



**COMITÉ SCIENTIFIQUE
DE L'AGENCE FÉDÉRALE POUR
LA SÉCURITÉ DE LA CHAÎNE
ALIMENTAIRE**



**Conseil
Supérieur de la Santé**

**Avis conjoint
SciCom 05-2012 et CSS 8663**

Objet: Reformulation des denrées alimentaires – réduction du sel (Sci Com 2010/09 – CSS 8663)

Avis approuvé par le Comité scientifique de l'AFSCA le 16 mars 2012 et par le Collège du Conseil Supérieur de la Santé (CSS) le 04 avril 2012

Résumé

Une ingestion élevée de sodium est liée à une série de risques pour la santé, parmi lesquels l'hypertension artérielle avec diverses conséquences cliniques telles que certaines maladies cardiovasculaires. Il a aussi été démontré qu'une diminution de la pression artérielle est bénéfique à la santé. Le sel (NaCl, « sel de cuisine ») est la principale source de sodium dans les denrées alimentaires, et avec la réduction du sel c'est en fait une réduction du sodium (Na⁺) que l'on vise. Dans plusieurs pays d'Europe, mais aussi hors Europe, différentes campagnes de réduction du sel ont été lancées. En Belgique, une campagne a été élaborée dans le cadre du Plan National Nutrition Santé (PNNS) consistant notamment en une meilleure conscientisation du consommateur et une convention avec l'industrie et les distributeurs de denrées alimentaires afin de réduire la teneur en sel des produits alimentaires. Dans la réduction du sel (sodium), des facteurs autant économiques, technologiques que subjectifs (p.ex. le goût) jouent un rôle. Dans le présent avis seront essentiellement abordés les principaux aspects de la réduction de sodium sur le plan de la sécurité alimentaire et de la santé publique.

L'ingestion moyenne de sel des adultes en Belgique est d'environ 10,5 g par jour. Le Conseil Supérieur de la Santé (CSS) recommande de ramener la consommation de sel à < 5 g par jour. Les denrées alimentaires préparées en dehors du domicile (pain, fromage, charcuterie, plats préparés, etc.) et les plats « prêts à l'emploi » fournissent la principale contribution à l'ingestion de sel ($\pm 75\%$). Le sel est ajouté aux aliments pour des raisons non seulement sensorielles, mais aussi microbiologiques et technologiques. En reformulant les denrées alimentaires, il faut par conséquent tenir compte des différentes fonctionnalités du sel dans la denrée alimentaire. Toutefois, une telle reformulation ne peut pas s'accompagner d'une augmentation de la teneur en graisse ou en sucre des denrées alimentaires, ce qui serait contre-productif dans la recherche d'une alimentation saine. En outre, la sécurité microbiologique et chimique du produit reformulé doit toujours être évaluée.

Les méthodes visant à réduire la teneur en sel des aliments sont entre autres une réduction progressive de la teneur en sel, l'utilisation de substituts du sel, l'interaction sur la perception gustative (p.ex. aromates, exhausteurs de goût, disponibilité physique du sel, etc.), et le remplacement d'autres additifs alimentaires contenant du sodium. Toutefois, vu le surdosage de sel dans beaucoup de

produits alimentaires et la grande variabilité de la teneur en sel au sein d'une même catégorie de produits alimentaires, dans une première phase, la méthode la plus évidente semble être un simple abaissement progressif de la teneur en sel.

Le présent avis formule une série de recommandations pour la politique, les secteurs concernés, la recherche et le consommateur.

Summary

Advice 05-2012 of the Scientific Committee of the FASFC and advice SHC 8663 of the Superior Health Council on the reformulation of food – salt reduction

A high sodium intake is associated with several health risks including high blood pressure with various clinical consequences, such as certain cardiovascular diseases. It has also been shown that a decrease of blood pressure is associated with health benefits. Salt (NaCl, "kitchen salt") is the main source of sodium in foods and salt reduction actually means sodium reduction. In several European countries, but also outside Europe, various salt reduction campaigns were launched. In Belgium, a campaign was developed as part of the National Food and Health Plan that included amongst others a raise of consumer awareness and a covenant with the food industry and food distributors to reduce the salt content of food products. When reducing salt (sodium) economic, technological as well as subjective factors (e.g. taste) play a role. This advice considers the most important aspects of sodium reduction primarily at the level of food safety and public health.

The average salt intake of adults in Belgium is approximately 10.5 g per day. The Superior Health Council recommends reducing the salt intake to < 5 g per day. Foods prepared outdoors (bread, cheese, meat products, prepared meals, etc.) and ready-made dishes contribute most to the salt intake ($\pm 75\%$). Salt is not added to foods for sensory reasons alone, but also for microbiological and technological reasons. Therefore, reformulation of food products should take the different functions of salt in food into account. However, such reformulation should not be accompanied by an increase of the fat or sugar content of food, which is counterproductive in the quest for a healthy diet. Moreover, the microbial and chemical safety of the reformulated product should always be evaluated.

Methods to reduce the salt content of foods include amongst others a gradual reduction of the salt content, the use of salt substitutes, acting on the taste perception (e.g. spices, flavor enhancers, physical availability of salt, etc.), and the replacement of other sodium-containing food additives. However, given the overdosing of salt in many food products and the high variability of the salt content within the same category of food products, the most obvious method in a first phase seems to be a simple, stepwise reduction of the salt content.

In this advice a number of recommendations are formulated for policy, industries, research and consumers.

Mots-clés

Sel, substituts du sel, denrées alimentaires

Mesh terms

Food, Food and Beverages, Sodium Chloride, Sodium, Dietary, Food Industry, Food Technology, Food Safety, Food Preservation, Food Microbiology, Food Habits, Food Preferences, Food labeling, Health Food, Nutrition Policy, Public Health.

Abréviations

AF	aérobie facultatif
AFSCA	Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire
An	anaérobie strict
AVC	accident vasculaire cérébral
BPH	Bonnes Pratiques d'Hygiène
CRIOC	Centre de Recherche et d'Information des Organisations de Consommateurs
CSS	Conseil Supérieur de la Santé
EDTA	acide éthylène diamine tétracétique
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i>
ES	équivalent-sel
ESAN	<i>European Salt Action Network</i>
FSA	<i>Food Standards Agency</i>
HVP	hydrolysat protéiques (<i>hydrolyzed vegetable protein</i>)
ICP-AES	spectrométrie d'émission (<i>inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy</i>)
JND	<i>Just Noticeable Difference</i>
KCl	chlorure de potassium
M	micro-aérophile
MSG	glutamate de sodium
NaCl	chlorure de sodium - sel
pc	poids corporel
PNNS	Plan National Nutrition et Santé
SPF SPSCAE	SPF Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement
TOPH	<i>Trial of Hypertension Prevention</i>
WASH	<i>World Action on Salt & Health</i>
WHO	<i>World Health Organization</i> [= OMS: Organisations mondiale de la Santé]

1. Termes de référence

1.1. Enoncé de la question

Cet avis a été rédigé en auto-saisine et a vu le jour grâce à une collaboration entre le Comité scientifique de l'AFSCA et le Conseil Supérieur de la Santé (CSS). Les aspects ci-après sont traités:

1. explications sur la problématique: réduction du sel opposée à la réduction du sodium (**point 2**);
2. ingestion de sel de la population belge (**point 3**);
3. risques liés à une trop forte ingestion de sodium pour la santé publique (**point 3**);
4. fonction technologique du sel dans les denrées alimentaires et risques d'une réduction du sel pour la sécurité alimentaire (**point 4**);
5. approches possibles de la réduction du sel et les avantages et inconvénients de ces approches (**points 5 & 6**)

Le terme "sel", dans le présent document, fait référence au chlorure de sodium ou NaCl. Les autres sels dont il est question sont explicitement cités sous leur nom chimique.

1.2. Contexte légal

- Directive 90/496/CEE du Conseil du 24 septembre 1990 / Arrêté royal du 8 janvier 1992 concernant l'étiquetage nutritionnel des denrées alimentaires
- Règlement (CE) n° 1924/2006 du Parlement européen et du Conseil du 20 décembre 2006 concernant les allégations nutritionnelles et de santé portant sur les denrées alimentaires
- Règlement (CE) n° 1925/2006 du Parlement européen et du Conseil du 20 décembre 2006 concernant l'adjonction de vitamines, de minéraux et de certaines autres substances aux denrées alimentaires
- Règlement (CE) n° 1333/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 sur les additifs alimentaires
- Directive 89/398/CEE du Conseil du 3 mai 1989 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les denrées alimentaires destinées à une alimentation particulière
- Directive 2008/60/CE de la Commission du 17 juin 2008 établissant des critères de pureté spécifiques pour les édulcorants pouvant être utilisés dans les denrées alimentaires
- Directive 2008/84/CE de la Commission du 27 août 2008 portant établissement de critères de pureté spécifiques pour les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants
- Directive 2008/128/CE de la Commission du 22 décembre 2008 établissant des critères de pureté spécifiques pour les colorants pouvant être utilisés dans les denrées alimentaires

Afin de répondre à la question, un groupe de travail *ad hoc* a été constitué au sein duquel des expertises en médecine préventive, santé publique, épidémiologie, chimie, technologie et ingénierie des aliments, physiologie et physiopathologie de l'alimentation ainsi qu'en analyse des denrées alimentaires étaient représentées.

Vu les discussions lors des réunions du groupe de travail des 5 juillet 2010, 29 novembre 2010, 31 janvier 2011, 26 avril 2011, 28 juin 2011 (audition des organisations concernées), 24 octobre 2011 et 12 janvier 2012, ainsi que lors de la séance plénière du Comité scientifique du 16 mars 2012 et du Collège du CSS du 04 avril 2012,

le Comité scientifique de l'AFSCA et le Conseil Supérieur de la Santé donnent l'avis conjoint suivant :

2. Introduction

Un excès de sel nuit à la santé. Une consommation excessive de sel peut ainsi contribuer au développement d'hypertension artérielle et l'hypertension artérielle est un facteur de risque pour des maladies cardio-vasculaires. En même temps, trop de sel est également un facteur de risque pour le cancer de l'estomac et l'ostéoporose (voir le point **3.3.**). Sur base de données en provenance des USA, il s'avère que même une réduction de 1 g de sel par jour pourrait fournir un considérable effet

positif sur le plan de la santé publique, d'un même ordre de grandeur que d'autres campagnes d'intervention telles que, p.ex., les campagnes anti-tabac et les campagnes d'abaissement du cholestérol (Bibbins-Domingo *et al.*, 2010).

Le sodium (Na⁺) est en fait le nutriment qui influence la tension artérielle, et par « réduction du sel » on entend en fait la « réduction du sodium ». Le sel (NaCl) est la principale source de sodium dans les denrées alimentaires, mais pas la seule. Parfois, d'autres sels sodiques sont ajoutés comme conservateurs, produits de fermentation, épaississants, etc. (voir **tableau 4.3.1.**). Compte tenu du poids moléculaire des deux ions (Na⁺ et Cl⁻), le sodium représente 39,7 % du poids moléculaire du NaCl et 1 g de sel contient environ 17 mmol de sodium et 17 mmol de chlorure. L'« équivalent-sel » (ES), autrement dit la quantité de « sel » qui correspond à la teneur en sodium, se calcule en multipliant la teneur en sodium par 2,5 (1 g de sodium = 2,5 g de sel). Dans le présent avis, par « sel » on entend le chlorure de sodium (NaCl), sauf indication contraire.

La méthode la plus courante pour l'analyse du NaCl est le dosage des ions de Cl⁻ par titration (p.ex. méthode de Mohr, méthode de Volhardt). Toutefois, étant donné que le Na⁺ est l'ion significatif pour la santé publique et que des sources de Na⁺ autres que le sel (NaCl) peuvent être présentes dans l'alimentation, il est fortement indiqué de mesurer les ions de Na⁺, par ex. par spectrométrie d'émission ou ICP-AES.

On estime que 75 % du sel qui est consommé, provient des denrées alimentaires transformées (point **3.2.**). C'est pourquoi le Plan National Nutrition Santé (PNNS) du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement (SPF SPSCAE) collabore depuis quelques temps avec les secteurs concernés comme l'industrie alimentaire, le secteur de la distribution, l'horeca et le secteur de la restauration collective pour réduire le sel dans l'offre alimentaire.¹ De même, dans plusieurs autres pays des programmes de réduction du sel ont été lancés (WASH, 2011a; Webster *et al.*, 2011; EC, 2009; PHAC, 2009). Le **tableau 2.1.** donne un aperçu de quelques-uns de ces programmes. L'objectif à long terme de ces programmes de réduction du sel est de réduire à 5-6 g par jour la consommation de sel (qui est en moyenne de 9-10 g par jour). Les principales mesures sont l'abaissement de la teneur en sel des denrées alimentaires (transformées) (en particulier pour les produits qui contribuent le plus à l'ingestion de sel, mais une réduction générale du sel dans l'ensemble des produits est souhaitable afin de s'adapter à un goût moins salé), l'information/sensibilisation de la population, le développement de substituts du sel, l'instauration de conditions pour l'étiquetage et autres mesures réglementaires. L'efficacité des programmes de réduction du sel peut être évaluée par un monitoring de l'ingestion de sel de la population (par ex. par collecte d'urine, estimation à partir d'une enquête de consommation) et via la teneur en sel des denrées alimentaires (par l'étiquetage et des analyses de laboratoire).

Tableau 2.1. Programmes de réduction du sel dans quelques pays
(voir aussi: WASH, 2011a; Webster *et al.*, 2011; EC, 2009; PHAC, 2009)

Pays	Début	Principales mesures	Résultats	Référence
Belgique	'80	- Arrêté royal du 2 septembre 1985 relatif aux pains et autres produits de la boulangerie	Réduction du sel dans le pain	
	2009	- Campagne « Stop le sel ! » : informer la population, - Convention avec le secteur de distribution et de transformation de réduire l'ingestion de sel de 10 % pour 2012 - Convention avec le secteur des pains concernant le sel iodé	L'ingestion de sel était 10 g/jour en 2009 (= mesure zéro) – une nouvelle mesure est prévue en 2012	http://www.monplannutrition.be http://www.stoplesel.be
Finlande	1978	- Information de la population - Propagation de substituts du sel - Symbole du cœur en cas de profil alimentaire favorable - Avertissement sur l'emballage en cas de trop grande teneur en sel	~20 ans: 14 g/jour → 10 g/jour	Laatikainen <i>et al.</i> (2006)

¹<http://www.health.belgium.be/eportal/Myhealth/Healthylife/Food/FoodandHealthPlan2/SALT/Menu/index.htm?foodlang=fr>

France	2002	- Information de la population - Réduction progressive du sel dans les produits contribuant le plus à l'ingestion de sel (surtout le pain)	2001 – 2005: ± 5 % réduction de la consommation de sel	Anses (Afssa) (2002) Hercberg (2006)
Royaume-Uni	2003	- Information de la population - Réduction du sel dans les denrées alimentaires - Etiquetage 'Traffic light'	- 2001 – 2006: réduction de 6 à 7 % de l'ingestion de sel - 25-45 % de réduction du sel dans les principaux produits	FSA (2010a) FSA (2009)
Irlande	2005	- Réduction du sel dans les denrées alimentaires - Limites pour les allégations 'peu salé', 'très peu salé' et 'non salé'	2008: réduction du sel dans - pain: -10 % - sauces: -15 % - soupes: -10 %	FSAI (2005)
Suède	2008	- Information de la population - Réduction du sel dans les denrées alimentaires		FOPH (2009)
Australie	2007	Campagne "Drop the salt!" - Réduction moyenne de 25 % du sel dans les denrées alimentaires - Réduction moyenne de 25 % du sel chez les traiteurs (catering) - Information de la population - Etiquetage clair		AWASH (2009)
USA	1995	Mesures régulatrices (allégations de santé, déclaration, teneurs maximales)		FDA (2011)
Canada	2007	- Information de la population - Réduction volontaire du sel dans les denrées alimentaires - (Limites régulatrices)		Health Canada (2010)

En 2007 a été lancé le « European Salt Action Network » (ESAN)², une initiative de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) Europe basée sur les recommandations et conclusions du « Second WHO European Action Plan for Food and Nutrition Policy » (WHO, 2007a), de la résolution « Prevention and Control of non-communicable Diseases » (WHO, 2007b) et de la réunion « Reducing Salt Intake in Populations » (WHO, 2006). L'objectif de l'ESAN est l'échange d'informations sur la communication, le monitoring et le progrès technologique dans le cadre des différents programmes de réduction du sel. Dans le même contexte a été lancé en 2008 le « EU Framework for National Salt Initiatives », un cadre non contraignant légalement (et donc facultatif), dont l'objectif est d'obtenir dans les différents Etats membres une consommation de sel de 6 g par jour ou moins. Pour toutes les denrées alimentaires, un critère européen commun minimal est recommandé afin de réduire les teneurs en sel de base de 2008 de 16 %, et ce à l'horizon 2012 (EC, 2008b). Il est clair que des actions sont internationalement (marché international) prises pour réduire la teneur en sel des denrées alimentaires, et ce aussi bien de la part des responsables politiques que de l'industrie.

Afin de mieux protéger les consommateurs contre les pratiques d'étiquetage trompeuses, il a été déterminé au niveau européen quelles allégations nutritionnelles et de santé peuvent être mises sur l'emballage (Règlement (CE) n° 1924/2006). Les allégations nutritionnelles suivantes relatives à la teneur en sel/sodium (et toute autre allégation susceptible d'avoir le même sens pour le consommateur) sont autorisées:

- « pauvre en sodium ou en sel » : ne peut être faite que si le produit ne contient pas plus de 0,12 g de sodium ou de l'équivalent en sel par 100 g ou par 100 ml. En ce qui concerne les eaux, autres que les eaux minérales naturelles relevant du champ d'application de la directive 80/777/CEE, cette valeur ne devrait pas être supérieure à 2 mg de sodium par 100 ml.

² 23 pays prennent part au réseau, à savoir la Belgique, la Bulgarie, la Croatie, Chypre, la Finlande, la France, la Géorgie, la Grèce, la Hongrie, l'Irlande, Israël, l'Italie, Malte, les Pays-Bas, la Norvège, la Pologne, le Portugal, la Fédération de Russie, la Serbie, la Slovénie, l'Espagne, la Suède, la Suisse et le Royaume Uni (coordinateur). L'OMS Europe et la CE participent en tant qu'observateurs; <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/disease-prevention/nutrition/policy/member-states-action-networks/reducing-salt-intake-in-the-population>

- « très pauvre en sodium ou en sel » : ne peut être faite que si le produit ne contient pas plus de 0,04 g de sodium ou de l'équivalent en sel par 100 g ou 100 ml. Il est interdit d'utiliser cette allégation pour les eaux minérales naturelles et les autres eaux.
- « sans sodium ou sans sel » : ne peut être faite que si le produit ne contient pas plus de 0,005 g de sodium ou de l'équivalent en sel par 100 g.
- « réduit en sel ou en sodium » : ne peut être faite que si la réduction de la teneur en sodium, ou d'équivalent en sel, du produit est d'au moins 25 % par rapport à un produit similaire, sauf s'il s'agit de micronutriments.
- « pas de sel / sodium ajouté » (pour le moment encore une proposition): ne peut être faite que si la teneur en sodium, ou d'équivalent en sel, du produit est naturellement faible (< 0,12 g Na/100g) et si ni du sel ni un ingrédient contenant du sel n'ont été ajoutés.

Plusieurs facteurs jouent un rôle dans la réduction du sel (sodium), comme la perception du consommateur (p.ex. le goût, les numéros E sur l'étiquette), des facteurs économiques (p.ex. le prix des ingrédients, le marché international) et techniques (p.ex. les caractéristiques organoleptiques et les aspects de sécurité alimentaire). Le but du présent avis n'est pas de rendre compte d'une discussion complète, mais de débattre des principaux aspects liés à la réduction du sel, en mettant l'accent sur la sécurité alimentaire et la santé publique.

3. Aspects nutritionnels de la réduction du sel et justification de la réduction du sel

3.1. Aperçu physiologique du bilan sodé

Le sodium détermine l'osmolalité (c'est-à-dire le nombre de particules) des fluides extracellulaires, ou en d'autres termes le bilan hydrique et salé (homéostasie) et la volémie (c'est-à-dire le volume des liquides extracellulaires et le volume sanguin) de l'organisme. La concentration en sodium dans le plasma reste assez stable (~140 mmol/l) malgré des variations parfois considérables d'ingestion de sodium (sel). Une ingestion accrue de sodium s'accompagne d'une rétention d'eau afin de préserver l'osmolalité.

Afin d'exercer un rôle dans le maintien de l'équilibre hydro-sodé de l'organisme, et surtout de la volémie (donc du volume des liquides extracellulaires et du volume sanguin), le sodium doit être apporté sous forme de chlorure de sodium. Il est par conséquent essentiel d'un point de vue pratique de convertir la quantité de chlorure de sodium (appelé habituellement « le sel »). En effet, l'évaluation de l'excrétion urinaire de sodium (exprimée en général en mmoles par 24 heures) représente le moyen le plus objectif d'estimer l'apport alimentaire en sel, exprimé lui d'habitude en g par 24 heures. Les pertes extra-rénales de sodium (pertes sudorales et digestives) sont très limitées dans les conditions physiologiques et en l'absence d'une sudation importante. Ces pertes sont en général comprises entre 15 et 20 mmoles par jour et, si on les additionne à la quantité de sodium éliminée par les reins, on obtient une évaluation relativement objective et précise des apports alimentaires en sodium. Les quantités, souvent très variables du sodium apporté par alimentation, pouvant aller de 20 mmoles à 450 mmoles (donc de 1 g à 26 g de sel) par jour selon les habitudes alimentaires, sont en général excrétées de manière quasi quantitative par les reins. Cette grande capacité des reins d'adapter l'excrétion urinaire de sodium à l'importance des apports alimentaires résulte de mécanismes neuro-hormonaux fort complexes mais habituellement très efficaces.

3.2. Ingestion de sel par la population belge

Les apports moyens en sel varient pour la plupart des pays et pour la population adulte entre 9 et 12 g de NaCl par jour. Ils sont environ 20 % plus élevés chez les hommes que chez les femmes (EFSA, 2006; INTERSALT, 1988). Cet apport est proche de 4 à 5 g de sel par jour pour à l'âge de 4 à 6 ans, et de 5 à 6 g par jour pour l'âge de 7 à 12 ans (EFSA, 2006).

L'évaluation récente de l'ingestion de sel en Belgique, effectuée dans le cadre du PNNS, basée sur l'excrétion urinaire de sodium, indique une consommation de sel dans la population adulte de 10,5 g par jour en moyenne, ce qui est donc proche des autres pays européens (Vandevijvere *et al.*, 2010; INTERSALT, 1988). La majeure partie (environ 75 %) du sodium apporté dans l'alimentation correspond à la consommation des aliments préparés industriellement, et donc enrichis en sel (**figure 3.2.1.**). Il s'agit surtout du pain, de la charcuterie (dont certains types peuvent contenir jusqu'à 80 mmol de sodium par 100 g), des produits laitiers comme des fromages riches en sel, des plats préparés, des sauces ou des potages (Ni Mhurchu *et al.*, 2010; Vandevijvere & Van Oyen, 2008; EFSA, 2006).

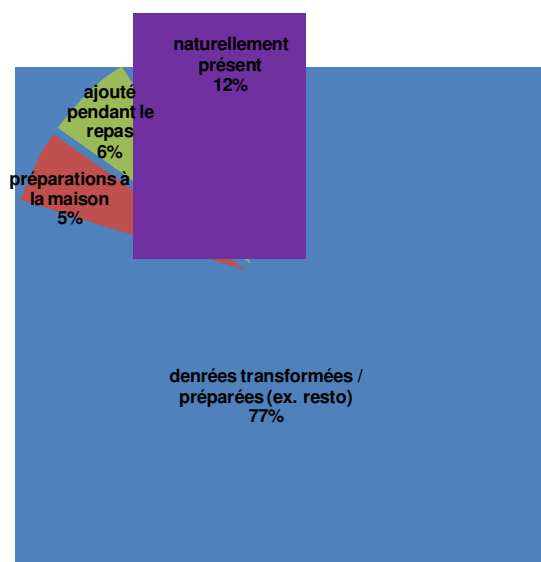


Figure 3.2.1. Part des différentes sources dans l'ingestion de sel (source: CE, 2008a)

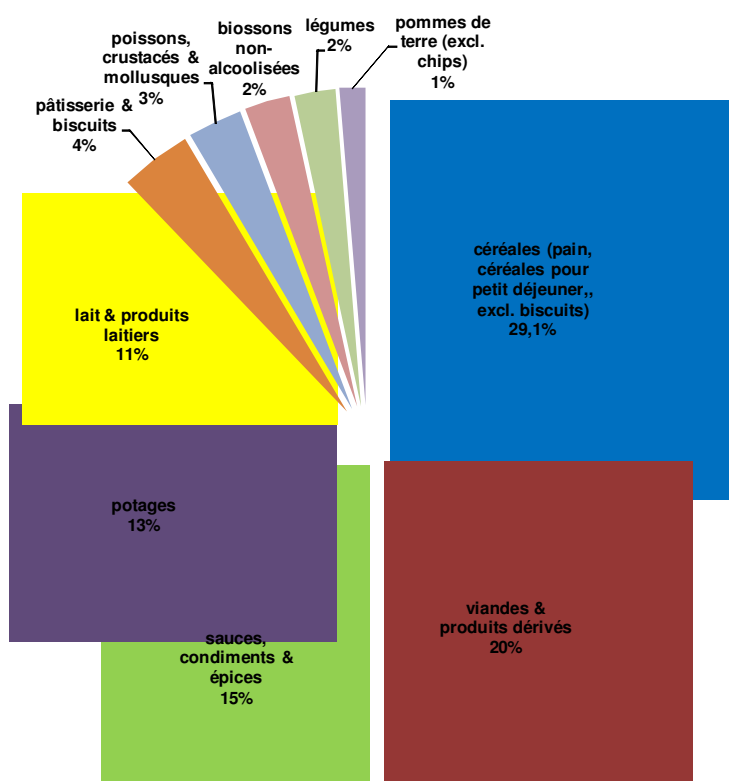


Figure 3.2.2. Groupes de denrées alimentaires qui contribuent le plus (> 1%) à l'apport en sel de la population belge (source: Vandevijvere & Van Oyen, 2008)

L'utilisation, souvent excessive, du sel par l'industrie alimentaire est en grande partie liée à l'effet favorable du sel sur la saveur et la texture de nombreuses denrées alimentaires. Elle a aussi pour but d'améliorer la préservation des aliments en réduisant le risque de prolifération microbienne (EFSA, 2006) (voir le **point 4.**). La teneur en sodium de la plupart des denrées alimentaires naturelles est très faible, comprise entre 0,1 mmol par 100 g pour les fruits et légumes et 3,0 mmoles par 100 g pour certaines viandes ou poissons. L'apport en sodium sous forme de l'ajout de sel lors de la cuisson ou à table, est de l'ordre de 10 % à 15 % de l'apport habituel global en sodium.

En dehors de l'apport en chlorure de sodium (donc en sel de cuisine) via l'alimentation, le sodium est également apporté, mais en quantités moindres, sous forme d'additifs alimentaires (donc de nitrate, de phosphate ou de glutamate de sodium) ou de boissons riches en bicarbonate de sodium (EFSA, 2006). Il est cependant à noter que c'est surtout le sodium ingéré sous forme de chlorure de sodium (donc l'apport alimentaire en sel) qui est impliqué dans la régulation de l'équilibre hydro-sodé (homéostasie) et responsable de nombreux effets nocifs d'un apport excessif en sel sur la santé.

3.3. Sel, pression artérielle et maladies cardiovasculaires

Les accidents cérébraux vasculaires et les maladies cardiaques sont la cause principale de décès prématuré et d'invalidité (Lopez *et al.*, 2006). Une augmentation de la pression artérielle est un des facteurs de risque les plus importants pour ces maladies. Au plus la pression est élevée, au plus grand est le risque (Lewington *et al.*, 2002). Toute définition de l'hypertension est donc plutôt arbitraire et repose sur des applications cliniques.

Une réduction de la pression artérielle au niveau de la population va de pair avec une réduction du risque des accidents cérébraux vasculaires et des maladies cardiaques; sur la base de résultats d'études d'interventions contrôlées, il a été estimé qu'une diminution de la pression artérielle systolique de 5 mm Hg s'accompagnerait d'une réduction de la mortalité par accident cérébral vasculaire et maladies cardiaques coronariennes, respectivement de -23 et -16% (He & MacGregor, 2003).

L'importance de l'apport en sel sur la distribution de la pression artérielle au niveau de la population et l'incidence de l'hypertension à l'âge adulte a été démontrée par différentes orientations de la recherche scientifique (épidémiologie, études de migrations, expériences *in vitro* et animales, recherche clinico-pathologique et essais cliniques (*trials*) contrôlés et randomisés).

L'effet direct de l'apport en sel sur les accidents cérébraux vasculaires et les maladies cardiaques a été rarement examiné dans des essais cliniques; dans les « Trials of Hypertension Prevention » (TOPH I et II) plus de 3.000 personnes avec une pression artérielle moyenne de 127/85 mm Hg et un apport habituel en sel de 10 g par jour ont été réparties aléatoirement en un groupe avec une restriction du sel et un groupe contrôle. La réduction du sel obtenue dans le groupe d'intervention était d'environ 2 à 2,5 g/jour, ce qui était accompagné d'une chute de -1,7/-0,9 mm Hg pour les pressions artérielles systolique et diastolique après 18 mois dans TOPH I et de -1,2 et -0,7 mm Hg après 36 mois dans TOPH II. Dans le groupe d'intervention, une diminution de 25-30 % de l'incidence des maladies cardiovasculaires a été observée 10-15 ans après la fin de l'étude et ce indépendamment de l'âge, du sexe, de la race et du poids corporel (Cook *et al.*, 2007). Une autre étude a été menée dans des établissements de soins à Taiwan. Dans deux établissements on a cuisiné pendant 2,5 ans avec du sel dont la moitié a été remplacée par du KCl, tandis que dans les trois autres établissements on a cuisiné avec du sel ordinaire. La mortalité par maladie cardiovasculaire a été réduite de 41 % dans la population des établissements où la concentration en NaCl était réduite de moitié (Chang *et al.*, 2006). Il faut cependant signaler que ces essais (*trials*) n'apportent pas de preuves solides concernant l'effet direct de la réduction du sel sur les maladies cardiovasculaires et que des essais (*trials*) sur un nombre suffisant de personnes, avec une restriction prolongée en sel et suffisamment de critères cliniques dans des groupes représentatifs de la population générale, ne seront probablement jamais menés. Il est d'ailleurs difficile de déterminer exactement l'apport en sel. Pour bien caractériser un individu, des mesures répétées de l'excrétion de sodium dans les urines de 24 heures sont nécessaires. Il est donc préférable de scinder le fondement scientifique des stratégies destinées à diminuer l'apport en sel au niveau de la population en des conséquences de l'apport en sel sur la pression artérielle, ce qui pourra ensuite être « traduit » en conséquences connues de la pression artérielle sur les accidents cérébraux vasculaires et les maladies cardiaques.

La relation entre l'apport en sel et la pression artérielle a été étudiée de façon circonstanciée dans des études observationnelles et d'intervention. Les résultats de l'étude INTERSALT soutiennent la thèse que l'augmentation de la pression artérielle avec l'âge au niveau de la population est plus grande au fur et à mesure que la consommation de sel dans la population est plus élevée (Intersalt, 1988). Les résultats d'études d'intervention telles que l'étude DASH, montrent qu'un apport réduit en sel, indépendamment des effets d'autres adaptations alimentaires, est accompagné d'une diminution de la tension artérielle (Sacks *et al.*, 2001). Avec les résultats d'autres études d'intervention, il a été calculé qu'une diminution en sel de 3 g/jour est associée à une pression artérielle systolique plus faible de 3,6 à 5,6 mm Hg et à une pression artérielle diastolique plus faible de 1,9 à 3,2 mm Hg chez des sujets hypertendus; chez des sujets ayant une pression artérielle normale l'effet était diminué de moitié, c.-à-d. de 1,8 à 3,5 mm Hg systolique et de 0,8 à 1,8 mm Hg diastolique. Dans ces études, il y avait une relation dose-réponse significative entre l'ingestion de sel et la pression artérielle (He & MacGregor, 2003).

L'impact d'une alimentation riche en sel sur le développement de l'hypertension artérielle a également été démontré chez l'enfant (He & MacGregor, 2006).

Cependant, l'influence de l'apport en sel sur la pression artérielle est très différente d'une personne à l'autre ; il y a une distinction entre les « sujets sensibles au sel » et les autres. Cette « sensibilité accrue au sel » est en grande partie déterminée génétiquement (Miller, 2011) ce qui pourrait expliquer la fréquence d'une sensibilité accrue au sel de certaines populations comme celles d'origine africaine (EFSA, 2006). La sensibilité au sel peut être également acquise, surtout chez les sujets obèses, les insulino-résistants et les sujets âgés (EFSA, 2006). Elle peut être également induite par une surcharge en sel, suite à une augmentation de la réponse tensionnelle à l'angiotensine II (Chamarthi *et al.*, 2010). L'apport excessif en sel peut également stimuler l'activité du système nerveux sympathique chez les sujets sensibles au sel (Stocker *et al.*, 2010).

Les résultats d'études d'intervention démontrent que l'effet bénéfique d'une alimentation pauvre en sel et équilibrée sur la pression artérielle est utile jusqu'à environ 5 g/jour et peut-être d'avantage plus bas pour certains sous-groupes de la population. Ceci correspond à l'objectif d'une réduction de l'apport en sel à 5 g par jour, comme proposée par différents organes d'avis internationaux (Appel *et al.*, 2011; NICE, 2010; WHO, 2010; Mancia *et al.*, 2007; IoM, 2005) et par le CSS en Belgique (CSS, 2009a). La mesure principale pour atteindre une telle restriction en sel, réside dans la réduction de la teneur en sel des aliments préparés industriellement (Bochud *et al.*, 2010; He & MacGregor, 2010; Ni Mhurchu *et al.*, 2010; Dötsch *et al.*, 2009; Vandevijvere & Van Oyen, 2008).

D'autre part, il y a des résultats d'études dans lesquels les auteurs remettent en question l'utilité et la sécurité d'une réduction sévère de l'apport en sel pour l'ensemble de la population ou trouvent qu'une restriction en sel est seulement utile pour les sujets « sensibles au sel » (Graudal *et al.*, 2012; O'Donnell *et al.*, 2011; Stolarz-Skrzypek *et al.*, 2011; Taylor *et al.*, 2011; Alderman, 2010; Cohen & Alderman, 2007; Alderman, 2006; EFSA, 2006). L'efficacité d'une restriction sévère de l'apport en sel comme prévention des maladies cardiovasculaires fait donc toujours l'objet d'une controverse. Selon certains auteurs une réduction sévère de l'apport en sel pourrait même aggraver la morbidité et augmenter la mortalité cardiovasculaire chez les patients diabétiques (Ekinci *et al.*, 2011; Thomas *et al.*, 2011) ou atteints d'une cardiopathie chronique (Paterna *et al.*, 2008).

En dehors de l'intérêt d'une réduction de l'apport en sel dans la prévention des maladies cardiovasculaires, une alimentation pauvre en sel atténue considérablement l'évolution et les complications de la néphropathie chronique (Krikken *et al.*, 2009) et surtout de la néphropathie diabétique (Suckling *et al.*, 2010).

Parmi d'autres effets délétères d'une alimentation trop riche en sel, on note une perte rénale accrue de calcium avec augmentation du risque de lithiase rénale et d'ostéoporose (Damasio *et al.*, 2011; Caudarella *et al.*, 2009). Il faut également citer l'impact probable d'une alimentation trop riche en sel sur certains types de cancer, notamment sur le cancer de l'estomac (EFSA, 2006; Tsugane, 2005; Cohen & Roe, 1997). Les études récentes suggèrent que, si le sel comme tel n'est pas une substance cancérigène, la conservation de certains aliments (comme des oeufs de poissons) dans le sel peut augmenter l'effet cancérigène de ces aliments (Takachi, 2010). Il a aussi été suggéré récemment qu'une alimentation trop riche en sel augmente le risque de développer le cancer de l'estomac même en absence d'une infection à *Helicobacter pylori* (Peleteiro *et al.*, 2011).

Parmi les bénéfices évidents d'une restriction de l'apport en sel il faut citer avant tout la prévention et le contrôle de l'hypertension artérielle; ce dernier surtout chez les sujets « sensibles au sel » (c.-à-d. les sujets obèses, diabétiques et personnes âgées) (EFSA, 2006; Jürgens & Grandal, 2004). Cet effet bénéfique de la restriction sodée est amplifié par une augmentation concomitante des apports en potassium, en magnésium et en calcium (Karppanen *et al.*, 2005; Sacks *et al.*, 2001). Cependant, une simple supplémentation en potassium, en calcium ou en magnésium n'est pas efficace dans le traitement de l'hypertension en l'absence d'une restriction sodée (Beyer *et al.*, 2006). Aux effets bénéfiques d'une alimentation pauvre en sel, viennent s'ajouter au contrôle de la tension artérielle menant à la prévention des accidents cérébraux vasculaires et des maladies cardiaques, un effet sur l'ostéoporose et probablement aussi sur certains types de cancers. Les risques pour la santé d'un apport réduit en sel sont très faibles, surtout si l'apport est de 5 g de NaCl par jour. Cependant, une réduction sévère de l'apport en sel peut induire une augmentation significative de l'activité du système rénine-angiotensine, de même que de l'activité du système nerveux sympathique, ainsi que de

certains facteurs métaboliques du risque cardiovasculaire comme le taux sanguin de cholestérol et de triglycérides (Graudal *et al.*, 2012). Une augmentation des taux circulants d'angiotensine, d'aldostérone et de noradrénaline, en réponse à une restriction sodée sévère, pourrait expliquer le fait que celle-ci n'est pas associée à une diminution de la pression artérielle chez les sujets normotendus soumis à un régime très pauvre en sel, alors que la morbidité cardiovasculaire pourrait même être accrue (Graudal *et al.*, 2012; Stolarz-Skrzypek *et al.*, 2011). Tayie & Jourdan (2010) suggèrent qu'une réduction de l'apport en sel pourrait induire une carence iodée, surtout chez la femme, étant donné que le sel de cuisine iodé constitue souvent pour la population féminine une source essentielle d'apport en iode. Une analyse récente de ce problème, réalisée aux Pays Bas (Verkaik-Kloosterman *et al.*, 2010), indique toutefois qu'une réduction de 50 % de la teneur en sel des aliments préparés par l'industrie alimentaire n'entraînerait qu'une diminution de 10 % environ des apports iodés. Une augmentation de la teneur en iode du sel (donc du NaCl) combiné à une meilleure distribution du sel iodé dans les ménages (en remplacement du sel de cuisine courant) pourrait facilement prévenir un tel effet, en soi peu important. L'utilisation de sel iodé ne peut en aucun cas, dans l'intérêt d'un apport optimal en iode, mener à une augmentation de l'apport en sel.

Un autre risque qui pourrait résulter théoriquement d'une réduction de l'apport en sel utilisé par l'industrie alimentaire dans le but de préserver la conservation des aliments, consisterait en une augmentation de la prolifération bactérienne (comme la prolifération de *Listeria monocytogenes* ou de *Clostridium botulinum*) (Taormina, 2010) (voir les points 4.1. et 5.). Il faut néanmoins noter que les sels de sodium utilisés dans ce but précis sont souvent le lactate ou le diacétate de sodium. Or, il n'est pas démontré que ces types de sels de sodium ont un même impact sur la santé que le chlorure de sodium.

4. Fonction technologique du sel dans l'alimentation

En fonction de la denrée alimentaire, le sel (NaCl) est ajouté pour des motifs hygiéniques (stabilité microbiologique), organoleptiques et/ou technologiques. La marge de réduction de sel est donc différente pour chaque type de produits (marge large pour les produits de boulangerie, plus restreinte pour la charcuterie et le fromage, variable pour différents aliments prêts à l'emploi tels que soupes, sauces, plats préparés).

4.1. Sécurité microbiologique

Le sel est utilisé depuis des siècles pour allonger la durée de conservation des aliments, en particulier des produits à base de viande et des produits de la pêche. Le sel peut non seulement empêcher l'altération des aliments, mais peut également inhiber la croissance des micro-organismes pathogènes (Stringer & Pin, 2005). Avec l'avènement de nouvelles techniques de conservation et de nouveaux conditionnements (p.ex. conservation réfrigérée, conservation sous atmosphère protectrice), le sel joue un rôle moins important en tant que technique de conservation. Actuellement, seules quelques denrées alimentaires sont encore conservées uniquement par l'adjonction de sel, et, généralement, on fait appel à plusieurs barrières différentes (« hurdle technology ») pour contrôler la croissance microbienne. En combinaison ou non avec le sel, des techniques liées au processus de fabrication et à la conservation à hautes ou basses températures sont appliquées, le pH ou le potentiel redox est adapté et d'autres ingrédients ou additifs sont ajoutés afin de créer un produit stable, qui se conserve plus longtemps (**tableau 4.1.1.**). Toutefois, le sel demeure un composant couramment utilisé pour créer un environnement défavorable pour des micro-organismes d'altération et des pathogènes dans les denrées alimentaires. En outre, l'usage du sel permet une teneur moins élevée en conservateurs (p.ex. dioxyde de soufre, acide benzoïque), un plus faible degré d'acidité ou un traitement plus doux (p.ex. chauffage), ce qui peut avoir un effet positif sur la qualité nutritionnelle ou organoleptique du produit.

Tableau 4.1.1. Quelques méthodes pour empêcher l'activité microbienne avec une teneur réduite en sel

Chimiques	Physiques	Biologiques
Conservateurs (p.ex. ingrédients aux propriétés antimicrobiennes inhérentes, nisine, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> • Traitement thermique • Conservation à basse température (p.ex. réfrigération, congélation) • Séchage • Irradiation • Traitement par hautes pressions • Conservation ou conditionnement sous atmosphère protectrice 	Ferments

L'efficacité du sel pour inhiber la croissance microbienne ou détruire les micro-organismes dépend de nombreuses propriétés intrinsèques et extrinsèques de la matrice des denrées alimentaires. Le **tableau 4.1.2.** présente une série de conditions de croissance limitatives pour quelques pathogènes alimentaires.

Tableau 4.1.2. Conditions de croissance limitatives pour quelques pathogènes alimentaires (source : Stringer & Pin, 2005).

Organisme	Température minimale de croissance minimale	Activité de l'eau maximale inhibitrice sur la croissance (obtenue avec le sel)	Concentration en sel équivalente (% w/w)	pH	Relations à l'oxygène
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0	0,97	5	4,5	AF
<i>Bacillus cereus</i>	4,10*	0,93	11	5,0	AF
<i>Campylobacter jejuni</i>	32	0,98	3	4,9	M
<i>Clostridium botulinum</i> , protéolytique	10	0,94	10	4,6	An
<i>Clostridium botulinum</i> , non-protéolytique	3	0,97	5	5,0	An
<i>Clostridium perfringens</i>	12	0,95	7	5,0	An
<i>Escherichia coli</i> (VTEC)	7	0,95	8	4,0	AF
<i>Listeria monocytogenes</i>	0	0,92	12	4,3	AF
<i>Salmonella</i> spp.	5	0,93	11	3,8	AF
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	0,86	19	4,0	AF
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	10	0,95	9	4,8	AF
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-2	0,95	7	4,2	AF

AF = aérobie facultatif; An = anaérobie strict; M = micro-aérophile

* = souches psychrotrophes et mésophiles

Le principal mécanisme du sel pour la conservation des denrées alimentaires est la réduction de l'activité de l'eau ou de l' a_w ³. Probablement le sel abaisse-t-il la valeur de l' a_w par une association des ions Na^+ et Cl^- avec les molécules d'eau (Henney *et al.*, 2010). En fonction de la valeur a_w initiale de la denrée alimentaire, et à un pH donné, une modification de la teneur en sel (et donc de la valeur de l' a_w) peut inhiber la croissance des micro-organismes dans la denrée alimentaire ($a_w < a_w$ croissance minimale) ou peut rendre possible la multiplication de certains micro-organismes dans la denrée alimentaire ($a_w > a_w$ minimale de croissance). Non seulement l'ajout de sel (saumurage) mais aussi le séchage ou l'ajout de sucre sont des techniques pour freiner la multiplication des micro-organismes par abaissement de la valeur de l' a_w . Outre un abaissement de la valeur de l' a_w , le sel déshydrate les cellules bactériennes, change leur pression osmotique et freine leur croissance. On suggère aussi que pour certains micro-organismes, le sel limite la solubilité de l'oxygène, interfère avec les enzymes cellulaires ou force les cellules à consommer de l'énergie pour éliminer les ions Na^+ de la cellule, tout cela se traduisant par une croissance microbienne ralentie (Henney *et al.*, 2010; Taormina, 2010; Stringer & Pin, 2005).

Le sel affecte non seulement la croissance des pathogènes, mais peut également influencer leur thermo-résistance. L'effet dépend de l'espèce mais, en général, l'inactivation thermique des micro-

³ L'activité de l'eau ou a_w est la quantité d'eau libre, non fixée, ou la quantité totale d'eau qui est disponible pour les réactions biologiques.

organismes est plus importante pour une valeur de l' a_w plus élevée, ce qui rend peu probable qu'une réduction en sel augmente la thermo-résistance. D'autre part, les cellules ou les spores peuvent être endommagées de façon sous-létale par un traitement thermique de sorte qu'elles sont moins aptes à survivre dans des conditions défavorables créées, par exemple, par la présence de sel. Ainsi, lors de l'addition de sel une augmentation de la thermo-résistance a été observée pour *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* et les souches de *Salmonella* thermosensibles, et une diminution pour *Pseudomonas fluorescens*, les souches de *Salmonella* thermorésistantes et *Clostridium botulinum* non-protéolytique (Taormina, 2010; Stringer & Pin, 2005).

Différents termes sont utilisés pour décrire différents niveaux de tolérance ou de résistance microbienne contre le NaCl, parmi lesquels « halophile strict », « tolérant au sel », « résistant au sel » et « halophile facultatif ». Le terme « halotolérant » peut être considéré comme synonyme de « tolérant au sel » et ces deux termes sont interchangeable avec « halophile facultatif ». Les micro-organismes tolérants au sel et halophiles sont aussi parfois appelés xérotolérants ou xérophiles, mais ces termes sont plutôt utilisés en référence à des conditions de basse valeur de l' a_w qui sont créées par une teneur élevée en sucre. Les micro-organismes qui sont adaptés de façon réversible au NaCl sont classifiés comme résistants au sel (Taormina, 2010).

Des exemples de pathogènes alimentaires tolérants au sel, résistants au sel et halophiles sont respectivement *L. monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* et *Vibrio parahaemolyticus* (Taormina, 2010). Les moisissures prospéreraient et survivraient mieux que les bactéries dans les denrées alimentaires ayant une faible valeur de l' a_w . La plupart des moisissures (y compris celles qui produisent des mycotoxines) peuvent se multiplier en présence d'oxygène à la surface des denrées alimentaires, même dans les denrées avec des a_w très basses ou une teneur en sel élevée, si l'humidité relative de l'air est suffisante. Des exemples de moisissures tolérantes au sel sont notamment *Torula*, *Hemispora*, *Oospora* et *Sporendonema*. Les levures tolérantes au sel comme *Debaryomyces hansenii*, *Hansenula anomala* et *Candida pseudotropicalis* peuvent pousser jusqu'à des concentrations en NaCl de 11 % ($a_w = 0,93$). Les virus qui peuvent involontairement contaminer des denrées alimentaires ne sont généralement pas influencés par les teneurs en NaCl utilisées dans les denrées alimentaires (Taormina, 2010).

Une série de molécules contenant du sodium qui sont utilisées pour la conservation des denrées alimentaires sont reprises au **tableau 4.3.1**. Bien que le NaCl contribue généralement le plus à la teneur en Na d'un produit alimentaire, il faut aussi tenir compte de l'apport en sodium lié à d'autres molécules qui sont souvent utilisées pour la conservation.

Pour plusieurs produits alimentaires, tels que des produits surgelés, des produits qui ont subi un traitement thermique suffisant pour tuer les pathogènes (p.ex. les produits en conserve), des produits acides (pH <3,8) et des produits dont la valeur de l' a_w reste faible quand la teneur en sel est réduite (p.ex. en raison d'une teneur en sucre élevée), la réduction de la teneur en sel ne mènera pas immédiatement à l'altération du produit ou à un produit microbiologiquement à risque (Stringer & Pin, 2005). Cependant, lors de la reformulation d'un produit en vue de réduire la teneur en sel, il faut toujours vérifier l'effet de la réduction de sel sur la sécurité microbiologique. Le Comité consultatif anglais pour la sécurité microbiologique des denrées alimentaires a notamment cité les efforts sur le plan de la réduction de sel comme un des facteurs possibles de l'incidence accrue de listériose au Royaume Uni (ACMSF - Advisory Committee on the Microbiological Safety of Food, 2009). Outre *Listeria monocytogenes*, d'autres pathogènes peuvent aussi se développer plus rapidement dans les denrées alimentaires ayant une teneur réduite en sel et autres conservateurs sodés; c'est le cas de *Clostridium botulinum*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila*, *Clostridium perfringens* et *Arcobacter* (Henney *et al.*, 2010; Stringer & Pin, 2005).

Dans la littérature, plusieurs équations mathématiques sont proposées pour calculer, pour une denrée alimentaire donnée, en fonction de la concentration en sel (et aussi d'autres variables), la valeur de l' a_w , mais aussi la croissance des micro-organismes (Anses, 2010; Samapundo *et al.*, 2010b; Taormina, 2010; Stringer & Pin, 2005; Hutton, 2002). Toutefois, l'interprétation de modèles prédictifs doit se faire avec la prudence qui s'impose. L'industrie peut initialement se baser sur des modélisations existantes, mais devrait également tester dans la pratique l'impact sur la sécurité (cf. challenge tests notamment pour *Listeria monocytogenes*).

Dans ce contexte, il y a lieu de remarquer que le non respect des bonnes pratiques d'hygiène (BPH) est un facteur important contribuant à l'apparition de toxi-infections d'origine alimentaire, et que, dans de nombreux cas, un abus de température peut entraîner la croissance de pathogènes et des incidents sanitaires.

4.2. Propriétés organoleptiques

Les molécules gustatives peuvent être évaluées sur base de leur intensité et de leur persistance. Ainsi, au-delà d'une certaine teneur en sel, on ne percevra plus un goût salé plus intense, et dans le cas du sel l'intensité gustative augmente pendant quelques centaines de millisecondes, pour ensuite diminuer rapidement (Henney *et al.*, 2010). Une caractéristique critique du goût salé est la valeur hédonique ou "le caractère agréable". Pour beaucoup de denrées alimentaires, l'ajout de sel améliore le goût jusqu'à un certain point, après quoi tout nouvel ajout suscitera plutôt un dégoût (fonction "U" inverse). Le point optimal ou point de saturation est toutefois considérablement différent d'une personne à l'autre et n'est pas une concentration donnée, mais plutôt un assez large bande de concentrations considérées comme "délicieuses" par le consommateur (Henney *et al.*, 2010).

L'intensité gustative n'est pas seulement influencée par la quantité, mais aussi par la manière dont ou le moment auquel le sel est ajouté à un produit alimentaire. Ainsi, le NaCl donnerait un goût plus concentré lorsqu'on le saupoudre sur de la viande après plutôt qu'avant la cuisson, et pour obtenir un même goût salé il ne faudrait que la moitié du sel si le sel était ajouté après la cuisson (Ruusunen & Puolanne, 2005) (voir aussi le point 5.4.).

En outre, d'autres ingrédients joueront un rôle dans l'intensité gustative perçue du sel. Ainsi, par exemple, un goût salé plus intense sera perçu dans la saucisse si en même temps, on abaisse la teneur en protéines et qu'on augmente la teneur en matière grasse, ou en d'autres termes, la perception du sel sera plus élevée dans les produits plus riches en grasse (Desmond, 2006; Ruusunen & Puolanne, 2005). Toutefois, des reformulations destinées à réduire la teneur en sel ne pourraient pas donner lieu à une augmentation de la teneur en grasse, car cela est contre-productif dans la promotion d'une alimentation saine.

Le sel ne donne pas seulement un goût salé, mais peut aussi influencer d'autres propriétés organoleptiques de la denrée alimentaire (Henney *et al.*, 2010; Hutton, 2002). Pour plusieurs denrées alimentaires (potages, riz, œufs et chips), il a été démontré que le sel améliorerait la perception de l'épaisseur/la consistance du produit, favorisait la suavité, masquait l'arrière-goût métallique ou chimique, et magnifiait le goût général en améliorant l'intensité du goût. Le sel peut améliorer ou renforcer des goûts en réduisant l'amertume ou en diminuant la valeur de l' a_w . Une valeur de l' a_w plus faible entraîne une concentration augmentée des goûts et une plus grande volatilité des composants gustatifs, entraînant un arôme amélioré (Henney *et al.*, 2010; Hutton, 2002).

Le sel joue donc un plus grand rôle dans le profil organoleptique d'un produit que le seul apport du goût salé souhaité. Lorsqu'on réduit la teneur en sel dans les denrées alimentaires, il peut donc être nécessaire d'identifier aussi les manières de remplacer les caractéristiques perceptuelles ou les effets du sel sur le goût total.

Dans ce contexte, on remarque pour finir que les denrées alimentaires riches en sel augmentent la sensation de soif.

4.3. Propriétés fonctionnelles

Outre une amélioration de la conservation et du goût, le sel est ajouté aux denrées alimentaires pour les motifs technologiques ci-après (Henney *et al.*, 2010; Hutton, 2002):

1. Pour **améliorer la texture** : Le sel renforce p.ex. le gluten dans la pâte à pain en créant une texture et une force uniforme de la pâte. En présence de sel le gluten contient plus d'eau et de dioxyde de carbone, ce qui permet à la pâte de lever sans se fissurer. Le sel améliore la tendreté des produits de viande fumés comme le jambon en favorisant la liaison de l'eau avec les protéines.

Il donne aussi une structure lisse et solide aux produits de viande. Le sel contribue au développement de la croûte dure caractéristique du fromage et aide à la production de la consistance uniforme souhaitée du fromage et d'autres denrées alimentaires comme la choucroute;

2. comme **liant**: Le sel aide l'extraction des protéines dans les produits de viande transformés et « formés », en renforçant la capacité de liaison entre les particules de viande. Par l'augmentation des propriétés de fixation de l'eau en présence de sel, les pertes en cours de cuisson sont réduites. Le sel augmente la solubilité des protéines musculaires dans l'eau. Lors de la fabrication de saucisson, des émulsions stables se forment lorsque les solutions des protéines solubles dans le sel recouvrent les fines bulles de graisse formées, et un gel fixant se forme, fait de viande, de graisse et d'eau.
3. **contrôle de la fermentation**: Dans les produits de boulangerie (p.ex. le pain), le sel contrôle la fermentation en la ralentissant et en contrôlant la vitesse de fermentation, ce qui est important pour parvenir à un produit uniforme. Les cornichons, la choucroute, le fromage et les saucissons fermentés doivent beaucoup de leurs caractéristiques à l'action des bactéries lactiques. Le sel favorise la croissance de ces cultures starter plus tolérantes au sel en inhibant la croissance d'organismes d'altération et de moisissures indésirables, présentes naturellement dans ces denrées alimentaires.
4. **développement de la couleur**: Le sel favorise le développement de la couleur dans le jambon, le lard, les hot-dogs et la choucroute. En combinaison avec le sucre et le nitrate ou le nitrite, le sel produit une couleur que le consommateur trouve attirante dans les charcuteries. Le sel favorise la formation d'une couleur dorée dans la croûte du pain en réduisant la dégradation du sucre dans la pâte et en favorisant la réaction Maillard.
5. en tant que **support**: Les additifs autorisés sous forme de poudre sèche sont très concentrés et doivent être dilués pour obtenir un dosage correct. Le sel peut être utilisé comme support solide afin de permettre un dosage exact ou une répartition uniforme des additifs ou autres ingrédients dans le produit. Par exemple la saumure de sel nitrité utilisée lors de la préparation de produits de viande pour entre autres maintenir une couleur naturelle de la viande. Un autre exemple est le sel enrichi en micronutriment iode, le sel iodé, qui est ajouté au pain dans le cadre de l'optimisation de l'ingestion d'iode de la population (CSS, 2009b).
6. **le goût**: Comme on l'a déjà indiqué au point 4.2., le sel est ajouté dans la plupart des cas pour le goût. Toutefois, le sel est généralement ajouté en excès. Certains produits ont effectivement un goût salé (ex. le lard, les chips au sel), mais d'autres semblent beaucoup moins salés quoiqu'ils aient cependant une teneur élevée en sel, c'est-à-dire en sel *caché* (ex. mélanges d'aromates, pesto, repas cuisinés, salades de viande, pizzas, biscuits, etc.).

Etant donné que le sel (NaCl) peut avoir d'autres fonctions dépendant du type de denrée alimentaire, le **tableau 4.3.2.** donne un aperçu pour un certain nombre de types de denrées alimentaires. Outre le sel, d'autres substances contenant du sodium sont cependant parfois utilisées pour obtenir les propriétés physiques voulues du produit. Le **tableau 4.3.1.** reprend un certain nombre d'additifs contenant du sodium et leur fonction potentielle dans les denrées alimentaires. Pour chaque additif, une description individuelle est donnée ainsi qu'un ensemble de critères de pureté. D'autres additifs que ceux mentionnés dans le **tableau 4.3.1.**, mais aussi des édulcorants et des colorants peuvent contenir du sodium (Directive 2008/84/CE, Directive 2008/60/CE, Directive 2008/128/CE). En outre, certains additifs peuvent être placés sur le marché sous forme de différents sels (p.ex. sel de sodium, de calcium, de potassium). Les conditions pour l'utilisation des additifs autorisés dans différentes catégories d'aliments sont reprises dans le Règlement (CE) n° 1333/2008. Des informations sur les différents additifs autorisés peuvent également être trouvées via la base de données européenne des additifs (https://webgate.ec.europa.eu/sanco_foods/main/?event=display).

Tableau 4.3.1. Quelques additifs contenant du sodium et leur fonction potentielle dans les denrées alimentaires

Conservateurs ⁽¹⁾		Emulsifiants, épaississants, gélifiants, stabilisants ⁽¹⁾	
Benzoate de sodium	E211	Alginate de sodium	E401
Dérivé sodique de l'ester éthylique de l'acide p-hydroxybenzoïque	E215	Sels de sodium, de potassium et de calcium d'acides gras	E470a
Dérivé sodique de l'ester méthylique de l'acide p-hydroxybenzoïque	E219	Stéaroyl-2-lactylate de sodium	E481
Sulfite de sodium	E221		
Sulfite acide de sodium	E222		
Disulfite de sodium	E223		
Nitrite de sodium	E250		
Nitrate de sodium	E251		
Acétates de sodium	E262		
Propionate de sodium	E281		
Tétraborate de sodium (borax)	E285		
Antioxydants ⁽¹⁾		Additifs avec d'autres propriétés ⁽¹⁾	
Ascorbate de sodium	E301	<i>Correcteurs d'acidité, anti-agglomérants, poudres à lever</i>	
Érythorbate de sodium	E316	Carbonates de sodium	E500
Lactate de sodium	E325	Sulfates de sodium	E514
Citrates de sodium	E331	Hydroxyde de sodium	E524
Tartrates de sodium	E335	Ferrocyanure de sodium	E535
Tartrate double de sodium et de potassium	E337	Gluconate de sodium	E576
Phosphates de sodium	E339	<i>Exhausteurs de goût</i>	
Malates de sodium	E350	Glutamate monosodique	E621
Adipate de sodium	E356	Guanylate disodique	E627
Éthylène-diamine-tétra-acétate de calcium disodium (calcium disodium EDTA)	E385	Inosinate disodique	E631
		5'-ribonucléotide disodique	E635
		Glycine et son sel de sodium	E640

⁽¹⁾ Définitions: Règlement (CE) n° 1333/2008

Tableau 4.3.2. Fonctions du sel dans une série de types de denrées alimentaires (sources: e.a. Johnson, 2011; Henney *et al.*, 2010; Anses, 2002; Hutton, 2002)

Remarque: la délimitation entre les fonctions microbiennes, technologiques et organoleptiques ne peut pas toujours être fixée de façon très précise, un certain chevauchement est possible.

Type de produit	Concentration indicative / concentration en sel typique	Fonction microbienne	Fonction technique	Organoleptique	Ex. d'autres sources potentielles de sel ⁽¹⁾	Remarque
VIANDES & PRODUITS DÉRIVÉS						
Jambon cuit	2010: 2,2 g ES/100g → 2012: 2,1 g ES/100g ^(a)	Bactériostatique (parfois en combinaison avec fermentation, séchage, fumage, nitrite)	pH meilleure capacité de rétention d'eau (viande plus tendre) propriétés de liaison, d'émulsion et de gel (par meilleure solubilité des protéines musculaires)	Exhausteur de goût et goût	Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans des viandes transformées nitrate/nitrite de sodium (E250/E251) phosphates de sodium (E339) lactate de sodium (E325) acétates de sodium (E262), ascorbate de sodium (E301) et citrates de sodium (E331) dans des préparations de viande hachée épices/mélanges d'arômes (p.ex. glutamate de sodium – E621) intrinsèquement présents	AR 08/06/83 ^(b) : Si la teneur en sel dans des viandes préparées cuites et dans des préparations de viandes réchauffées > 2 %, exprimée en NaCl, ce pourcentage doit être mentionné dans la liste d'ingrédients. Un écart de 0,2 % est toléré.
Salami	2010: 4,2 g ES/100g → 2012: 4,0 g ES/100g ^(a)					
Salaisons	2010: 5,2 g ES/100g → 2012: 5,0 g ES/100g ^(a)					
Produits cuits	2010: 1,9 g ES/100g → 2012: 1,8 g ES/100g ^(a)					
SAUCES						
Sauces du repas (sauces chaudes / sauces déshydrées)	650 mg/50g ^(a)				P.ex. les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ et benzoate de sodium (E211) sont autorisés dans certaines sauces, les sulfites de sodium (E221/E222/E223) sont autorisés dans la moutarde.	
Sauces froides	Les valeurs typiques sont: - ketchup tomates: 2,3 % - mayonnaise: 1,5 % 195 mg Na/15g ^(a)	Beaucoup de formulations sont basées sur une combinaison de sel, sucre et acide acétique pour conservation à température ambiante				
Sauce soja				Teneurs élevées en sel (17-18 %) pour produire les composants volatils caractéristiques de la		

PAIN & PRODUITS APPARENTÉS			sauce soja			
Pain	AR 02/09/85 ⁽⁶⁾ : la teneur en sel de cuisine, exprimée en NaCl, calculée sur la matière sèche, ne peut pas dépasser 2,0 % (i.e. ~1,2-1,3 g/100g de pain)	Bactériostatique (levure, moisissures) (c'est surtout le sucre et non le sel qui prédomine pour le contrôle de la valeur de l'a _w)	- Elasticité réduite et gluten plus stable : améliore les propriétés plastiques de la pâte (moins collante – peut cependant allonger le temps de mélange) - fermentation ralentie (retardement de la production de gaz) - stabilisateur pendant la levée - peut allonger la durée de conservation (atmosphère sèche) ou la raccourcir (atmosphère humide)	goût et volume du pain améliorés + croûte plus fine et claire	- poudres à lever (p.ex. bicarbonate de sodium – E500, pyrophosphate de sodium acide - E450) - conservateurs (p.ex. propionate de sodium – E281) - émulsifiants (p.ex. stearoyl-2-lactylate de sodium – E481) - Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans certains petits pains et produits de boulangerie fine	- L'émulsifiant stéaroyllactylate de sodium (E481) est parfois ajouté pour améliorer le volume du pain ou garantir la texture du pain congelé - conditionneurs de pâte (p.ex. caséinate de sodium) - Remplacement du NaCl par du sel d'iode
Produits de boulangerie fine Cakes industriels	0,4-0,6 % produit fini	De faibles teneurs (0,3-0,5 %) sont pratiquées pour empêcher la formation de moisissures et ainsi allonger la durée de conservation à température ambiante		Exhausteur de goût pour goût sucré		Les petits pains 'rapides', cakes et biscuits font usage d'agents de fermentation chimiques plutôt que de levure pour obtenir des textures aériées, parmi lesquels du bicarbonate de sodium (E500) Sont aussi sur le marché: des toasts sans sel ajouté, avec teneur réduite en Na et toasts de régime
Toasts/biscottes	Norme: 2 % sur base de la pâte (~1,5 % produit fini)		Voir pain	Voir pain		
CÉRÉALES POUR PETIT DÉJEUNER						
	Typiquement 2 % seraient ajoutés au mélange initial pour l'extrusion des produits de froment, maïs et flocons de riz et des produits grillés		Réduit la quantité d'eau disponible pour la gélatinisation de l'amidon, et allonge le temps et la température de gélatinisation	Amélioration de l'arôme et de la texture (surtout lorsque teneur réduite en sucre)	- Exhausteurs d'arôme et de goût (ex. glutamate de sodium – E621) - Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés	Supports gustatifs (ex. caséinate de sodium)
POISSON ET PRODUITS DÉRIVÉS						
		- Inhibition microbienne, et destruction partielle des parasites du poisson (p.ex. le ver du hareng <i>Anisakis simplex</i>)	inhibition des enzymes et déshydratation du tissu du poisson – réduit le "cook-out" (i.e. perte de liquide en cours de cuisson)		Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés, mais aussi p.ex. le benzoate de sodium (E211), les sulfites de sodium (E221/E222/E223), le nitrate de sodium (E251)	

		<ul style="list-style-type: none"> - Saumure pour nettoyer le poisson avant sa mise en conserve - Important pour la conservation du poisson fumé 				
OVOPRODUITS						
			Stabilisation du jaune d'oeuf commercial congelé		Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés, ainsi que le benzoate de sodium (E211), les phosphates de sodium (E339)	
FROMAGE						
	<p>% typique du poids dans le produit fini :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cheddar : 1,6-1,8 % - Emmental: 0,8 % - Parmesan: 2,1 % - Edam: 1,3 % - Gouda: 1,3 % - Brie: 1,5-1,8 % - Camembert: 1,6-1,8 % - Feta: 3 % - Fromage frais : 0,8-1,0 % - Fromage suisse : 0,8-1,2 %, mais 0,5 % est possible pour le fromage sans croûte 	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation de l'activité de la culture starter - Ralentissement de la croissance de la plupart des micro-organismes 	<p>La quantité ajoutée, la méthode d'adjonction et le stade auquel le sel est ajouté dépendent du type de fromage.</p> <ul style="list-style-type: none"> - régulation de la culture starter et de l'activité enzymatique (pepsine, chymosine, plasmine) - assure la transition entre égouttage et maturation - effet additionnel à l'égouttage (extraction du sérum) - contribue à la formation de croûte - contrôle du pH (ex. Cheddar, Stilton) 	augmente le potentiel organoleptique du fromage (ex. réduction de la teneur en eau, activité enzymatique, forgeabilité)	<ul style="list-style-type: none"> - conservateurs (p.ex. nitrate de sodium – E251) ; - émulsionnants (ex. diphosphate de sodium, hexamétophosphate de sodium – E339) (p.ex. des sels de fusion contenant du sodium sont utilisés dans des fromages fondus) ; - correcteurs d'acidité (p.ex. carbonates de sodium – E500) ; - exhausteurs d'arôme et de goût (ex. ingrédients laitiers enzymatiques modifiés) - intrinsèquement présent (lait) ; - Les additifs du Groupe 1⁽²⁾ sont autorisés dans des fromages non affinés, des fromages fondus. 	
GRAISSES & HUILES						
Beurre				ajouté essentiellement pour des motifs organoleptiques	Carbonates de sodium (E500) dans beurre de crème acide	
Bouillons			Fonction technique pour les blocs de bouillon	propriétés organoleptiques	Exhausteur de goût glutamate monosodique (E621)	

SNACKS						
Snacks salés (cacahuètes, chips, etc.)			Est aussi utilisé comme support pour des micro-ingrédients (arômes, antioxydants, etc.)	Le goût salé est une des principales caractéristiques de ces produits	Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans des amuse-gueules à base de pommes de terre, de céréales, de farine, d'amidon ou de fécule, des fruits à coque transformés	Des produits de chocolats et autres confiseries peuvent également contenir des additifs contenant du sodium (p.ex. carbonates de sodium – E500 et additifs du Groupe 1 ⁽²⁾)
PLATS PRÉPARÉS / PLATS CUISINÉS						
	Teneur max. en Na de 370mg/100g ^(a)	Produits contenant de la viande ou du fromage	Parfois pour des motifs techniques : P. ex. : - Quenelles: soutien de l'efficacité de l'émulsion - Choucroute: processus de fermentation	Sel provenant d'ingrédients et ajouté pour des motifs organoleptiques	Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans certains desserts	
FRUITS & LÉGUMES						
Légumes fermentés (choucroute, cornichons)		- Contrôle de la flore microbienne - Régulation de l'activité de la culture starter	- Contrôle de la flore microbienne pour obtenir des conditions de fermentation correctes - Influence les changements texturels - Effets chimiques (cornichons)		- Conservateurs (ex. benzoate de sodium –E211 dans des olives, des sulfites de sodium – E221/E222/E223) - Rétention de couleur (ex. bisulfate de sodium – E514)	
oignons			- évite la "formation d'une brume" dans le vinaigre, probablement par 'fixation' des protéines - prévention de coloration en rose (idem pour le chou-fleur au vinaigre) - prévention d'un dépôt de quercétine (càd glycoside) (taches jaunes – aussi pour les cornichons)		- Citrates de sodium – E331 (p.ex. dans des confitures et des gelées) - Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans des fruits et légumes séchés, des fruits et légumes conservés dans le vinaigre, l'huile ou la saumure, des préparations de fruits et de légumes	
Conserves de légumes et de fruits	Max. 250mg Na/100g ^(a)			arôme	- Intrinsèquement présent (ex. céleri)	
Produits dérivés de pommes de terre						
Ex. croquettes, pommes duchesse, purée	Max. 0,76 g zout/100g ^(a)				Peuvent contenir ascorbate de sodium (E301), lactate de sodium (E325), sulfates de	

					sodium (E514), etc.	
POTAGES						
	850 mg Na/250ml ^(a)			ajouté principalement pour des motifs organoleptiques, exhausteur de goût	Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés, mais aussi le benzoate de sodium (E211), l'érythorbate de sodium (E316), les phosphates de sodium (E339)	Il faut faire une distinction entre les soupes chaudes et froides (c.à.d. soupe en brique/boîte et poudres)
BOISSONS						
Boissons sportives isotoniques			Osmorégulateur : Les boissons sont conçues pour avoir la même composition osmotique que le sang. Lorsqu'on transpire, il faut surtout un apport d'eau, mais une surdilution du sang peut entraîner une faible teneur du plasma en sodium + rôle du sodium dans l'absorption du glucose et de l'eau		P.ex. les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans des jus de légumes et des boissons aromatisées	
PÂTE À FRIRE ET COATINGS						
			- Empêche la congélation de la garniture - Adhésion améliorée lorsque appliqué sur produits congelés (ex. miettes sur poisson)		Les additifs du Groupe 1 ⁽²⁾ sont autorisés dans la pâte à frir, ainsi que des phosphates de sodium (E339)	

⁽¹⁾ comme illustration et non exhaustif ; pour plus d'informations (p.ex. quantités maximales, restrictions/exceptions, autres additifs autorisés) il est référé au Règlement (CE) n° 1333/2008 ; ⁽²⁾ les additifs du Groupe 1 contenant du sodium sont les acétates (E262), l'ascorbate (E301), le lactate (E325), les citrates (E331), les tartrates (E335/E337), les malates (E350), l'alginate (E401), les carbonates (E500), les sulfates (E514), l'hydroxyde (E524), le gluconate (E576), le guanylate (E621) et le glycinat (E640) de sodium, le sel d'acides gras (E470a), le glutamate monosodique (E621), l'inosinate disodique (E631) et le 5'-ribonucléotide disodique (E635)

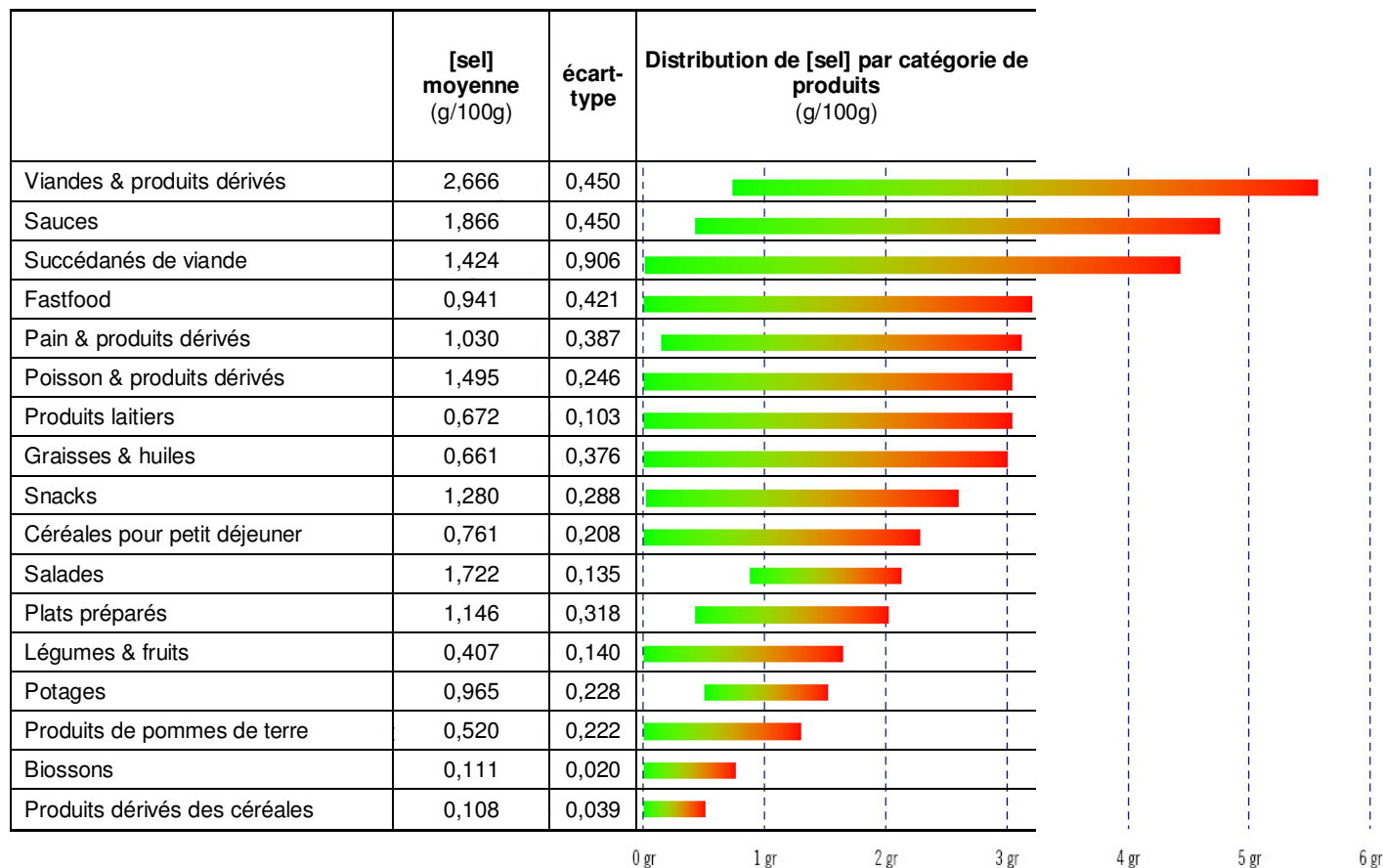
^(a) convention sectorielle ; ^(b) Arrêté royal du 8 juin 1983 concernant la fabrication et le commerce de viande préparée et de préparations de viande ; ^(c) Arrêté royal du 2 septembre 1985 relatif aux pains et autres produits de la boulangerie.

5. Méthodes (technologiques) potentielles de réduction du sel

Le consommateur s'est habitué au goût salé dans les denrées alimentaires transformées, ce qui complique sur le plan organoleptique une réduction du sel pour certaines denrées alimentaires. Un autre obstacle au remplacement du sel est constitué par le coût, étant donné que le sel est l'un des ingrédients alimentaires les moins coûteux. De plus, le consommateur préfère les produits "naturels" aux produits aux noms chimiques ou aux numéros E⁴ sur l'étiquette (tendance à des produits « clean label », c.-à.-d. un étiquetage clair et compréhensible des denrées alimentaires, qui exclue des termes techniques ainsi que certains ingrédients artificiels).

Outre un abaissement progressif de la teneur en sel, processus où le « goût » du consommateur s'habitue à l'adaptation par petites étapes cumulées (5.1.), il y a encore un certain nombre d'autres pistes possibles pour la réduction du sel ou du sodium des denrées alimentaires. La manière la plus simple et la plus évidente pour écartier le sodium consiste à simplement utiliser moins de sel sans que cela se fasse aux dépens du goût, de la texture et de la conservation. De récents résultats de mesures (Nubel, 2011; nVWA, 2011; WASH, 2011b; CRIOC, 2009) font apparaître que cette option est faisable pour beaucoup de fabricants. Le **tableau 5.1.** donne un aperçu général de la teneur moyenne en sel d'un certain nombre de catégories de produits sur le marché belge, calculée uniquement sur base de l'étiquetage (CRIOC, 2009).

Tableau 5.1. Teneur en sel de différentes catégories de produits (g/100 g), calculée sur base de l'étiquetage (source: CRIOC, 2009)



⁴ Un numéro E implique qu'un additif a été approuvé par l'UE. Avant qu'un additif se voie attribuer un numéro E, il a fait l'objet d'une évaluation de sécurité détaillée par le Scientific Committee for Food ou par l'EFSA.

Bien que la même catégorie contienne une grande variété de types de produits (p.ex. la catégorie «viande & produits dérivés» inclut à la fois le jambon cru et le filet dinde avec une teneur moyenne en sel de respectivement 5,01 et 1,78 g/100g; la catégorie «produits laitiers» comprend à la fois le fromage fondu et le yaourt avec une teneur moyenne en sel de respectivement 2,27 et 0,15 g/100g), ce tableau illustre le fait que certaines catégories de produits sont beaucoup plus salées que d'autres. Plus d'informations concernant la distribution de la teneur en sel par type de produit sont fournies dans l'étude concernée du CRIOC (CRIOC, 2009). La table belge de composition des aliments (NUBEL, 2011) donne également la teneur en sodium de différents produits alimentaires et ce, aussi bien sur base de l'étiquetage que sur base d'analyses. Ces données mettent en avant d'importantes différences de la teneur en sel au sein de types de produits similaires. Une enquête du WASH ('World Action on Salt & Health') a même montré différentes teneurs en sodium dans les produits de la même marque, y compris de chaînes de fast-food dans différents pays (WASH, 2011). Vu la variabilité de la teneur en sel au sein des différentes catégories et types de produits, une suppression d'une partie du sodium sans le remplacer, est bien possible pour pas mal de produits comme première étape en vue de réduire la consommation de sel. A cet égard, il faut toutefois remarquer que les valeurs planchées ne sont pas indicatives. En d'autres termes, bien qu'il s'agisse de produits issus de la même catégorie, ils peuvent avoir des modes de préparation différents.

Une des méthodes les plus appliquées est l'utilisation de substituts du sel, en particulier le chlorure de potassium (KCl) (5.2.). Une autre méthode est l'utilisation d'exhausteurs de goût qui n'ont pas eux-mêmes un goût salé mais qui renforcent la perception salée du NaCl (« boosters de sel ») (5.3.). La forme physique du sel peut aussi être optimisée de telle sorte qu'une plus grande partie du goût salé soit libérée, ou bien la manière dont le sel est ajouté au produit peut augmenter la perception salée (« boosters » physiques, distribution du sel dans le produit, 5.4.). Une autre tactique de "réduction du sel" – et donc en fait de réduction du sodium – est le remplacement d'autres substances contenant du sodium (5.5.). Comme déjà mentionné (3.2.) c'est surtout le sodium ingéré sous forme de NaCl qui est responsable de nombreux effets nocifs d'un apport excessif en sel sur la santé. En outre, il y a encore une série d'autres pistes possibles qui influent principalement sur la perception du goût (moment de l'addition, utilisation d'autres condiments, etc.) (5.6.).

Un abaissement de la teneur en sel des denrées alimentaires, accompagné ou non d'alternatives permettant cet abaissement, doit toujours être précédé par une étude sur l'impact technologique potentiel d'une réduction du sel (et de son remplacement final), en tenant compte des effets possibles sur la principale flore microbienne. Une réduction anarchique du NaCl dans les denrées alimentaires transformées peut non seulement provoquer une altération plus rapide de certaines denrées alimentaires (avec des conséquences économiques néfastes pour les producteurs, les distributeurs, les détaillants et les consommateurs), mais peut également entraîner une meilleure croissance et survie de pathogènes (voir 4.1.).

5.1. Réduction progressive

La préférence pour un goût salé serait flexible. Des expériences, quoique en nombre limité, ont démontré que des personnes suivant un régime pauvre en sel, après une réaction initiale fortement négative, finissent par accepter la faible teneur en sel et par considérer comme trop salées les denrées alimentaire contenant la quantité de sel initiale. Ce glissement de la préférence se fait également en sens inverse. Ces glissements seraient une conséquence d'une perception sensorielle réelle du sel plutôt que d'une sorte de processus régulateur physiologique (Henney *et al.*, 2010; Dötsch *et al.*, 2009; Leshem, 2009).

Une réduction progressive de la concentration en sel alors que la perception organoleptique du consommateur reste la même semble donc possible. Des tests perceptuels de goût ont démontré que les gens ne sont généralement pas capables de percevoir des différences de goût entre deux concentrations si la différence est inférieure à environ 10 % (« Just

Noticeable Difference » ou JND). Cette estimation est basée sur des tests sensoriels avec des solutions aromatiques pures, et non sur des denrées alimentaires. Celles-ci sont chimiquement plus complexes, et cette complexité rend plus difficile d'identifier des changements dans les concentrations des substances individuelles, ce qui fait que la JND peut être supérieure ou inférieure à 10 % en fonction de la denrée alimentaire en question (Henney *et al.*, 2010).

Cette approche, parfois appelée "l'effet salami", aurait déjà été utilisée avec succès par un certain nombre de fabricants britanniques pour la réduction de la teneur en sel. Ainsi, une réduction de 33 % a par exemple été réalisée dans le secteur des céréales entre 1998 et 2005, une réduction de 25 % dans le pain depuis la fin des années '80, une réduction de 33 % dans les produits de fromage, etc. (Kilcast, 2008). En Belgique aussi, dans le passé, lors de l'introduction de l'arrêté royal du 2 Septembre 1985, qui prévoit que la teneur en sel du pain ne peut pas s'élever à plus de 2 % sur matière sèche, la réduction progressive du sel dans le pain (à partir de 2,8 % m.s., avec une valeur intermédiaire de 2,2 % m.s.) n'a pas été perçue par les consommateurs.

La réussite de cette stratégie nécessite une certaine coordination dans et entre les secteurs. Une réduction progressive de la teneur en sel peut toutefois demander un certain temps. Cependant, l'impact et la réalisation d'une telle mesure peut être accéléré par une étiquette sur l'emballage. Ainsi, par exemple, une des mesures du programme finlandais de réduction du sel a été l'indication d'un symbole cardiaque, d'une part, ou d'un avertissement d'autre part, sur l'emballage pour attirer l'attention du consommateur respectivement sur le profil nutritionnel (et donc aussi la teneur en sel) favorable, ou sur une teneur en sel trop élevée du produit en question (Laatikainen *et al.*, 2006). Au Royaume Uni, l'Agence alimentaire (*Food Standards Agency*, FSA) a fait la promotion de l'apposition d'étiquettes d'informations nutritionnelles sur les emballages d'aliments, dont des étiquettes de « feux de circulation » qui montrent en un coup d'œil au consommateur si un produit a une teneur élevée (rouge), moyenne (orange) ou faible (vert) en sel, en sucre et en acides gras saturés (FSA, 2010b).

Dans ce contexte, il est à noter qu'il est important d'habituer les enfants dès leur plus jeune âge à un goût moins salé. Il est dès lors recommandé d'ajouter moins de sel aux repas préparés à domicile, dans les cuisines collectives (par ex. des écoles) et dans l'horeca. Par ailleurs, il faut conscientiser le consommateur que dans lors des préparations à domicile, certains ingrédients ou composants du repas sont déjà riches en sel caché (par ex., le bouillon, les mélanges d'herbes, le fromage ajouté, etc.).

5.2. Substituts du sel

La technologie des ingrédients permet d'ajouter aux denrées alimentaires des alternatives au sel qui compensent les propriétés fonctionnelles du sel.

Ainsi par exemple, dans les produits structurés et émulsionnés (p.ex. saucissons, charcuteries), des protéines fonctionnelles (p.ex. du soja ou du lait), des hydrocolloïdes (p.ex. gomme ou alginates) et l'amidon peuvent remplacer une partie de la fonctionnalité des protéines solubles dans le sel qui forment un réseau de gel et "collent ensemble" les morceaux de viande dans les produits plus salés (Desmond, 2006). De même, les phosphates constitueraient des succédanés du sel utilisables dans les produits de viande (Desmond, 2006). Les phosphates améliorent la capacité de fixation de l'eau dans les produits de viande frais et séchés en augmentant la force ionique, par laquelle les points chargés négativement des protéines de viande sont libérés, de sorte que les protéines puissent fixer plus d'eau.⁵ La fonctionnalité des phosphates est fortement influencée par la

⁵ On attire l'attention sur la législation concernant la fabrication et le commerce de viande préparée et de préparations de viande (Arrêté Royale du 8 juin 1983) et la législation de produits plus spécifique (p.ex. Arrêté Royale du 4 février 1974 concernant le jambon d'Ardenne), qui imposent des taux maximum pour la teneur en phosphates et le rapport eau-protéine dans des produits de viande.

présence de sel et les deux ingrédients agissent en synergie. En termes de réduction de sodium toutefois, certains phosphates sont des sels de sodium, mais la mise à profit est sensiblement plus faible que pour le NaCl. Le polyphosphate de sodium (E452), p.ex., contient environ 31 % de Na, et le NaCl 39 %, et n'est généralement ajouté qu'à raison de 0,5 %, contre 2 à 4 % pour le sel.

Il y a plusieurs substituts du sel sur le marché. Ces remplaçants du sel, mélanges tout préparés ou sels de mélange peuvent dans certains cas encore contenir du NaCl ou du sodium.

De nombreuses études ont déjà été effectuées sur les effets d'un remplacement partiel du NaCl par du chlorure de potassium (KCl), et un certain nombre de ces mélanges sont disponibles dans le commerce (Desmond, 2006). Le remplacement du NaCl par du KCl résulte en un effet comparable sur l' a_w . Plusieurs publications ont démontré que le KCl est un inhibiteur aussi bon que le NaCl pour les micro-organismes pathogènes tels que *Listeria monocytogenes*, *Cronobacter* et *Aeromonas hydrophila* (Anses, 2010). Le NaCl donne un goût salé presque pur, tandis que le KCl a un goût aussi bien salé qu'amer. Cette amertume augmente sensiblement avec un mélange KCl/NaCl supérieur à 50:50 (Henney *et al.*, 2010; Kilcast, 2008; Desmond, 2006). Outre le KCl, d'autres sels de potassium peuvent aussi être utilisés comme substitut du sel.

Les phosphates de potassium (E340) par exemple, sont également disponibles dans le commerce et sont aussi efficaces que les sels de sodium sur le plan de la fixation de l'eau, de la formation de gel ou de la force ionique (Desmond, 2006). D'autres exemples de sels de potassium autorisés sont le citrate de potassium (E332) et le bicarbonate de potassium (E501). Plusieurs éléments plaident toutefois contre le remplacement généralisé du NaCl par des sels de potassium (pas tellement le goût amer, mais surtout à cause de risques pour la santé; voir **point 6**).

D'autres exemples d'alternatives au NaCl sont le chlorure de calcium (E509) et différents sels de magnésium (ex. sulfate de magnésium, chlorure de magnésium – E511). Leur application est toutefois également limitée par le goût amer qu'ils peuvent provoquer. Le sulfate de magnésium ne fournirait pas un niveau élevé de « salé », et a été perçu comme très amer en solution à hautes concentrations. L'adjonction de sulfate de magnésium à des solutions de KCl et de NaCl s'est traduite par une diminution du goût salé et une augmentation de l'amertume, bien que de telles combinaisons se retrouvent dans certains sels marins du commerce (Kilcast, 2008). De plus, les sels de magnésium auraient un effet laxatif excluant leur utilisation intensive.

Dans une étude récente effectuée de façon aléatoire, en double aveugle, avec contrôle placebo, on a observé un effet réducteur sur la pression artérielle systolique du remplacement du NaCl par un sel de mélange (50 % NaCl, 25 % KCl et 25 % du « triple sel » chlorhydrate de magnésium, ammonium et potassium, ou $Mg_4K(NH_4)_3Cl_{12} \cdot 24H_2O$) (Sarkkinen *et al.*, 2011). Il s'agit d'une étude impliquant un nombre limité de sujets (45 personnes) et d'une courte période expérimentale (8 semaines). Une étude à plus grande échelle est requise pour confirmer cet effet positif du remplacement du sel de sodium par un mélange minéral de sels de potassium et de magnésium.

Un inconvénient important de beaucoup de ces sels de remplacement est leur goût amer (métallique). Il y a toutefois des moyens de masquer ce goût amer, en ajoutant p.ex. l'acide aminé L-lysine ou le sucre non réducteur tréhalose. Le tréhalose, outre son utilisation comme édulcorant, peut aussi être utilisé comme stabilisateur et exhausteur de goût.

Dans l'étude des substituts du sel, on étudie le plus souvent les conséquences fonctionnelles et sensorielles, et, dans une moindre mesure l'effet sur la stabilité microbiologique. Ainsi, une étude sur l'effet des substituts de sel $MgCl_2$, $MgSO_4$, KCl et $CaCl_2$ sur les moisissures du pain *Penicillium roqueforti* et *Aspergillus niger* a fait apparaître que le NaCl et le $MgCl_2$ inhibaient le plus la croissance respectivement de *A. niger* et de *P. roqueforti* (à concentrations

aqueuses équivalentes), ce qui implique que l'utilisation de sels de remplacement peut entraîner une stabilité microbienne réduite (Samapundo *et al.*, 2010b).

Une augmentation de la a_w (par une concentration saline réduite) peut être compensée en diminuant le pH, p.ex. à l'aide d'acides organiques. Dans l'industrie alimentaire, de nombreux acides organiques sont utilisés comme conservateurs, comme l'acide acétique (E260), l'acide lactique (E270), l'acide sorbique (E200), l'acide citrique (E330) (Brul & Coote, 1999). Les acides organiques sont présents sous forme dissociée ou non dissociée. L'équilibre entre ces deux formes dépend du pH de la denrée alimentaire. Lorsque la valeur du pH est égale à la pKa de l'acide, les deux formes de l'acide sont présentes. La forme dissociée, dominante en cas de pH acide, est la forme la plus efficace pour inhiber la croissance des micro-organismes.

5.3. Exhausteurs de sel / de goût

Dans la littérature sont traités un certain nombre de composés pouvant être utilisés comme exhausteurs de sel ou d'exhausteurs de goût, parmi lesquels les acides aminés, lactates, ribonucléotides (adénosine monophosphate), le tréhalose, des extraits de levure, des hydrolysats protéiques (« hydrolyzed vegetable protein » ou HVP) et des sous-produits de mycoprotéines (Dötsch *et al.*, 2009; Kilcast, 2008; Desmond, 2006). Un certain nombre sont disponibles dans le commerce. Le principe d'action des exhausteurs de goût est basé sur la stimulation des récepteurs gustatifs dans la bouche et la gorge. Ces derniers gardent pour ainsi dire le canal du sel ouvert plus longtemps, de sorte que la perception salée est augmentée, mais le véritable mécanisme derrière le renforcement du goût n'est pas encore clair, et les constatations sont plutôt le résultat d'un exercice de « trial and error » (Dötsch *et al.*, 2009).

Il y a grosso modo une distinction entre les exhausteurs de goût contenant du glutamate comme principal élément actif, comme le glutamate de monosodium (MSG, E621), et les exhausteurs de goût sans glutamate, comme l'acide guanylique, le guanylate de sodium, l'inosinate de calcium, etc. (E626 à E637). En outre, il y a les exhausteurs de goût comme les extraits de levure naturelle et les hydrolysats protéiques. Ces produits contiennent certes du glutamate, mais il n'est pas l'élément remplaçant du sel le plus important.

Les glutamates se composent du groupe ci-après: acide glutaminique (E620), glutamate de sodium (MSG, E621), glutamate de potassium (E622), glutamate de calcium (E623), glutamate d'ammonium (E624) et glutamate de magnésium (E625). Le MSG est peut-être l'exhausteur de goût le plus connu sur le marché et a un "goût d'umami". L'utilisation du MSG a toutefois une moins bonne réputation (cf. le "Syndrome du Restaurant Chinois"⁶).

Les extraits de levure contiennent notamment de l'acide glutaminique, des peptides, des nucléotides, du glutathione, de la vitamine B, des minéraux et autres aromatisants. Le goût des extraits de levure varie en fonction des quantités de ces composants. Les extraits de levure peuvent renforcer le goût, mais aussi masquer l'amertume du KCl.

Parmi les acides aminés, l'arginine est la plus citée comme exhausteur du goût salé. Certaines études associent un très fort effet à l'arginine (p.ex. plus qu'un doublement du goût salé de 4,5 g/l de NaCl), tandis que dans d'autres études, on n'observe qu'un effet minime et une nette amertume de l'arginine. Une ingestion importante d'arginine peut augmenter l'excrétion urinaire du sodium. Des combinaisons d'arginine avec de l'aspartate seraient plus efficaces comme exhausteur du goût salé. La lysine s'avère dans certains cas également être un exhausteur utile du goût salé sans arrière-goût. L'effet de renforcement du goût salé des

⁶ Fait référence à des relations de troubles de santé tels que céphalées, vertiges, battements de cœur, principalement après un passage dans un restaurant chinois, où le MSG est parfois ajouté comme exhausteur de goût. Il y a un consensus scientifique quant au fait que le MSG, dans les quantités où il est utilisé par l'industrie, n'est pas nocif pour la santé (Beyreuther *et al.*, 2006).

hydrolysats protéiques est d'ailleurs aussi attribué aux acides aminés basiques présents. Les hydrolysats protéiques peuvent parfois contenir le carcinogène 3-MCPD (3-chloro-1,3-propanediol) (Sci Com, 2010).

Le lactate, généralement ajouté en tant que sel potassique (E326), améliorerait sensiblement la perception salée. Il a également été démontré que les acides dibasiques tels que l'acide succinique, l'acide malique, l'acide tartrique et l'acide adipinique, augmentent la perception salée à des dosages relativement faibles. Les exhausteurs de goût multimodaux traités dans la littérature sont notamment l'alapyridaïne, un composé isolé à partir du bouillon de bœuf et qui est un produit de réaction Maillard de l'alanine et du glucose, et les alkyldiénamides.

5.4. « Boosters » physiques de la perception salée

Les récepteurs gustatifs peuvent être stimulés non seulement chimiquement, mais aussi physiquement. Ainsi la perception salée sera-t-elle influencée par la forme et les dimensions cristallines. Pour certaines applications superficielles du sel (ex. chips), l'augmentation de la solubilité des particules de sel par la diminution de la taille des particules peut entraîner une meilleure perception du goût salé à une teneur en sel moins élevée. Ce changement de la vitesse de dissolution pourrait être un important facteur pour les caractéristiques uniques de certains sels marins (Kilcast, 2008). En ce qui concerne la forme cristalline, il a été démontré dans des systèmes d'émulsion modélisés que le sel sous forme de flocons a une meilleure fonctionnalité en termes de fixation accrue, de pH, et de solubilité des protéines que le sel en grains. Il serait mieux et plus rapidement soluble que le sel en grains, ce qui peut être important lorsque de l'eau n'est pas ajoutée aux préparations, comme par ex. pour les produits séchés à base de viande (Desmond, 2006).

On peut également obtenir un goût ou une perception salée similaire en travaillant avec des "impulsions salées" (càd une répartition inégale du sel dans le produit) (Henney *et al.*, 2010; Busch *et al.*, 2009; Dötsch *et al.*, 2009). C'est possible, par exemple, en mettant du sel en plusieurs petites couches dans le produit (p.ex. pain, saucisse), en ne dissolvant pas le sel dans des produits liquides mais en le mettant sur un ingrédient (p.ex. sur les croûtons ou les petits morceaux de poulet dans une soupe), ou en ajoutant au produit un « pseudo »-sel (particules d'amidon avec une fine couche de sel).

5.5. Additifs ne contenant pas de sodium

De toutes les molécules contenant du sodium qui sont utilisées dans les denrées alimentaires, le NaCl a à peu près les propriétés conservatrices les plus efficaces contre les pathogènes et les micro-organismes d'altération. Par conséquent, c'est le NaCl qui a le plus gros impact sur la sécurité microbiologique des denrées alimentaires (Taormina, 2010). Pour la diminution de la teneur en sodium avec la meilleure préservation possible de la sécurité et de la qualité des aliments, il peut par conséquent être intéressant d'envisager des alternatives pour des additifs contenant du sodium autres que le sel.

5.6. Autres méthodes

Une ingestion réduite de sodium pourrait aussi être simplement atteinte en réduisant le sel dans les denrées alimentaires et en laissant le consommateur ajouter lui-même la quantité souhaitée de sel (*ad libitum*). Des études ont en effet démontré que lorsque le consommateur fait lui-même l'appoint au manque de sel dans un repas ou un produit en se servant à la salière, la quantité finale de sel est moins élevée que lorsqu'il mange le produit initialement salé. En d'autres termes, il pourrait être contre-productif de déconseiller l'usage de la salière comme première étape dans la réduction de l'ingestion de sel, d'autant plus que la contribution du sel de la salière de table à l'ingestion totale est relativement faible (Henney *et*

al., 2010). Toutefois, une telle mesure est peu applicable (une corrélation environnement de production – cercle familial est nécessaire) et peu communicable au consommateur.

L'adjonction de certains ingrédients à fort impact gustatif peut contribuer à une adjonction réduite de sel pendant le processus de cuisson ou de préparation (Henney *et al.*, 2010; Kilcast, 2008). L'adjonction, par ex., d'arômes et épices fraîches, de citron, de moutarde ou de vinaigres, qui ont un arôme caractéristique, peut parfois être utilisé à la place de ou en combinaison avec le sel. Une telle stratégie est toutefois parfois difficile à appliquer dans l'environnement de production, mais bien applicable dans par exemple des cuisines de collectivités et l'horeca.

Comme déjà indiqué au point **4.2.**, le moment où l'on ajoute le sel peut aussi influencer l'intensité du goût (par ex. après la cuisson de la viande) et être une piste additionnelle pour la réduction du sel.

6. Avantages/risques de la supplémentation en potassium via l'alimentation

Comme le chlorure de potassium ou KCl est l'un des substituts du sel les plus évidents et les plus utilisés, des avantages et des risques d'une supplémentation en potassium sont discutés plus en détail dans ce qui suit.

6.1. Aperçu physiologique du bilan potassique

Le potassium est un cation essentiellement intracellulaire et les modifications de sa concentration plasmatique ne reflètent pas toujours la teneur globale de l'organisme en potassium. Si la concentration en potassium dans les liquides extracellulaires est faible et relativement stable, comprise entre 3,5 et 5,0 mmol/l, la teneur intracellulaire varie entre 120 et 150 mmol/l, en fonction du bilan potassique et de l'équilibre acide-base. L'homéostasie du potassium extracellulaire est maintenue et influencée par plusieurs facteurs de type hormonal (insuline, stéroïdes cortico-surrénaux, catécholamines), humoral, nerveux ou métabolique. Le fait que la kaliémie (c'est-à-dire la concentration extracellulaire en potassium) est peu influencée par l'importance de l'apport alimentaire en potassium s'explique par la sécrétion post-prandiale accrue d'insuline qui favorise une entrée rapide du potassium ingéré dans les cellules musculaires. L'adaptation rénale à l'ingestion du potassium (c'est-à-dire l'augmentation de son excrétion urinaire) est plus lente mais d'une grande efficacité puisque les reins éliminent 90 à 95 % du potassium apporté par l'alimentation. Chez les sujets en bonne santé, présentant donc une fonction rénale normale, cette grande capacité de l'adaptation rénale permet le maintien d'un bilan potassique équilibré même en cas de surcharge orale dépassant de plusieurs fois l'apport alimentaire normal en potassium. Cependant, cette capacité des reins d'éliminer des surcharges alimentaires en potassium diminue avec l'âge. Les besoins nutritionnels en potassium sont compris chez l'adulte entre 3,1 et 3,5 g par jour (donc entre 78 et 88 mmoles) (EFSA, 2006).

6.2. Les apports alimentaire en potassium

L'apport alimentaire en potassium varie en général chez l'adulte entre 2 et 4 g par jour (50 à 100 mmoles), mais des apports importants de l'ordre de 5 à 6 g de potassium (125 à 150 mmoles) par jour sont en général bien tolérés chez l'adulte en bonne santé (EFSA, 2006). De tels apports en potassium peuvent néanmoins élever la kaliémie (c'est-à-dire la concentration plasmatique en potassium) chez les sujets insulino-résistants (qui présentent un syndrome métabolique compliqué ou non du diabète de type 2) et chez les sujets âgés. L'hyperkaliémie (une concentration plasmatique en potassium supérieure à 5,5 mmol/l) qui peut en résulter augmente l'excitabilité neuronale, cardiaque et musculaire. Par contre, l'hypokaliémie sévère peut provoquer une paralysie musculaire, une arythmie cardiaque et une alcalose

métabolique. Cependant, une déplétion en potassium ne s'observe que dans des situations pathologiques ou en conséquence de certains traitements pharmacologiques comme l'abus de laxatifs ou de diurétiques. La carence nutritionnelle en potassium est rare, puisque la plupart des aliments en contiennent. L'apport alimentaire recommandé en potassium, à savoir 3,0 à 4,0 g par jour (CSS, 2009a) implique une consommation suffisante de fruits et de légumes, surtout sous forme de crudités.

6.3. L'apport alimentaire en potassium et la régulation de la pression artérielle

Plusieurs études ont démontré que l'impact d'une consommation excessive de sel (donc de sodium) sur la tension artérielle est amplifié par un apport alimentaire insuffisant en potassium (EFSA, 2006; Morris *et al.*, 2006; Geleijnse, *et al.*, 2003). D'autre part, l'effet bénéfique d'une restriction sodée sur le contrôle de l'hypertension artérielle est accru par une augmentation concomitante de l'apport en potassium (He *et al.*, 2010; Braschi & Naismith, 2008; Geleijnse *et al.*, 2003; Naismith & Braschi, 2003; He & MacGregor, 2001). Cependant, une simple augmentation des apports alimentaires en potassium, donc non associée à l'alimentation pauvre en sodium, ne permet pas d'abaisser les chiffres tensionnels chez les sujets hypertendus (Dickinson *et al.*, 2006).

Le remplacement d'un tiers de la teneur en chlorure de sodium dans le pain par des sels de potassium, apportant un supplément de 22 mmoles de potassium par jour, semble acceptable sur le plan gustatif (Braschi *et al.*, 2008). La supplémentation en potassium peut être réalisée sous forme de chlorure de potassium, mais également sous forme de citrate ou de bicarbonate de potassium. Ces deux derniers types de sels de potassium semblent provoquer une moindre altération du goût des aliments et ont, en outre, un effet favorable sur le turn-over osseux en diminuant l'excrétion urinaire de calcium (He *et al.*, 2010; Braschi & Naismith, 2008; Sellmeyer *et al.*, 2002).

Les suppléments de potassium inférieurs à 50 mmoles (donc à 2 g de potassium) par jour sont en général acceptés vu leur faible impact sur le goût des aliments (He *et al.*, 2010; Braschi, *et al.*, 2008). Par contre, des quantités plus importantes, de l'ordre de 100 mmoles (4 g de potassium) par jour, peuvent induire une aversion gustative (Zoccali *et al.*, 1985; Jeffrey *et al.*, 1984) responsable de l'abandon fréquent de cette substitution nutritionnelle, même par les sujets en déplétion potassique (Hueston, 1990). La réalisation pratique d'une substitution nutritionnelle du sodium par le potassium s'avère donc difficile quant à son acceptabilité gustative. De plus, l'effet d'une telle substitution du chlorure de sodium par les sels de potassium suggérant une réduction de la tension artérielle n'est pas confirmé par certaines études (Dickinson *et al.*, 2006; Zoccali *et al.*, 1985).

6.4. Le risque de toxicité d'une supplémentation de sels potassiques via l'alimentation

Une supplémentation alimentaire en potassium peut déjà s'avérer toxique pour des suppléments allant de 1 à 5 g de potassium par jour (Saxena, 1989) alors qu'elle n'augmente que de deux fois maximum l'apport recommandé en potassium chez l'adulte (CSS, 2009a). Ce risque est particulièrement accru chez les sujets âgés, atteints d'insulino-résistance ou de certaines affections rénales ou traités pour une hypertension artérielle par des inhibiteurs du système rénine-angiotensine (John *et al.*, 2010). En dehors de l'hyperkaliémie et de ses risques cardiaques, la toxicité du potassium se manifeste par des nausées, des complications neurologiques et, rarement des ulcérations de la muqueuse gastrique ou intestinale (EFSA, 2006; Saxena, 1989). Même chez les sujets normaux, une charge orale aiguë de 5 à 7 g de potassium augmente la kaliémie et peut induire des modifications de la fonction cardiaque ou des complications neurologiques (EFSA, 2006). Chez les sujets présentant une atteinte de la fonction rénale, l'hyperkaliémie et des troubles de la fonction cardiaque peuvent survenir lors de l'administration de suppléments nutritionnels de potassium même en faibles quantités comme p. ex. 1 g de potassium par jour. Des complications cardiaques très graves, comme un arrêt cardiaque, sont très rares, mais elles ont été rapportées chez des personnes

relativement jeunes recevant une alimentation enrichie en sels de potassium (John *et al.*, 2010; Saxena, 1989; Schim van der Loef *et al.*, 1988).

6.5. Conclusion

Plusieurs éléments plaident donc contre l'utilisation généralisée, à l'échelle de la population, de la substitution dans les denrées alimentaires du NaCl par les sels de potassium. En effet, en dehors d'un impact plutôt limité d'une supplémentation en potassium sur la tension artérielle, une mauvaise acceptabilité gustative limite considérablement l'indication d'une supplémentation de l'alimentation en sels de potassium. Mais c'est surtout le risque de toxicité liée à l'hyperkaliémie responsable des complications cardiaques et neurologiques, accru chez de nombreux individus (sujets âgés, insulino-résistants, ou soumis à certains traitements pharmacologiques de l'hypertension) qui plaide contre l'utilisation généralisée d'une supplémentation nutritionnelle en potassium, en guise de prévention nutritionnelle des maladies cardio-vasculaires complémentairement à la réduction de l'apport alimentaire en sodium.

7. Conclusions

Une ingestion élevée de sel peut entraîner une élévation de la pression artérielle, ce qui constitue un facteur de risque important pour les maladies cardio-vasculaires. Trop de sel dans l'alimentation comporte en outre un risque de troubles rénaux, d'ostéoporose et de cancer de l'estomac. Plusieurs études ont démontré un effet favorable d'une réduction de l'ingestion de sel sur la pression artérielle ; cet effet est plus prononcé chez les sujets hypertendus et les sujets « sensibles au sel » (les diabétiques, les personnes âgées et celles en surpoids).

Au niveau de la population, il n'y a pas d'effets négatifs attendus d'une ingestion réduite de sel.

Lors de la reformulation des denrées alimentaires en vue de réduire la teneur en sel, la sécurité alimentaire doit être prioritaire (tant sur le plan microbiologique que chimique). Le sel est très efficace comme conservateur, mais d'autres ingrédients – combinés ou pas avec des techniques de transformation et de conservation ciblées – peuvent également représenter une aussi bonne alternative pour garantir la stabilité microbienne du produit alimentaire.

Etant donné que le sel peut aussi jouer un rôle organoleptique et fonctionnel important, il y a lieu, lors de la réduction et/ou du remplacement du sel, de considérer le tableau complet de la reformulation.

Comme il n'existe pas de produit miracle permettant de remplacer le sel par un seul ingrédient (cf. par exemple les inconvénients des sels potassiques en tant que substituts du sel), il faut développer et optimiser une combinaison de substances à ajouter.

Néanmoins, le sel est surdosé dans la plupart des denrées alimentaires (déjà rien que sur base de teneurs en sel dans des produits similaires) et une simple diminution progressive de la teneur en sel est la première étape la plus logique dans un programme visant à réduire l'ingestion de sel de la population.

La reformulation du produit pour réduire la teneur en sel doit se faire de façon judicieuse et être considérée dans une stratégie de reformulation complète, c'est-à-dire associée notamment à une réduction des teneurs en graisse et en sucre. Le Comité scientifique et le Conseil Supérieur de la Santé souhaitent attirer l'attention sur le fait qu'une réduction du sel

ne peut pas s'accompagner d'une augmentation de la teneur en graisse ou en sucre des denrées alimentaires.

8. Recommandations

• *pour la politique*

- Le Comité scientifique et le Conseil Supérieur de la Santé apprécient les initiatives du Plan National Nutrition et Santé et du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement pour sensibiliser le consommateur à la relation entre le sel et la santé, et pour réduire le sel dans l'offre alimentaire, en dialogue avec les secteurs concernés.
- Il est fait remarquer qu'il ressort d'une étude australienne que malgré l'efficacité, du point de vue du coût, d'une réduction volontaire du sel par l'industrie, les avantages pour la santé publique seraient bien plus importants si la concentration en sel des denrées alimentaires était limitée légalement (Cobiac *et al.*, 2010). A l'exception du pain, la Belgique a opté jusqu'à présent pour l'auto-régulation.
- Dans une première phase, une réduction progressive du sel est recommandée, plutôt que d'encourager l'emploi de substituts du sel.
- Le suivi des teneurs en sel dans les denrées alimentaires est essentiel pour vérifier s'il se produit effectivement une tendance à la baisse. En analysant régulièrement sur base d'un panier d'aliments la teneur en sodium de différents types de denrées alimentaires, on peut vérifier si l'industrie respecte les engagements pris. A cet égard, on se référera à une étude du CRIOC, effectuée avec l'appui du SPF Santé publique, et évaluant les teneurs en sodium de différentes catégories de produits sur base de l'étiquetage (CRIOC, 2009). Nubel (tableau belge des denrées alimentaires, banque de données des noms de marque) et l'AFSCA (programme de contrôle) prennent aussi des initiatives pour analyser et suivre la teneur en sodium dans différentes denrées alimentaires.
- L'analyse de la « teneur en sel » doit se faire sur la base de la teneur en sodium. Le suivi des autres sels (potassium, calcium, etc.) est également souhaitable afin de surveiller la possible substitution.
- Le suivi de l'ingestion de sel est essentiel pour mesurer l'impact du programme de réduction du sel (p.ex. via la mesure de l'excrétion urinaire de sodium, l'enquête de consommation alimentaire).

• *pour les secteurs*

- Vu les variations importantes entre les mêmes types de denrées alimentaires ou à l'intérieur d'une même catégorie de produits, un simple abaissement de la teneur en sel dans un certain nombre de produits devrait être possible sans remplacement ou reformulation radicale du produit.
- Formuler et implémenter des objectifs concernant la teneur en sel des produits et des repas au niveau sectoriel et dans un cadre international (beaucoup de producteurs de produits de marque de denrées alimentaires opèrent au niveau international et peuvent participer à des programmes de réduction du sodium dans d'autres pays).
- Les objectifs fixés ne peuvent pas aller de pair avec une augmentation de la teneur en d'autres composants pouvant également avoir un effet néfaste sur la santé (p.ex. l'augmentation de la teneur en sucre ou en graisse).
- Lors de la reformulation, l'attention nécessaire doit être accordée à la sécurité microbiologique et chimique des produits.
- La restriction de la teneur en sel doit déjà être prise en compte lors du stade de la conception de nouveaux produits.
- Monitoring de la teneur en sel des produits alimentaires (p.ex. banques de données, analyse, auto-rapportage, études de marché).
- Etiquetage sur base de la teneur en sodium et d'une manière la plus compréhensible possible pour le consommateur (teneur en sel sur base de l'équivalent-sel, ce qui correspond au sodium x 2,5).

- Sensibilisation des opérateurs (p.ex. via des formations dans l'horeca, les écoles hôtelières, etc.) et du consommateur (p.ex. via l'étiquetage, les labels, l'information disponible sur le menu).
- On attire l'attention sur le rôle que jouent (peuvent jouer) dans cette problématique les cuisines de collectivités, les traiteurs, l'horeca, les cuisiniers (dans les émissions culinaires à la TV), les livres de cuisine, etc. et sur la contribution des « convenience food » (plats cuisinés, mélanges d'arômes, etc.) dans l'ingestion de sel.
- Une attention particulière doit être réservée au développement des produits à faible teneur en sel pour les enfants.

• **pour la recherche**

- La consommation de sel de la population belge (adultes et enfants) devrait être évaluée à intervalles réguliers via, p.ex., des « health examination surveys » avec une collecte des urines de 24 h.
- Des sondages réguliers des schémas de consommation alimentaire pourraient vérifier les changements d'habitudes alimentaires.
- Etudes concernant la reformulation des produits et l'interférence possible avec des stratégies de réduction du sucre et de la graisse, de nouvelles techniques de conservation, etc.
- Une étude d'ingestion de substituts de sel peut être pertinente au cas où ces substituts seraient fréquemment utilisés pour la réduction de sel.

• **pour le consommateur**

- Mangez de façon équilibrée et variée selon les principes de la pyramide alimentaire.
- Limitez la consommation de denrées riches en sel et choisissez des alternatives moins salées (ex. marque alternative, type alternatif de produit alimentaire d'une même catégorie, etc.).
- Préparez autant que possible vous-mêmes vos repas (plutôt que les « convenience food »).
- Limitez la quantité de sel ajoutée dans les préparations. La saveur peut être augmentée par exemple en ajoutant d'autres condiments fortement aromatisés. Des mélanges commerciaux d'épices peuvent toutefois contenir également du sel.
- Il vaut mieux habituer les enfants dès leur plus jeune âge à moins de sel.

Pour le Comité scientifique,
Le Président,

Pour le Conseil Supérieur de la Santé
Le Président

Prof. Dr. Ir. André Huyghebaert

Prof. Jean Nève

Bruxelles, le 2012

Bruxelles, le 2012

9. Références

- ACMSF - Advisory Committee on the Microbiological Safety of Food. 2009. Ad hoc group on vulnerable groups: Report on the increased incidence of listeriosis in the UK. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/committee/acmsflisteria.pdf>
- Alderman M.H. 2010. Reducing dietary sodium. The case for caution. *JAMA* 303(5), 448-449.
- Alderman M.H. 2006. Evidence relating dietary sodium to cardiovascular disease. *J. Am. Coll. Nutr.* 25(3 Suppl), 256S-261S.
- Anses – Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Afssa). 2010. Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relative aux conséquences sur les flores microbiennes d'une réduction en taux de sel dans les aliments (Afssa – Saisine n°2008-SA-0173).
- Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Afssa). 2002. Report on salt: Evaluation and recommendations. <http://www.anses.fr/Documents/NUT-Ra-Sel.pdf>
- Appel L.J., Frohlich E.D., Hall E.J. et al. 2011. The importance of population-wide sodium reduction as a means to prevent cardiovascular disease and stroke: a call to action from the American Heart Association. *Circulation* 123, 1138-1143.
- AWASH – Australian Division of World Action on Salt & Health. 2009. Drop the salt! Campaign. <http://www.awash.org.au/dropthesaltcampaign.html>
- Beyer F.R., Dickinson H.O., Nicolson D.J., Ford G.A. & Mason J. 2006. Combined calcium, magnesium and potassium supplementation for the management of primary hypertension in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* 3:CD004805.
- Beyreuther K., Biesalski H.K., Fernstrom J.D., Grimm P., Hammes W.P., Heinemann U., Kempfski O., Stehle P., Steinhart H. & Walker R. 2007. Consensus meeting: monosodium glutamate - an update. *European Journal of Clinical Nutrition* 61(3), 304-313
- Bibbins-Domingo K., Chertow G.M., Coxson P.G., Moran A., Lightwood J.M., Pletcher M.J., et al. 2010. Projected effect of dietary salt reductions on future cardiovascular disease. *N. Engl. J. Med.* 362(7), 590-599.
- Bochud M., Burnier M., Marques-Vidal P.M. & Paccaud F. 2010. [Reducing dietary salt intake: an important public health strategy in Switzerland]. *Rev. Med. Suisse* 6(239), 494, 6-8.
- Braschi A., Gill L. & Naismith D.J. 2008. Partial substitution of sodium with potassium in white bread: feasibility and bioavailability. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 1-15.
- Braschi A. & Naismith D.J. 2008. The effect of a dietary supplement of potassium chloride or potassium citrate on blood pressure in predominantly normotensive volunteers. *Br. J. Nutr.* 99(6), 1284-1292.
- Brul S. & Coote P. 1999. Preservative agents in foods. Mode of action and microbial resistance mechanisms. *International Journal of Food Microbiology* 50,1-17.
- Busch J.L.H.C., Tournier C., Knoop J.E., Kooyman G. & Smit G, 2009. Temporal contrast of salt delivery in mouth increases salt perception. *Chemical Senses* 34(4), 341-348.
- Caudarella R., Vescini F., Rizzoli E. & Francucci C.M. 2009. Salt intake, hypertension, and osteoporosis. *J. Endocrinol. Invest.* 32(4 Suppl), 15-20.
- Chamathi B., Williams J.S. & Williams G.H. 2010. A mechanism for salt-sensitive hypertension: abnormal dietary sodium-mediated vascular response to angiotensin-II. *J. Hypertens.* 28(5),1020-1026.
- Chang H.Y., Hu Y.W., Yue C.S., Wen Y.W., Yeh W.T., Hsu L.S. et al. 2006. Effect of potassium-enriched salt on cardiovascular mortality and medical expenses of elderly men. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 1289-1296.
- Cobiac L.J., Vos T. & Veerman J.L. 2010. Cost-effectiveness of interventions to reduce dietary salt intake. *Heart* 96, 1920-1925.
- Cohen H.W. & Alderman M.W. 2007. Sodium, blood pressure, and cardiovascular disease. *Curr. Opin. Cardiol.* 22(4), 306-310.
- Cohen A.J. & Roe F.J. 1997. Evaluation of the aetiological role of dietary salt exposure in gastric and other cancers in humans. *Food Chem. Toxicol.* 35(2), 271-293.
- Cook N.R., Cutler J.A., Obarzanek E., Buring J.E., Rexrode K.M., Kumanyika S.K., et al. 2007. Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP). *BMJ* 334(7599), 885-888.
- CRIOC – Centre de Recherche et d'Information des Organisations de Consommateurs. 2009. Nos aliments trop salés? Evaluation de la teneur en sel de 7 catégories de denrées alimentaires. http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@dg4/@consumerproducts/documents/ie2divers/18074895_fr.pdf; http://www.crioc.be/FR/index.php?mode=document&id_doc=4792&lang=fr
- CSS – Conseil Supérieur de la Santé. 2009a. Recommandations nutritionnelles pour la Belgique (Révision 2009). CSS n° 8309, Brussels, Belgium. pp. 114. http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/12352470_fr.pdf

- CSS – Conseil Supérieur de la Santé. Avis relatif à une stratégie visant à augmenter l'apport iodé en Belgique. CSS n° 8549.
http://www.health.belgium.be/internet2Prd/groups/public/@public/@shc/documents/ie2divers/17286531_fr.pdf
- Damasio P.C., Amaro C.R., Cunha N.B., Pichutte A.C., Goldberg J., Padovani C.R., et al. 2011. The role of salt abuse on risk for hypercalciuria. *Nutr. J.* 10, 3.
- Desmond E. 2006. Reducing salt: a challenge for the meat industry. *Meat Science* 74, 188-196.
- Dickinson H.O., Nicolson D.J., Campbell F., Beyer F.R. & Mason J. 2006. Potassium supplementation for the management of primary hypertension in adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* 3, CD004641.
- Dötsch M., Buscha J., Batenburga M., Liema G., Tareilusa E., Muellerr R. & Meijera G. 2009. Strategies to reduce sodium consumption: a food industry perspective. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 49(10), 841-851.
- EC – European Commission. 2009. National salt initiatives; implementing the EU framework for salt reduction initiatives.
http://ec.europa.eu/health/archive/ph_determinants/life_style/nutrition/documents/national_salt_en.pdf
- EC – European Commission. 2008a. Collated information on salt reduction in the EU (draft).
http://ec.europa.eu/health/archive/ph_determinants/life_style/nutrition/documents/compilation_salt_en.pdf
- EC – European Commission. 2008b. Salt Campaign. EC, DG Health & Consumers.
http://ec.europa.eu/health/nutrition_physical_activity/high_level_group/nutrition_salt_en.htm
- EFSA – European Food Safety Authority. 2006. Tolerable upper intake levels of vitamins and minerals. Scientific Committee on Food – Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Pp. 482. <http://www.efsa.europa.eu/en/ndatopics/docs/ndatolerableuil.pdf>
- Ekinci E.I., Clarke S., Thomas M.C., et al. 2011. Dietary salt intake and mortality in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 34, 703–709.
- FDA – U.S. Food and drug Administration. 2011 Sodium reduction.
<http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/ucm253316.htm>
- FOPH – Swiss Federal Office of Public Health. 2009. Salt strategy 2008-2010.
http://www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung_bewegung/05207/05216/index.html?lang=en
- FSA – Food Standards Agency. 2010a. Food industry activity.
http://www.food.gov.uk/healthier_eating/salt/industry
- FSA – Food Standards Agency. 2010b. Front-of-pack (FOP) nutrition labeling. FSA 10/03/07.
<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/board/fsa100307.pdf>
- FSA – Food Standards Agency. 2009. Salt reduction strategy. (UK Salt reduction initiatives):
<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/saltreductioninitiatives.pdf>
- FSAI - Food Safety Authority of Ireland. 2005. Salt and Health: Review of the Scientific Evidence and Recommendations for Public Policy in Ireland.
http://www.fsai.ie/uploadedFiles/Science_and_Health/salt_report-1.pdf
- Geleijnse J.M., Kok F.J. & Grobbee D.E. 2003. Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a meta-regression analysis of randomised trials. *J. Hum. Hypertens.* 17(7), 471-480.
- Graudal N.A., Hubeck-Graudal T. & Jurgens G. 2012. Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride (Cochrane review). *American Journal of Hypertension* 25(1), 1-15.
- He F.J., Marciniak M., Carney C., Markandu N.D., Anand V., Fraser W.D., et al. 2010. Effects of potassium chloride and potassium bicarbonate on endothelial function, cardiovascular risk factors, and bone turnover in mild hypertensives. *Hypertension* 55(3), 681-688.
- He F.J. & MacGregor G.A. 2010. Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 52(5), 363-382.
- He F.J. & MacGregor G.A. 2006. Importance of salt in determining blood pressure in children: meta-analysis of controlled trials. *Hypertension* 48(5), 861-869.
- He F.J. & MacGregor G.A. 2003. How far should salt intake be reduced? *Hypertension* 42, 1093-1099.
- He F.J. & MacGregor G.A. 2001. Fortnightly review: Beneficial effects of potassium. *BMJ* 323(7311), 497-501.
- Health Canada. 2010. Sodium reduction strategy for Canada. July 2010. <http://www.hc-sc.gc.ca/fr-an/nutrition/sodium/strateg/index-eng.php#a442>
- Herberg S. 2006. Rapport – Eléments de bilan du PNNS (2001-2005) et propositions de nouvelles stratégies pour le PNNS 2 (2006-2008).
http://lara.inist.fr/bitstream/handle/2332/1292/INSERM_Rapport_pnns_fev2006.pdf?sequence=1
- Henney J.E., Taylor C.L. & Boon C.S. (eds.). 2010. Strategies to reduce sodium intake in the United States. IOM – Institute of Medicine. , The National Academic Press, Washington DC. Pp. 506.
- Hueston W.J. 1989. Use of salt substitutes in the treatment of diuretic-induced hypokalemia. *J. Fam. Pract.* 29(6), 623-626.
- Hutton T. 2002. Sodium, Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. *British Food Journal* 104(2), 126-152.

- INTERSALT. 1988. An international study of electrolyte excretion and blood pressure. Results from 24 hour urinary sodium and potassium excretion. Cooperative Research Group. *Brit. Med. J.* 297, 319-328
- IoM - Institute of Medicine. 2005. Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Pp. 640. <http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309091691>
- Jeffery R.W., Pirie P.L., Elmer P.J., Bjornson-Benson W.M., Mullenbach V.A., Kurth C.L., et al. 1984. Low-sodium, high-potassium diet: feasibility and acceptability in a normotensive population. *Am. J. Public Health* 74(5), 492-494.
- John S.K., Rangan Y., Block C.A. & Koff M.D. 2010. Life-threatening hyperkalemia from nutritional supplements: uncommon or undiagnosed? *Am. J. Emerg. Med.*, in press.
- Johnson J. 2011. Challenges of formulating products to meet desired sodium targets. *Food Technology* (6), 42-48.
- Jürgens G. & Graudal N.A. 2003. Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterols, and triglyceride. *Cochrane Database Syst. Rev.* 1:CD004022.
- Karppanen H., Karppanen P. & Mervaala E. 2005. Why and how to implement sodium, potassium, calcium, and magnesium changes in food items and diets? *J. Hum. Hypertens.* 19(Suppl 3), S10-19.
- Kilcast D. 2008. Cutting Sodium. Prepared Foods January 9, 2008. <http://www.preparedfoods.com/articles/article-cutting-sodium-january-2008>
- Klaus D., Hoyer J. & Middeke M. 2010. Salt restriction for the prevention of cardiovascular disease. *Dtsch. Arztebl. Int.* 107(26), 457-462.
- Krikken J.A., Laverman G.D. & Navis G. 2009. Benefits of dietary sodium restriction in the management of chronic kidney disease. *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.* 18(6), 531-538.
- Laatikainen T., Pietinen P., Valsta L., Sundvall J., Reinivuo H. & Tuomilehto J. 2006. Sodium in the Finnish diet: 20-year trends in urinary sodium excretion among the adult population. *Europ. J. Clin. Nutr.* 60(8), 965-970.
- Leshem M. 2009. Biobehavior of the human love of salt. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 33(1), 1-17.
- Lewington S., Clarke R., Qizilbash N., Peto R. & Collins R. 2002. Prospective Studies Collaboration. Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies. *Lancet* 360, 1903-1913.
- Lopez A.D., Mathers C.D., Ezzati M., Jamison D.T. & Murray C.J. 2006. Global and regional burden of disease and risk factor, 2001: systematic analysis of population health data. *Lancet* 367, 1747-1757.
- Mancia G., De Backer G., Dominiczak A., et al. 2007. The Task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension and of the European Society of Cardiology. 2007 Guidelines for the management of arterial hypertension. *Eur. Heart J.* 28, 1462-1536. <http://www.escardio.org/guidelines-surveys/esc-guidelines/GuidelinesDocuments/guidelines-AH-FT.pdf>
- Miller R.T. 2011. Genetic disorders of NaCl transport in the distal convoluted tubule. *Nephron. Physiol.* 118(1), 15-21.
- Morris R.C., Schmidlin O., Frassetto L.A. & Sebastian A. 2006. Relationship and interaction between sodium and potassium. *J. Am. Coll. Nutr.* 25(3 Suppl), 262S-270S.
- Naismith D.J. & Braschi A. 2003. The effect of low-dose potassium supplementation on blood pressure in apparently healthy volunteers. *Br. J. Nutr.* 90(1), 53-60.
- NICE - National Institute for Health and Clinical Excellence. 2010. Prevention of cardiovascular disease at population level. NICE Public Health guidance 25. London, UK. Pp. 124. <http://www.nice.org.uk/nicemedia/live/13024/49273/49273.pdf>
- Ni Mhurchu C., Capelin C., Dunford E.K., Webster J.L., Neal B.C. & Jebb S.A. 2011. Sodium content of processed foods in the United Kingdom: analysis of 44,000 foods purchased by 21,000 households. *Am. J. Clin. Nutr.* 93(3), 594-600.
- Nubel. 2011. La Table belge de composition des aliments. http://www.nubel.com/fra/table_de_composition_des_aliments.asp
- nVWA – nieuwe Voedsel en Warenautoriteit. 2011. Monitoring van het gehalte aan keukenzout in diverse levensmiddelen. Pp. 9. <http://www.vwa.nl/onderwerpen/levensmiddelen-food/dossier/kant-en-klaarmaaltijden/nieuwsoverzicht/nieuwsbericht/2012140/zoutgehalte-in-diverse-levensmiddelen-in-2010-niet-gedaald>
- O'Donnell M.J., Yusuf S., Mentz A., Gao P., Mann J.F., Teo K., McQueen M., Sleight P., Sharma A., Dans A., Probstfield J. & Schmieder R.E. 2011. Urinary sodium and potassium excretion and risk of cardiovascular events. *JAMA* 306(20), 2229-2238.
- Paterna S., Gaspare P., Fasullo S., Sarullo F.M. & Di Pasquale P. 2008. Normal-sodium diet compared with low-sodium diet in compensated congestive heart failure: is sodium an old enemy or a new friend? *Clin. Sci. (Lond)* 114, 221-230.
- Peleteiro B., Lopes C., Figueiredo C. & Lunet N. 2011. Salt intake and gastric cancer risk according to *Helicobacter pylori* infection, smoking, tumour site and histological type. *Br. J. Cancer* 104(1), 198-207.

- Penner S.B., Campbell N.R., Chockalingam A., Zarnke K. & Van Vliet B. 2007. Dietary sodium and cardiovascular outcomes: a rational approach. *Can. J. Cardiol.* 23(7), 567-572.
- PHAC – Public Health Agency of Canada. 2009. Dropping the salt: practical steps countries are taking to prevent chronic noncommunicable diseases through population-wide dietary salt reduction. Penney S. <http://www.paho.org/english/ad/dpc/nc/salt-mtg-phac-paper.pdf>
- Ruusunen M. & Puolanne E. 2005. Reducing the sodium intake from meat products. *Meat Science* 70, 531-541.
- Sacks F.M., Svetkey L.P., Vollmer W.M., Appel L.J., Bray G.A., Harsha D., et al. 2001. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the Dietary Approaches to Stop Hypertension (DASH) diet. DASH-Sodium Collaborative Research Group. *N. Engl. J. Med.* 344(1), 3-10.
- Samapundo S., Anthierens T., Xhafari R. & Devlieghere F. 2010a. Development of a validated model to describe the individual and combined water activity depressing effects of water soluble salts, sugar and fat replacers. *Journal of Food Engineering* 96, 433-439.
- Samapundo S., Deschuyffeleer N., Van Laere D., De Leyn I. & Devlieghere F. 2010b. Effect of NaCl reduction and replacement on the growth of fungi important to the spoilage of bread. *Food Microbiology* 27, 749-756.
- Saxena K. 1989. Clinical features and management of poisoning due to potassium chloride. *Med. Toxicol. Adverse Drug Exp.* 4(6), 429-443.
- Schim van der Loeff H.J., Strack van Schijndel R.J. & Thijs L.G. 1988. Cardiac arrest due to oral potassium intake. *Intensive Care Med.* 15(1), 58-59.
- Sci Com – Comité scientifique AFSCA. 2010. Avis 09-2010: Risques cancérigènes et/ou génotoxiques dans les denrées alimentaires: contaminants liés aux processus de transformation. <http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/2010.asp>
- Sci Com – Comité scientifique AFSCA. 2008. Avis 25-2008: Acrylamide: exposition de la population belge, contribution de différentes denrées alimentaires et méthodologie pour le détermination de limites d'action. <http://www.favv-afsc.fgov.be/comitescientifique/avis/2008.asp>
- Sellmeyer D.E., Schloetter M. & Sebastian A. 2002. Potassium citrate prevents increased urine calcium excretion and bone resorption induced by a high sodium chloride diet. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 87(5), 2008-2012.
- Stocker S.D., Madden C.J. & Sved A.F. 2010 Excess dietary salt intake alters the excitability of central sympathetic networks. *Physiol. Behav.* 100(5), 519-524.
- Stringer S.C. & Pin C. 2005. Microbial risks associated with salt reduction in certain foods and alternative options for preservation. Technical report. Institute of Food research, Norwich, UK. Pp. 50. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/acm740a.pdf>
- Stolarz-Skrzypek K., Kuznetsova T., Thijs L., Tikhonoff V., Seidlerová J., Richart T., Jin Y., Olszanecka A., Maljutina S., Casiglia E., Filipovský E., Kawecka-Jaszcz K. & Staessen J. 2011. Fatal and nonfatal outcomes, incidence of hypertension, and blood pressure changes in relation to urinary sodium excretion. *JAMA* 305(17), 1777-1785.
- Suckling R.J., He F.J. & MacGregor G.A. 2010. Altered dietary salt intake for preventing and treating diabetic kidney disease. *Cochrane Database Syst. Rev.* 12:CD006763.
- Takachi R., Inoue M., Shimazu T., Sasazuki S., Ishihara J., Sawada N., et al. 2010. Consumption of sodium and salted foods in relation to cancer and cardiovascular disease: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *Am. J. Clin. Nutr.* 91(2), 456-464.
- Taormina P.J. 2010. Implications of salt and sodium reduction on microbial food safety. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 50(3), 209-227.
- Tayie F.A. & Jourdan K. 2010. Hypertension, dietary salt restriction, and iodine deficiency among adults. *Am. J. Hypertens.* 23(10), 1095-1102.
- Taylor R., Ahston K.E., Moxham T., Hooper L. & Ebrahim S. 2011. Reduced dietary salt for the prevention of CVD: A meta-analysis of RCTs (Cochrane review). *American Journal of Hypertension* 24(8), 843-853.
- Thomas M.C., Moran J., Forsblom C., Harjutsalo V., Thorn L., Ahola A., Wadén J., Tolonen N., Saraheimo M., Gordin D., Groop P.H. & FinnDiane Study Group. 2011. The association between dietary sodium intake, ESRD, and all-cause mortality in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 34(4), 861-866.
- Tsugane S. 2005. Salt, salted food intake, and risk of gastric cancer: epidemiologic evidence. *Cancer Sc.* 96(1), 1-6.
- Vandevijvere S., De Keyzer W., Chappelle J.P., Jeanne D., Mouillet G., Huybrechts I., et al. 2010. Estimate of total salt intake in two regions of Belgium through analysis of sodium in 24-h urine samples. *Eur. J. Clin. Nutr.* 64(11), 1260-1265.
- Vandevijvere S. & Van Oyen H. 2008. Sodium intake in the Belgian population. Research limitations and policy implications. *Arch. Public Health* 65, 187-195.
- Verkaik-Kloosterman J., van 't Veer P. & Ocke M.C. 2010. Reduction of salt: will iodine intake remain adequate in The Netherlands? *Br. J. Nutr.* 104(11), 1712-1718.
- WASH – World Action on Salt & Health. 2011a. <http://www.worldactiononsalt.com/index.htm>
- WASH – World Action on Salt & Health. 2011b. New Research reveals huge differences in sodium contents of identical pizzas around the world. http://www.worldactiononsalt.com/media/recent_press_releases.htm (April 14, 2011)

- Webster J., Dunford E., Hawkes C. & Neal B. 2011. Salt reduction initiatives around the world. *Journal of Hypertension* 29 (6), 1043–1050.
- WHO – World Health Organization. 2010. Creating an enabling environment for population-based salt reduction strategies. Report of a joint technical meeting held by WHO and the Food Standards Agency, United Kingdom, July 2010. Pp. 44. http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241501699_eng.pdf
- WHO – World Health Organization. 2007a. WHO Europe: Second WHO European Action Plan for Food and Nutrition Policy 2007 – 2012. <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/disease-prevention/physical-activity/publications/2008/who-european-action-plan-for-food-and-nutrition-policy-2007-2012>
- WHO – World Health Organization. 2007b. Prevention and control of non-communicable diseases: Implementation of the global strategy. WHA60.23, May 2007, Geneva http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA60/A60_R23-en.pdf
- WHO – World Health Organization. 2006. Reducing salt intake in populations - a report of a WHO forum and technical meeting, 5 –7 October, Paris, France. http://www.who.int/dietphysicalactivity/Salt_Report_VC_april07.pdf
- Zoccali C., Cumming A.M., Hutcherson M.J., Barnett P. & Semple P.F. 1985. Effects of potassium on sodium balance, renin, noradrenaline and arterial pressure. *J. Hypertens.* 3(1), 67-72.

10. Composition du groupe de travail

Les experts suivants ont participé à l'élaboration de l'avis dans le cadre d'un groupe de travail conjoint Sci Com – CSS:

De Backer Guy (CSS)	Médecine préventive, santé publique, épidémiologie	UGent
Dewettinck Koen (Sci Com)	Technologie et ingénierie des aliments	UGent
Huyghebaert Andre (Sci Com)	Chimie, technologie des denrées alimentaires	UGent
Kolanowski Jaroslaw (CSS)	Physiologie et physiopathologie de l'alimentation; physiopathologie de l'obésité, du syndrome métabolique et du diabète de type 2	UCL
Maghuin-Rogister Guy (Sci Com, CSS)	Analyse des denrées alimentaires	ULg

L'administration était représentée par :

De Boosere Isabelle	SPF Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement, DG4
Laquière Isabelle	SPF Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement, DG4

Diverses organisations ont été invitées à une séance d'audition pour exprimer leur vision sur la réduction du sel et communiquer des informations qui soutiennent cette vision. L'audition a eu lieu le 28 juin 2011. Les personnes suivantes ont été entendues:

De Meerleer M.	Vakgroep Levensmiddelen- en Agrotechnologie, HoGent
Denoncin A.	Fédération Francophone des Boulangeries
Heroufosse F.	Wagralim
Marquenie D.	Fevia
Léonard H.	Fédération Francophone des Boulangeries
Vandamme A.	Flanders'Food
Van Damme E.	Fédération Flamande des Boulangeries VeBic
Van Laere D.	Vakgroep Levensmiddelen- en Agrotechnologie, HoGent
Wagemans K.	Fédération des Grandes Boulangeries FGGB

Une réaction écrite a été communiquée par Fenavian et l'Union belge des Consommateurs Test-Achats.

Le groupe de travail a été présidé par Koen Dewettinck et Guy Maghuin-Rogister et le secrétariat scientifique a été assuré par Wendie Claeys (Sci Com) et Michèle Ulens (CSS).

Approbation / Validation:

L'avis a été approuvé par le Comité scientifique de l'AFSCA lors de sa séance du 16 mars 2012 et par le groupe de travail permanent « Nutrition, Alimentation et Santé, y compris Sécurité Alimentaire (NASSA) » du CSS lors de sa séance du 29 février 2012. Il a été validé par le Collège du CSS lors de sa séance du 04 avril 2012.

Le Comité scientifique (AFSCA) est composé des membres suivants :

D. Berkvens, C. Bragard, E. Daeseleire, L. De Zutter, P. Delahaut, K. Dewettinck, J. Dewulf, K. Dierick, L. Herman, A. Huyghebaert, H. Imberechts, G. Maghuin-Rogister, L. Pussemier, K. Raes*, C. Saegerman, M.-L. Scippo*, B. Schiffers, W. Stevens*, E. Thiry, M. Uyttendaele, T. van den Berg, C. Van Peteghem.

* = experts invités

Remerciements

Le Comité scientifique de l'AFSCA et le collège du CSS remercient la Direction d'encadrement pour l'Evaluation des risques, le secrétariat scientifique du Conseil Supérieur de la Santé et les membres du groupe de travail pour la préparation du projet d'avis.

Le Comité scientifique et le Conseil Supérieur de la Santé souhaitent également remercier G. Daube (ULg) et C. Vinckx (SPF Santé publique, Sécurité de la chaîne alimentaire et Environnement) pour leur collaboration à la réalisation de l'avis.

Disclaimer

Le Comité scientifique de l'AFSCA et le collège du CSS se réservent à tout moment le droit de modifier cet avis de commun accord si de nouvelles informations et données arrivent à sa disposition après la publication de la présente version.

11. Cadre légal de l'avis

Pour le Sci Com :

Loi du 4 février 2000 relative à la création de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, notamment l'article 8 ;

Arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire ;

Règlement d'ordre intérieur visé à l'article 3 de l'arrêté royal du 19 mai 2000 relatif à la composition et au fonctionnement du Comité scientifique institué auprès de l'Agence fédérale pour la Sécurité de la Chaîne alimentaire, approuvé par le Ministre le 9 juin 2011.

Au sujet du Conseil Supérieur de la Santé (CSS) :

Le Conseil Supérieur de la Santé est un service fédéral relevant du SPF Santé publique, Sécurité de la Chaîne alimentaire et Environnement. Il a été fondé en 1849 et rend des avis scientifiques relatifs à la santé publique aux ministres de la santé publique et de l'environnement, à leurs administrations et à quelques agences. Ces avis sont émis sur demande ou d'initiative. Le CSS ne prend pas de décisions en matière de politique à mener, il ne les exécute pas mais il tente d'indiquer aux décideurs politiques la voie à suivre en matière de santé publique sur base des connaissances scientifiques les plus récentes.

Outre son secrétariat interne composé d'environ 25 collaborateurs, le Conseil fait appel à un large réseau de plus de 500 experts (professeurs d'université, collaborateurs d'institutions scientifiques), parmi lesquels 200 sont nommés à titre d'expert du Conseil. Les experts se réunissent au sein de groupes de travail pluridisciplinaires afin d'élaborer les avis.

En tant qu'organe officiel, le Conseil Supérieur de la Santé estime fondamental de garantir la neutralité et l'impartialité des avis scientifiques qu'il délivre. A cette fin, il s'est doté d'une structure, de règles et de procédures permettant de répondre efficacement à ces besoins et ce, à chaque étape du cheminement des avis. Les étapes clé dans cette matière sont l'analyse préalable de la demande, la désignation des experts au sein des groupes de travail, l'application d'un système de gestion des conflits d'intérêts potentiels (reposant sur des déclarations d'intérêt, un examen des conflits possibles, et un comité référent) et la validation finale des avis par le Collège (ultime organe décisionnel). Cet ensemble cohérent doit permettre la délivrance d'avis basés sur l'expertise scientifique la plus pointue disponible et ce, dans la plus grande impartialité possible.

Les avis des groupes de travail sont présentés au Collège. Après validation, ils sont transmis au requérant et au ministre de la santé publique et sont rendus publics sur le site internet (www.css-hgr.be), sauf en ce qui concerne les avis confidentiels. Un certain nombre d'entre eux sont en outre communiqués à la presse et aux groupes cibles parmi les professionnels du secteur des soins de santé.

Le CSS est également un partenaire actif dans le cadre de la construction du réseau EuSANH (*European Science Advisory Network for Health*), dont le but est d'élaborer des avis au niveau européen.

Si vous souhaitez rester informé des activités et publications du CSS, vous pouvez envoyer un mail à info.hgr-css@health.belgium.be.