant à réduire l'acrylamide présente dans une denrée alimentaire donnée nécessitent une planification prudente. Les questions soulevées comprennent: i) le choix de l'approche physico-chimique; ii) son efficacité pratique relative à la diminution de l'acrylamide de façon uniformément fiable; iii) les questions organisationnelles associées à toute re-conception du processus de fabrication ou de transformation ou cuisson; iv) toutes conséquences microbiologiques et/ou chimiques en matière de sécurité et/ou nutritionnelles découlant de l'introduction de la mesure de prévention; v) l'acceptabilité organoleptique du produit final par le consommateur. Les altérations aux conditions de transformation et/ou de cuisson doivent être pratiques du point de vue de l'utilisateur. Par exemple, les modes d'emploi différents relatifs au trempage des frites avant la friture doivent être pratiques dans le contexte d'une cuisine industrielle, par exemple, dans les restaurants, les services d'alimentation et les points de vente de plats à emporter.

37. Généralement, il sera nécessaire de procéder progressivement, les résultats obtenus en laboratoire étant transférés à l'échelle d'une usine pilote, et enfin appliqués au niveau de la production.

38. Il importe également de noter que le degré de formation de l'acrylamide peut être assez variable au sein d'un même lot de fabrication. Par exemple, la teneur en acrylamide des différents paquets de biscuits, dont les échantillons proviennent de la même chaîne de fabrication, peut varier de plus de deux ordres de grandeur²⁸. Une telle variabilité inhérente est totalement inacceptable quand il s'agit d'étudier l'impact des différentes conditions de transformation ou de cuisson sur la formation de l'acrylamide. Cela renforce la nécessité d'assurer que la matière première en vrac est homogène, eu égard à l'asparagine et aux sucres réducteurs et que les éléments ou appareils de chauffage sont bien contrôlés avant d'entreprendre de telles études, pour éliminer la cause de variabilité.

Sécurité sanitaire chimique et microbiologique des aliments

39. Il existe un certain nombre d'autres contaminants qui peuvent, dans certaines circonstances, se former pendant la transformation ou la cuisson des aliments. Ils comprennent les N-nitrosamines²⁹, les hydrocarbures aromatiques polycycliques³⁰, les chloropropanols³¹, le carbamate d'éthyle³², le furanne³³ et les acides aminés de pyrolyse³⁴. Quand on envisage des mesures de prévention contre l'acrylamide, il est nécessaire de prévoir des contrôles pour assurer qu'elles ne vont pas entraîner l'augmentation d'autres contaminants.

40. Il est essentiel que les mesures de prévention contre l'acrylamide ne compromettent pas la stabilité microbiologique du produit final. Dans ce contexte, il vaut la peine de noter que la formation d'acrylamide au cours de la fabrication des biscuits est crucialement dépendante de la précision des paramètres de température, de durée et d'humidité, notamment pendant les étapes plus avancées de la cuisson au four, quand le taux d'humidité est bas. Toute mesure palliative qui entraîne l'augmentation de la teneur en humidité dans le produit final, réduisant donc ainsi sa stabilité microbiologique, est inacceptable.

Questions nutritionnelles

41. Les effets indésirables produits sur les propriétés nutritionnelles d'une denrée alimentaire doivent être évalués par rapport aux bénéfices potentiels de la réduction des concentrations d'acrylamide. Par exemple, même si le blanchiment ou le trempage des pommes de terre font baisser les concentrations d'acrylamide, le lessivage de la vitamine C des pommes de terre durant leur immersion dans l'eau est bien connu, et l'étuvage ou le trempage des pommes de terre avant la friture ou la cuisson au four risque d'entraîner une augmentation de la teneur en graisses dans le produit final. De même, si les agents de levuration contenant de l'ammonium sont remplacés par ceux contenant du sodium, l'exposition alimentaire à ce dernier augmentera, et risquera de produire des effets indésirables sur les propriétés physiques du pain d'épice et sur les qualités organoleptiques des biscuits⁹.

Acceptance des consommateurs

42. Les précautions nécessaires doivent être prises pour éviter les changements préjudiciables aux propriétés organoleptiques du produit final. L'acrylamide se forme dans le cadre de la réaction de Maillard entre les composés qui contiennent des groupes aminés et ceux qui soutiennent les groupes fonctionnels carbonyles. La réaction de Maillard est elle-même au cœur de la génération induite par la chaleur de la couleur, de la saveur et de l'arôme caractéristiques des aliments cuits. Tout changement qui, dans le souci de minimiser l'acrylamide, réduit aussi l'acceptance du consommateur du produit ira à l'encontre du but recherché. Les changements proposés relatifs aux conditions de cuisson, ou en réalité, aux matières premières, doivent être évalués dans la perspective de l'acceptabilité du produit final par les consommateurs.

PRATIQUES DES CONSOMMATEURS

43. Les autorités nationales et locales devraient envisager d'aviser les consommateurs domestiques d'éviter la surchauffe des pommes de terre et des denrées à base de céréales quand les procédés de cuisson font appel à des températures élevées. Ces conseils pourraient inclure des recommandations relatives à la cuisson des frites et des pommes de terre rôties jusqu'à ce qu'elles soient *dorées* plutôt que *brun doré*, tout en s'assurant que l'aliment est pleinement cuit. Dans le même ordre d'idées, le consommateur pourrait être avisé de griller le pain et autres produits apparentés jusqu'à ce qu'ils atteignent la couleur brun clair.

44. Les autorités nationales et locales devrait envisager d'encourager les consommateurs à éviter d'entreposer les pommes de terre destinées à la cuisson à température élevée dans des conditions de froid et/ou de réfrigération. Les détaillants devraient aussi envisager de revoir leurs méthodes d'entreposage afin d'éviter les températures basses.

RÉFÉRENCES

1. Tareke, E., Rydberg, P., Karisson, P., Eriksson, S., & Tornqvist, M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.*, 51 (17), 4998 – 5006 (2002).
2. Ahn, J.S., Castle, L., Clarke, A., Lloyd, M., & Speck, D. Verification of the findings of acrylamide in heated foods. *Food Add. Contam.*, 19, 1116 – 1124 (2002).

3. Agence des normes alimentaires. Analysis of Total Diet Samples for acrylamide. Food Survey Information Sheet Number 71/05 (janvier 2005). <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis712005.pdf>
4. Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires (JECFA). Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires. Rapport de la 64^{ème} session (Rome, 8 – 17 février 2005). http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/summaries/en/summary_report_64_final.pdf
5. Slayne, M.A., & Lineback, D.R. Acrylamide: consideration for risk management. *J. AOAC Int.*, 88 (1), 227 – 233 (2005).
6. Amrein, T.M., Schonbachler, B., Rohner, F., Lukac, H., Scheider, H., Keiser, A., Escher, F., & Amado, R. Potential for acrylamide formation in potatoes: data from the 2003 harvest. *Eur. Food Res. Technol.*, 219, 572 – 578 (2004).
7. Amrein, T.M., Bachmann, S., Noti, A., Biedermann, M., Barbosa, M.F., Biedermann-Brem, S., Grob, K., Keiser, A., Realini, P., Escher, F., & Amado, R. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming systems. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 5556 – 5560 (2003).
8. British Potato Council. BPC Stores Managers' Guide. Edited by Adrian Cunningham (2001).
9. Confédération des industries agroalimentaires de l'Union européenne (CIAA). La « boîte à outils » de la CIAA pour l'acrylamide (23 septembre 2005). http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/index_en.htm
10. Grob, K., Biedermann, M., Biedermann-Brem, S., Noti, A., Imhof, D., Amrein, T., Pfefferle, A., & Bazzocco, D. French fries with less than 100 ug/kg acrylamide. A collaboration between cooks and analysts. *Eur. Food Res. Technol.* 217, 185 – 194 (2003).
11. Taubert, D., Harlfinger, S., Henkes, L., Berkels, R., & Schomig, E. Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 52, 2735-2739 (2004).
12. Matthäus, B., Haase, N. U., & Vosmann, K. Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *Eur. J. Lipid Technol.* 106, 793-801 (2004).
13. Kita, A., Brathen, E., Knutsen, S.H., & Wicklund, T. Effective ways to decrease acrylamide content in potato crisps during processing. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 7011 – 7016 (2004).
14. Pedreschi, F., Moyano, P., Kaack, K., & Granby, K. Color changes and acrylamide formation in fried potato slices. *Food Res. Int.*, 38, 1 – 9 (2005).
15. 2^{ème} atelier international sur l'acrylamide présente dans les aliments, Chicago. Groupe de travail #1: Mécanismes de formation et méthodes de réduction (avril 13 – 15 2004). http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acryl2004/acryl_2004_wg1_report.pdf and http://www.jifsan.umd.edu/presentations/acry2004/wg1_2004.pdf
16. Pedreschi, F., Kaack, K. & Granby, K. Reduction of acrylamide formation in potato slices during frying. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 37, 679 – 685 (2004).
17. Brathen, E., Kita, A., Knutsen, S.H., & Wicklund, T. Addition of glycine reduces the content of acrylamide in cereal and potato products. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 3259 – 3264 (2005).
18. Taeymans, D., Andersson, A., Ashby, P., Blank, I., Gonde, P., van Eijck, P., Faivre, V., Lalljie, S.P.D., Lingert, H., Lindblom, M., Matissek, R., Muller, D., Stadler, R.H., Studer, A., Silvani, D., Tallmadge, D., Thompson, G., Whitmore, T., Wood, J., & Zyzak, D. Acrylamide: update on selected research activities conducted by the European food and drink industry. *J. AOAC Int.*, 88, 234 – 241 (2005).
19. Stadler, R.H., & Scholz, G.S. Acrylamide: an update on current knowledge in analysis, levels in food, mechanisms of formation, and potential strategies of control. *Nutr. Revs.*, 62, 449 – 467 (2004).
20. Claeys, W.L., de Vleeschouwer, K., & Hendrickx, M.E. Quantifying the formation of carcinogens during food processing: acrylamide. *Trends Food Sci. Technol.*, 16, 181 – 193 (2005).
21. Corrigan, P.J. Method for reducing acrylamide in foods, foods having reduced levels of acrylamide, and article of commerce. *Patent Cooperation Treaty*, Patent Application WO 2005/034649 A1 (21st April 2005).
22. Elder, V.A., Fulcher, J.G., Leung, H., K-H., & Topor, M.G. Method for reducing acrylamide formation in thermally processed foods. *Patent Cooperation Treaty*, Patent Application WO 2004/075657 A2 (10th September 2004).
23. Grob, K. Reduction of exposure to acrylamide: achievements, potential of optimisation, and problems encountered from the perspectives of a Swiss enforcement laboratory. *J. AOAC Int.*, 88 (1), 253 – 261 (2005).
24. Confédération des industries agroalimentaires de l'Union européenne (CIAA). Rapport de situation sur l'acrylamide, décembre 2004. Un résumé des travaux et des progrès accomplis à date par la Confédération des industries agroalimentaires européennes (CIAA) pour réduire les concentrations d'acrylamide dans les aliments (2004).
25. Commission européenne. Note de la réunion des experts sur les contaminants industriels présents dans les aliments, Atelier sur l'acrylamide: information sur les méthodes de réduction des concentration d'acrylamide formée dans les aliments. (20-21 octobre 2003). http://europa.eu.int/comm/food/food/chemicalsafety/contaminants/acryl_guidance.pdf
26. Vass, M., Amrein, T.M., Schonbachler, B., Escher, F., & Amado, R. Ways to reduce the acrylamide formation in cracker products. *Czech J. Food Sci.*, Special Issue 22, 19 – 21 (2004).
27. Fredriksson, H., Tallving, J., Rosen, J., & Aman, P. Fermentation reduces free asparagine in dough and acrylamide in bread. *Cereal Chem.*, 81 (5), 650 – 653 (2004).

28. Taeymans, D., Wood, J., Ashby, P., Blank, I., Studer, A., Stadler, R.H., Gondé, P., Van Eijck, P., Lalljie, S., Lingnert, H., Lindblom, M., Matissek, R., Müller, D., Tallmadge, D., O'Brien, J., Thompson, S., Silvani, D., & Whitmore, T. A review of acrylamide: an industry perspective on research, analysis, formation and control. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 44, 323-347 (2004).
29. Ministère de l'agriculture, des pêches et de l'alimentation. Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds in food: second report. *Food Surveillance Paper No. 32*, HMSO, Londres (1992).
30. Dennis, M.J., Massey, R.C., Cripps, G., Venn, I., Howarth, N., & Lee, G. Factors affecting the polycyclic aromatic hydrocarbon content of cereals, fats and other food products, *Food Add. Contam.*, 8, 517 – 530 (1991).
31. Agence des normes alimentaires. Survey of 3-monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in selected food groups (2001). <http://www.food.gov.uk/science/surveillance/fsis-2001/3-mcpdssel>.
32. Battaglia, R., Conacher, H.B.S., & Page, B.D. Ethyl carbamate (urethane) in alcoholic beverages and foods: a review. *Food Add. Contam.*, 7, 477 – 496 (1990).
33. Secrétariat américain aux produits alimentaires et pharmaceutiques. Données exploratoires sur le furanne dans les aliments (2004). <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/furandat.html>.
34. Massey, R.C., & Dennis, M.J. The formation and occurrence of amino acid pyrolysates and related mutagens in cooked foods. *Food Add. Contam.*, 4 (1), 27 – 36 (1987).
35. Biedermann, M. and Grob, K. 2003. Model studies on acrylamide formation in potato, wheat flour and corn starch; ways to reduce acrylamide contents in bakery ware. *Mitt. Lebensm. Hyg.*, 94, 406 – 422.
36. [http://www.ciaa.be/documents/positions/The CIAA Acrylamide Toolbox.pdf](http://www.ciaa.be/documents/positions/The_CIAA_Acrylamide_Toolbox.pdf).
37. Delatour, T., Perisset, A., Goldmann, T., Riediker, S., & Stadler, R.H. Improved sample preparation to determine acrylamide in difficult matrixes such as chocolate powder, cocoa, and coffee by liquid chromatography tandem mass spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 52, 4625-4631 (2004).
38. Hoenicke, K. & Gatermann, R. Stability of acrylamide in food during storage. *Czech J. Food Sci.* (2004).

ANNEXE 2 : Descriptif de projet**PROPOSITION DE NOUVELLE ACTIVITÉ SUR LE CODE D'USAGES POUR LA RÉDUCTION DE L'ACRYLAMIDE PRÉSENT DANS LES ALIMENTS****Objectifs et champ d'application de la norme**

Élaborer un projet de Code d'usages pour la réduction de l'acrylamide présent dans les aliments. Le Code traitera des principaux aspects de la production commerciale des aliments, y compris les pratiques agricoles, l'entreposage, les matières premières, et la transformation et la préparation des aliments (traitement thermique, température, pH, recette, etc.). Le Royaume-Uni, en collaboration avec les autres pays membres rédigera la première ébauche du Code d'usages.

Pertinence et opportunité

Les conditions de production alimentaire sur lesquelles il est possible d'exercer un contrôle, comme les pratiques agricoles, les conditions d'entreposage, le traitement thermique, la température, le pH et les recettes, peuvent affecter la concentration d'acrylamide dans le produit final. Le JECFA (2005) a déclaré que l'acrylamide pouvait présenter un risque pour la santé humaine aux concentrations rencontrées dans les aliments. Le Code d'usages fournira les moyens de réduire la concentration du contaminant de transformation qu'est l'acrylamide.

Principaux aspects traités

Le projet de Code d'usages énoncera les paramètres qu'il est possible de contrôler et les conditions qui se sont avérées efficaces eu égard à ces paramètres. Il présentera les méthodes potentielles de réduction de l'acrylamide dans les domaines de l'agronomie, de la composition des produits, des conditions de transformation et de la préparation finale. Il comprendra une évaluation de l'effet, tant positif que négatif, de ces méthodes sur les caractéristiques du produit fini. Il mettra également en relief les stratégies antérieures de réduction qui ont réussi et celles qui ont échoué. Le Code d'usages reprendra l'information contenue dans les documents de travail précédents sur l'acrylamide.

Évaluation par rapport aux Critères régissant l'établissement des priorités de travaux

Cette proposition s'aligne sur le Critère régissant l'établissement des priorités des travaux suivant:

- a) Protection du consommateur contre les risques pour la santé et les pratiques frauduleuses. (En réduisant l'exposition alimentaire des consommateurs à l'acrylamide contenue dans les aliments).

Pertinence par rapport aux objectifs stratégiques du Codex

Cette proposition s'aligne sur la déclaration de vision stratégique du cadre stratégique 2003-2007.

Information sur le lien entre la proposition et les autres documents Codex

Cette nouvelle activité fait l'objet d'une recommandation dans le document de travail sur l'acrylamide (CX/FAC 05/37/33), dans le rapport de la trente-septième session du Comité du Codex sur les additifs alimentaires et les contaminants (ALINORM 05/28/12) et dans le document de travail sur l'acrylamide révisé qui sera présenté à la trente-huitième session du Comité.

Identification de la nécessité et de la disponibilité d'avis scientifique d'experts

Aucun.

Identification de besoins en matière d'avis technique relatif à la norme de la part d'organes externes, afin de planifier en conséquence

Aucun.

Délai proposé pour la réalisation de la nouvelle activité, dont la date de démarrage, date proposée pour adoption à l'étape 5, et date proposée pour adoption par la Commission; le délai d'élaboration d'une norme ne devrait généralement pas dépasser cinq ans

Sous réserve d'approbation par la Commission, en 2006, de la poursuite de cette nouvelle activité, le projet du Code d'usages sera distribué pour examen à l'étape 3 de la trente-neuvième session du Comité. Il sera avancé à l'étape 5 en 2009 et une session supplémentaire du Comité sera peut-être nécessaire pour finaliser la révision pour adoption à l'étape 8 à la session suivante de la Commission du Codex Alimentarius.