



**HAL**  
open science

# Intérêt d'une approche procédé pour la reformulation de produits réduits en sel-sucre-matières grasses en Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie

Guénaëlle Diler, Mathieu Guilloux, Laurent Lethuaut, Sylvie Chevallier,  
Carole Prost, Alain Le-Bail

## ► To cite this version:

Guénaëlle Diler, Mathieu Guilloux, Laurent Lethuaut, Sylvie Chevallier, Carole Prost, et al.. Intérêt d'une approche procédé pour la reformulation de produits réduits en sel-sucre-matières grasses en Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie. *Innovations Agronomiques*, 2019, 78, pp.13 - 25. 10.15454/yvwf-8k86 . hal-02914304

**HAL Id: hal-02914304**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02914304v1>**

Submitted on 11 Aug 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0  
International License

## **Intérêt d'une approche procédé pour la reformulation de produits réduits en sel-sucre-matières grasses en Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie**

**Diler G.<sup>1</sup>, Guilloux M.<sup>1</sup>, Lethuaut L.<sup>1</sup>, Chevallier S.<sup>1</sup>, Prost C.<sup>1</sup>, Le-Bail A.<sup>1</sup>**

ONIRIS, UMR 6144 GEPEA CNRS, F-44322, Nantes

**Correspondance** : guenaelle.diler@oniris-nantes.fr ; alain.lebail@oniris-nantes.fr

### **Résumé**

Les produits du secteur de la Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie (BVP) sont des produits très consommés en France, et peuvent être fortement vecteur de sel, de sucre et de matières grasses. Ils sont donc des cibles privilégiées pour la réduction de la teneur de ces ingrédients. Cependant ces derniers ont des rôles technologiques importants : le sel dans le pain, le sucre et les matières grasses dans les produits de boulangerie fine. Améliorer la qualité nutritionnelle de ces produits en réduisant la teneur de ces ingrédients impose la recherche et le développement de nouvelles approches pour répondre aux problématiques technologiques et sensorielles des produits réduits. L'efficacité d'une approche « procédé » s'appuyant sur une structuration des matrices avec une modulation spatiale du sel, a été démontrée dans le cadre du programme européen PLEASURE. Des réductions de la teneur en sel de 25% et 30% ont été atteintes sans modification de la perception salée, et ce par création de « spots » salés dans une pâte à pizza, et en concentrant le sel dans l'un des ingrédients d'une pizza. Ce programme de recherche a également mis en évidence l'efficacité d'une stratégie enzymatique afin de produire des sucres simples (monosaccharides) à partir de l'amidon des produits, permettant ainsi d'obtenir des produits finis « sans sucres ajoutés » sans en altérer la perception de saveur sucrée.

**Mots-clés** : Produits céréaliers, Structuration, Procédé, Contraintes technologiques, Acceptation sensorielle.

### **Abstract: Interest of a process approach for the reformulation of products reduced in salt, sugar and fat in pastry and bakery products**

The pastry and bakery products are widely consumed in France, and are a strong carrier of salt, sugar and fat. These products are therefore important targets for reducing sugar, salt and fat. However, these ingredients have important technological roles: salt in bread, and sugar and fat in fine bakery products. It is therefore necessary to provide an answer to these technological, but also sensory, problems. The effectiveness of a "process" approach based on the structuring of the matrices with spatial modulation of salt has been demonstrated in the PLEASURE programme. Salt content reductions of 25% and 30% were achieved, without changing the salty perception, by creating salty spots in a pizza dough and concentrating the salt in one of the ingredients of a pizza. This programme also demonstrated the effectiveness of an enzymatic strategy to produce simple sugars from the starch in products, to obtain products "with no added sugars" without altering sweetness perception.

**Keywords**: Cereal products, Structuring, Process, Technological constraints, Sensory acceptance.

## 1. Produits de Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie et apports en sel, sucre et matières grasses.

En France, trois enquêtes nationales de consommations (INCA 1, INCA 2, INCA 3), menées successivement tous les sept ans entre 1998 et 2015, ont permis de décrypter les habitudes et les évolutions de consommations alimentaires de la population française. Les résultats de la troisième édition de cette enquête (INCA 3) ont fait l'objet d'un rapport détaillé publié en juin 2017 (Anses, 2017). Si la surconsommation de sel est avérée et les surconsommations de sucres et de lipides supposées, les résultats de cette étude montrent de façon évidente la contribution des produits du secteur de la Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie (BVP) dans les consommations en sel, sucres et matières grasses. Cette catégorie d'aliment est fortement consommée par la population française, tout âge confondu. Les viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés arrivent ainsi en troisième position parmi les aliments contribuant le plus à la quantité totale d'aliments consommés, avec 7,9%, pour les enfants de moins de 11 ans, et en sixième position avec 7,4% pour les adolescents. Le pain arrive en seconde position (9,7%) chez les adultes et en cinquième position (7,5%) chez les adolescents.

Les produits céréaliers (dont le pain) sont le premier aliment vecteur de sel chez les adultes (24%) et les adolescents (21%), et arrivent en seconde position pour les enfants. Les viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés, moins vecteurs de sel, apportent tout de même 10% du sel consommé chez les enfants et 7,9% chez les adolescents.

Concernant les apports en sucre, la catégorie viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés arrive en troisième position des aliments vecteurs de sucre, derrière les fruits et les produits laitiers chez les enfants et adolescents, et derrière les fruits et les matières sucrantes chez les adultes. Les viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés contribuent ainsi à 16% des apports en sucre chez les enfants et les adolescents et à 14% des apports en sucre chez les adultes.

Les recommandations nutritionnelles de l'ANSES revues en 2010 indiquent que « la part recommandée des lipides dans l'apport énergétique doit être de 35 à 40 % ». Selon l'ANSES, cette fourchette permettrait d'assurer la couverture des besoins en acides gras essentiels et indispensables, et de prévenir des pathologies. L'ANSES attire l'attention sur la qualité des acides gras apportés par l'alimentation car tous ne sont pas équivalents. Ainsi, des références nutritionnelles ont été proposées pour les acides gras indispensables (LA, ALA, DHA), l'EPA, les trois acides gras saturés athérogènes en cas d'excès, et l'acide oléique. Une recommandation a également été faite pour l'ensemble des acides gras saturés, bien qu'ils n'aient pas tous les mêmes effets physiologiques (<https://www.anses.fr/fr/content/les-lipides#adulte>). L'apport en acides gras non essentiels et saturés (AGS) doit toutefois être limité à 12% des apports énergétiques. Les viennoiseries, pâtisseries, gâteaux et biscuits sucrés arrivent en seconde position des aliments vecteurs d'AGS chez les enfants (20%) et chez les adolescents (18%), et en troisième position chez les adultes (18%).

La contribution des produits du secteur de la Boulangerie Viennoiserie Pâtisserie (BVP) dans les apports en sel, sucres et acides gras saturés explique ainsi l'importance de l'amélioration nutritionnelle de ces produits, en optant notamment pour la mise en œuvre de stratégies adaptées de réduction de leur teneur en sel, sucres et acides gras saturés.

## 2. Rôles technologiques du sel, sucre et matières grasses dans les produits BVP

### 2.1 Sel et pain

Le sel exprime de nombreuses fonctionnalités dans la fabrication et la transformation de la pâte boulangère. L'hydratation de la farine, sous l'effet notamment de différents traitements mécaniques, conduit à la formation de la pâte boulangère, assimilable à un milieu colloïdal hydraté où les granules

d'amidon sont insérés dans un réseau de gluten. Placé dans un milieu hydraté, le sodium et le chlore, atomes constitutifs du sel, se dissocient et repassent sous leur forme ionique ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ). Ces ions peuvent alors interagir avec les autres molécules chargées du milieu (sels, acides, protéines, molécules d'eau). Il en résulte ainsi une baisse de l'activité de l'eau ( $a_w$ ), une augmentation de la force ionique et de la pression osmotique du milieu, non sans conséquences sur la cinétique de développement de la pâte, sa fermentation, sa cuisson ainsi que sur le rassissement des produits finis.

L'activité de l'eau dans la pâte étant abaissée en présence de sel, l'énergie nécessaire aux réactions chimiques et physiques impliquant de l'eau s'en trouve augmentée. Fortement hygroscopique, le sel entre en compétition avec les autres constituants de la farine et de la pâte pour s'hydrater. Ceci entraîne un ralentissement du développement de la pâte et nécessite un allongement de la durée de pétrissage (Diler et al., 2016a). Une fois dissociés, les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  vont neutraliser les charges positives des protéines du gluten, limitant leur répulsion et renforçant les interactions hydrophobes entre protéines (Beck et al., 2012). On aura donc, en présence de sel, un réseau de gluten renforcé, plus résistant et plus stable. La pâte sera moins collante et sa machinabilité sera améliorée.

Dans le cas des pâtes fermentées, la diminution de l' $a_w$  et l'augmentation de la pression osmotique provoquées par le sel vont avoir un effet négatif sur les membranes semi-perméables des levures. Le stress osmotique induit par le sel va donc limiter l'activité des levures et la quantité de  $\text{CO}_2$  produit. La fermentation sera donc plus longue en présence de sel, ce qui apporte plus de tolérance sur les temps de procédé et contribue également au développement des arômes issus de la fermentation.

Lors de la cuisson, la présence de sel augmente les températures de gélatinisation de l'amidon et de la coagulation des protéines (Chiotelli et al., 2004), retardant ainsi la température de transition pâte-mie lors de la cuisson de la pâte. Après cuisson, le sel ralentit la rétrogradation de l'amidon. Ceci serait dû à une inclusion des ions sodium dans les molécules d'amidon au cours du stockage limitant ainsi la recristallisation de l'amidon (Beck et al., 2011). Réducteur de la mobilité de l'eau et fortement hygroscopique, le sel limite également la déshydratation des pains et améliore leur conservation. Il a également un effet antimicrobien lié à la baisse d' $a_w$  qu'il provoque.

Le sel joue donc un rôle majeur dans l'expression des qualités du pain et toute modification de sa teneur est susceptible d'avoir des répercussions technologiques (machinabilité de la pâte, tolérance à la fermentation) et organoleptiques (saveur, rassissement) sur le produit fini.

## 2.2 Sucre, matières grasses et produits de boulangerie fine

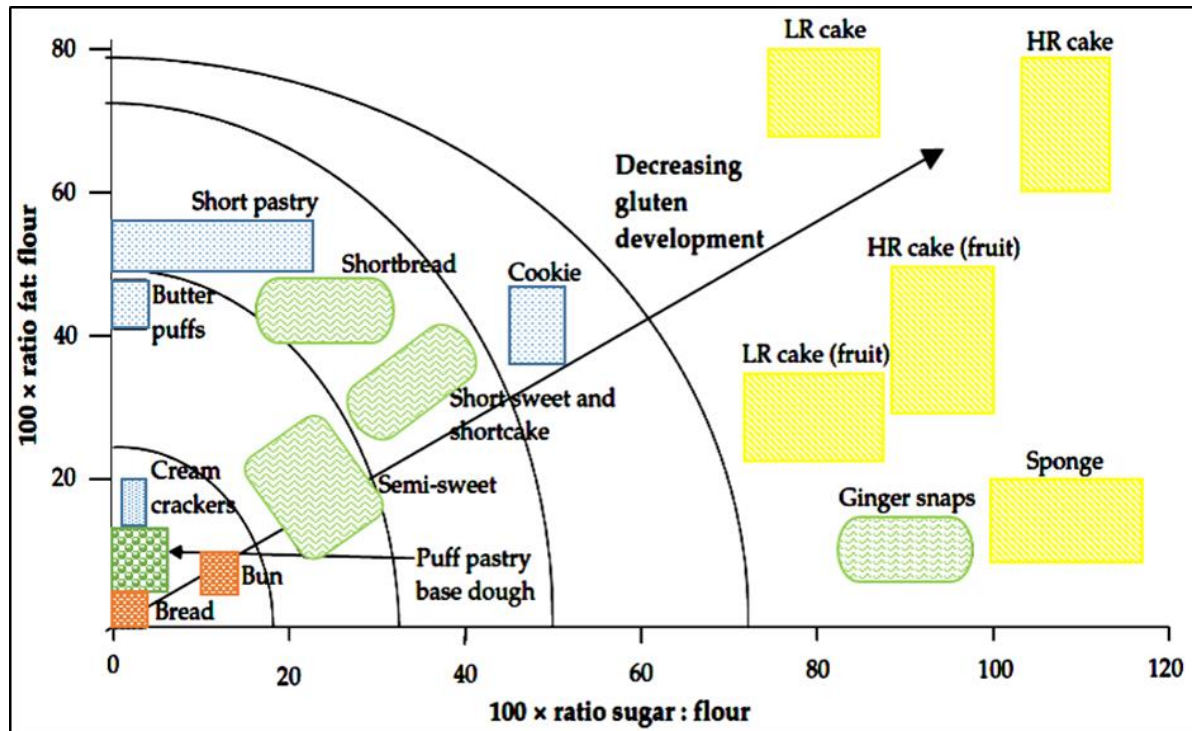
Réglementairement, le terme « sucre » désigne le saccharose alors que le terme « sucres » désigne l'ensemble des mono- et disaccharides. Pris au sens large, les sucres et les matières grasses ont des rôles fonctionnels majeurs dans les produits de boulangerie fine comme les biscuits, les cakes, les brioches ou les viennoiseries.

Dans les biscuits, ces deux catégories d'ingrédients contribuent majoritairement aux qualités gustatives du produit en bouche, à la génération des composés aromatiques et plus globalement à la palatabilité du produit en bouche. Acteur indispensable des réactions de Maillard et de caramélisation, le sucre constitue en effet un facteur clé du développement de la couleur et de la flaveur des biscuits (Davidson, 2016). Sucre et matières grasses vont également contribuer à la texturation de la pâte du biscuit et ainsi moduler l'étalement du produit en cuisson, ce qui sera déterminant pour la forme et les dimensions du produit. En limitant la formation du réseau de gluten, ces deux catégories d'ingrédients vont également contribuer à la perception de la texture friable caractéristique des biscuits.

Ces rôles cruciaux du sucre et des matières grasses dans les biscuits, peuvent être transposés quasi à l'identique dans le cas des cakes, notamment en ce qui concerne la couleur, la flaveur, la viscosité de la pâte. Pour ces produits, la solubilisation des gliadines dans la solution concentrée en sucre (phase aqueuse de la pâte) est en grande partie responsable de la viscosité de la pâte. Concernant les

matières grasses, leur teneur en AGS va directement impacter la proportion de leur fraction solide, ce qui va directement moduler la texturation des produits, comme la finesse et la stabilisation de l'alvéolation de la mie du cake ou encore la qualité du feuilletage des pâtes feuilletées et des viennoiseries.

Modifier la teneur en sucre et en matières grasses des produits de boulangerie fine peut conduire à une modification de la nature du produit et à le classer dans une catégorie différente (Figure 1). A titre d'exemple, la réduction des matières grasses dans un cake type quatre quarts (« high ratio cake ») peut ainsi conduire à la réalisation d'un cake type génoise (« sponge cake »).

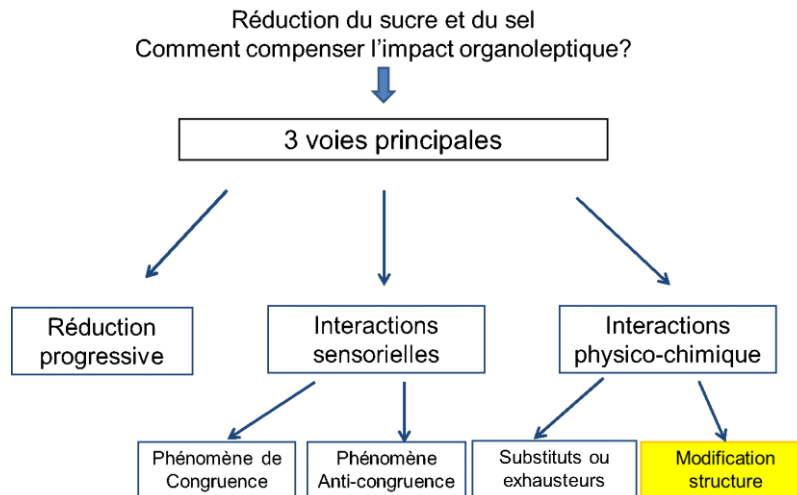


**Figure 1** : classification des produits de boulangerie, viennoiserie, pâtisserie selon leurs ratio matières grasses/farine et sucre/farine (LR= Low Ratio cake, cake contenant peu de sucre / HR = High Ratio cake, cake riche en sucre et matières grasses, typiquement un « quatre quarts ») d'après Cauvain et Young (2006). L'axe en diagonale indique une décroissance de l'importance du réseau de gluten dans la structure des produits.

### 3. Illustration des résultats issus du programme européen PLEASURE (2012-2014) : exemples de la réduction en sel d'une pizza, et de la réduction en sucre de la pâte feuilletée par des approches alternatives à l'utilisation de substituts

#### 3.1 Les stratégies de réduction en sel et en sucre

Différentes stratégies sont envisageables pour réduire la teneur en sel ou en sucre (Figure 2). Pour réussir cette amélioration de la qualité nutritionnelle des produits BVP, deux problématiques devront être prises en considération. La première est liée aux contraintes technologiques induites par ces réductions, pour laquelle il est souvent nécessaire d'adapter le procédé standard de production. La seconde problématique est liée aux modifications organoleptiques engendrées par cette réduction, pour laquelle différentes stratégies ou approches ont été décrites dans la littérature pour maintenir les qualités sensorielles des produits réduits en sel ou en sucre.



**Figure 2:** Schéma représentant les différentes stratégies possibles afin de compenser ou de limiter l'impact d'une réduction en sucre/sel sur l'acceptation d'un produit alimentaire.

L'utilisation de substituts ou d'exhausteurs est la stratégie la plus employée (édulcorants pour le sucre, chlorure de potassium pour le sel, par exemple). Différents auteurs ont toutefois montré que d'autres stratégies se révélaient également efficaces. Certaines substances, qui n'ont elles-mêmes pas de goût salé ou sucré, accentuent la saveur salée ou sucrée d'un aliment, soit par stimulation des récepteurs, soit par phénomène de congruence. Certains acides aminés (arginine, lysine), le glutamate monosodique, les lactates peuvent, par exemple, renforcer la perception du goût salé (Beck et al., 2012). Des composés volatils, dont l'arôme est fortement associé à une saveur donnée, peuvent également, par phénomène de congruence, renforcer l'intensité de la perception de la saveur en question (Thomas-Danguin et al. 2016). Lawrence et al. (2009) ont ainsi démontré l'effet congruent de l'arôme vanille sur la perception de la saveur sucrée, ou encore de l'arôme bacon sur la perception de la saveur salée. Ces approches basées sur l'utilisation de substituts, d'exhausteurs ou d'arôme congruents ont pour point commun la mise en œuvre d'un phénomène de compensation sensorielle visant à maintenir l'intensité de la perception sucrée ou salée dans les produits réduits identique à celle perçue dans les produits non réduits.

Certains auteurs ont également montré que la réduction du sel pouvait être acceptée sans compensation organoleptique, sous réserve qu'elle soit progressive. Une réduction progressive de 25% de la teneur en sel en six semaines, ou encore de 52% sur quatre semaines n'affectent pas l'acceptabilité et la consommation des pains par les consommateurs, ni le choix de la garniture associée lors de tests d'association « garniture-pains réduits » (Girgis et al., 2003 ; Bolhuis et al., 2011). La communication institutionnelle autour des améliorations nutritionnelles du produit et la mise en place de plan de santé publique comme le Programme National Nutrition-Santé (PNNS) dont un des objectifs vise l'amélioration de l'état de santé de la population en agissant sur leur alimentation, viennent également accompagner les efforts réalisés en matière de réduction en sel ou en sucre en tentant d'orienter le choix du consommateur vers des produits plus sains en amont du geste de consommation.

La prise en compte des attentes des consommateurs représente aujourd'hui une contrainte additionnelle. Le consommateur recherche ainsi plus de « naturalité » dans son alimentation, poussant les industriels à revoir la formulation des produits en adoptant une démarche dite « Clean label » où la liste des ingrédients doit se réduire à ceux disponibles « dans le placard de la ménagère ». La mise en œuvre de la stratégie de réduction en sel ou en sucre par modification du procédé devient alors la principale solution pour reformuler ou réduire le sel, le sucre ou les additifs fonctionnels.

Le programme européen PLEASURE (Novel Processing approaches for the development of food products Low in fAt, Salt and sUgar Reduced, 2012-2014) a été réalisé dans ce contexte. Ce programme a réuni 15 partenaires européens, dont 9 partenaires académiques et 6 partenaires industriels, issus de 8 pays différents. Le but du programme était de réduire le sel dans une pizza et le sucre dans un produit feuilleté avec un fourrage aux fruits, par une approche alternative à l'addition de substituts. Les travaux sur la réduction en sel ont été basés sur une stratégie de répartition hétérogène du sel au sein du produit. Concernant la réduction en sucre dans le produit feuilleté, la stratégie globale consistait à apporter une légère saveur sucrée dans la pâte afin de réduire le sucre dans le fourrage. Pour cela une production de sucres par voie enzymatique dans la pâte a été envisagée. Les détails de ces travaux sont présentés ci-après.

### *3.2 Réduction de la teneur en sel d'une pâte à pizza et d'un produit assemblé type pizza par modulation hétérogène de la répartition du sel*

#### **3.2.1 Mise en œuvre de la répartition hétérogène du sel dans une pâte laminée type pâte à pizza (Diler, 2014)**

La première partie du travail a consisté à identifier les contraintes technologiques liées à la réduction du sel dans une pâte laminée type pâte à pizza ou pâte feuilletée. En effet, le procédé pour une pâte laminée impose des contraintes particulières : pâte peu hydratée (assez ferme), non collante et présentant une faible résistance à la contrainte (pour faciliter le laminage), en général sous pétrie pour éviter trop de force et d'élasticité afin de limiter le rétreint. Une modulation de la teneur en sel de 0 à 2,1% (base farine) dans la pâte a montré que la réduction de la teneur en sel entraîne une diminution de la résistance à l'extension des pâtes, et donc de leur « résistance » au laminage, limitant ainsi probablement l'énergie nécessaire au laminage, corroborant de précédents résultats décrits dans la littérature (Raghavan et al., 1996). Cette baisse de la résistance de la pâte est d'autant plus marquée que la réduction de la teneur en sel est importante. Les pâtes réduites en sel présentent également une reprise d'épaisseur moindre après laminage, traduisant une meilleure plasticité. Une réduction conséquente de la teneur en sel de 2,1 % à 0,7 %, soit une réduction de 66,7 % minimum, est toutefois nécessaire afin d'observer une augmentation significative de la plasticité. Par ailleurs, le sel réduit le collant des pâtes dès qu'il est présent dans la pâte, même en petite quantité. Une réduction de la teneur en sel de la pâte, tant que la recette en contient un minimum, n'entraîne qu'une augmentation modérée du collant non gênante pour le laminage de la pâte. Il semble donc qu'une réduction de la teneur en sel de la pâte soit plutôt favorable au procédé de laminage et limiterait le phénomène d'élasticité en fin de laminage, permettant ainsi de mieux contrôler le calibre des pâtes après laminage. Tout comme la réduction de la teneur en sel, la mise en œuvre d'un pétrissage sous vide peut également contribuer à un réseau de gluten moins élastique, l'absence d'oxygène réduisant les phénomènes d'oxydation au cours du pétrissage.

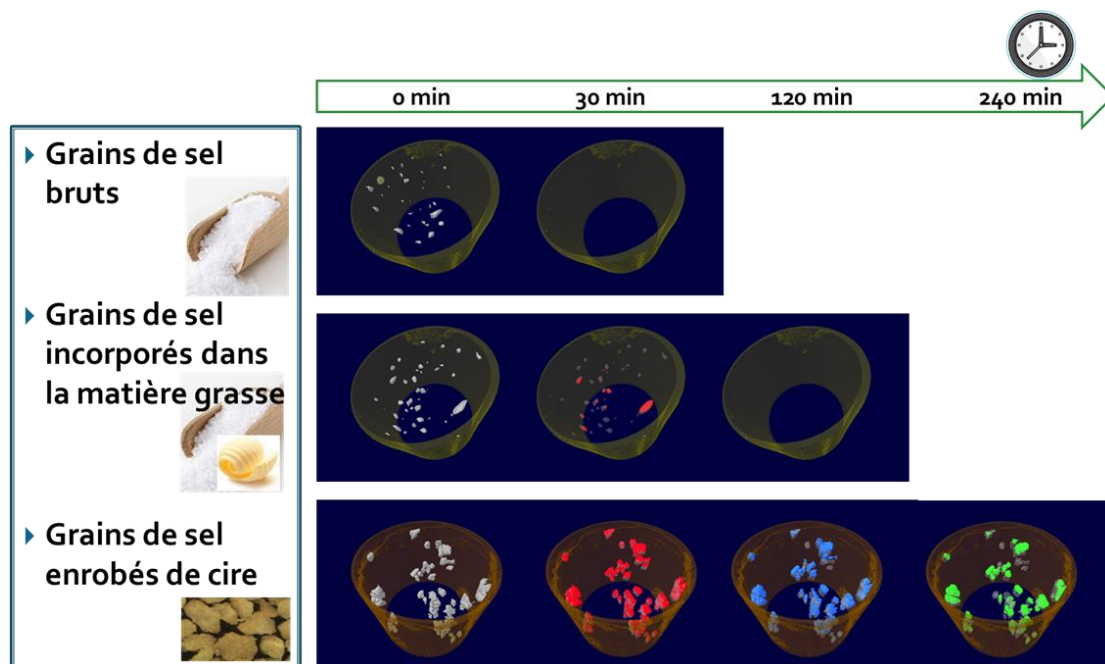
En s'appuyant sur ces éléments, le programme PLEASURE a proposé une stratégie « sans substituts » pour réduire la teneur en sel de la pâte à pizza. Si divers résultats indiquent que la production de pâtes laminées réduites en sel est technologiquement faisable, le problème majeur reste l'acceptabilité sensorielle du produit réduit en sel. Des évaluations sensorielles par notation sur échelle de pâtes laminées (cuites) à différentes teneurs en sel ont montré une diminution de la note salée lors d'une réduction, même minime, de la teneur en sel : de 9,7/10 pour une pâte à 2,1% sel base farine à 7,0/10 pour une pâte à 1,75% sel base farine. Une réduction de 30% de la teneur en sel fait même chuter la note à 3,8/10.

Selon la littérature, une répartition hétérogène du sel, créée par la superposition de couches plus ou moins concentrées en sel, peut engendrer une augmentation de la perception salée du produit (Noort et al., 2010). La stratégie innovante mise en œuvre dans le cadre du programme PLEASURE vise à créer, grâce à une modification du procédé d'incorporation du sel, un produit réduit en sel et caractérisé par



une répartition modulée et contrôlée du sel afin de permettre une perception salée pulsée en cours de consommation. Différentes approches ont ainsi été testées afin de contrôler la dissolution du sel et de limiter son homogénéisation au sein du produit : utilisation de cristaux de sel à granulométrie importante au pétrissage, incorporation de ces gros grains de sel dans la matière grasse de la recette, ou encore l'utilisation de sel enrobé de cires. Dans tous les cas la teneur en sel total des échantillons était réduite de 25% (condition nécessaire à l'obtention de l'allégation nutritionnelle « réduit en sel » selon la réglementation 1924/2006), et 50% du sel étaient maintenus dans la recette initiale afin de garantir des propriétés technologiques favorables au laminage (limitation du collant). Ce sont les modalités d'incorporation des 25% de sel restants qui ont été modifiées.

Un suivi de l'évolution des structures cristallines des grains de sel dans la pâte après pétrissage, par micro-tomographie RX, a permis de calculer des cinétiques de dissolution des grains de sels dans les différentes conditions testées (Figure 3). Les résultats ont montré que l'utilisation au pétrissage de grains de sels ayant une granulométrie comprise entre 0,8 et 3 mm à l'état brut, ne permet pas d'obtenir une répartition hétérogène du sel dans le produit après cuisson du fait de phénomènes de dissolution (Diler et al., 2016b). L'ajout de ce sel dans la matière grasse au pétrissage permet de ralentir sensiblement la cinétique de dissolution puisque le temps nécessaire pour que 99% du sel soit dissout est de 3h30, contre environ 1h30 pour le sel non enrobé de matières grasses. L'enrobage des grains de sel par des cires à haut point de fusion est apparu comme une solution innovante et viable (temps de dissolution d'environ 20h au lieu d'une heure), mais qui, pour être totalement efficace, nécessiterait la congélation des produits si leur cuisson n'intervient pas dans ces 20h (cas de pâtes conservées à 4°C par exemple).

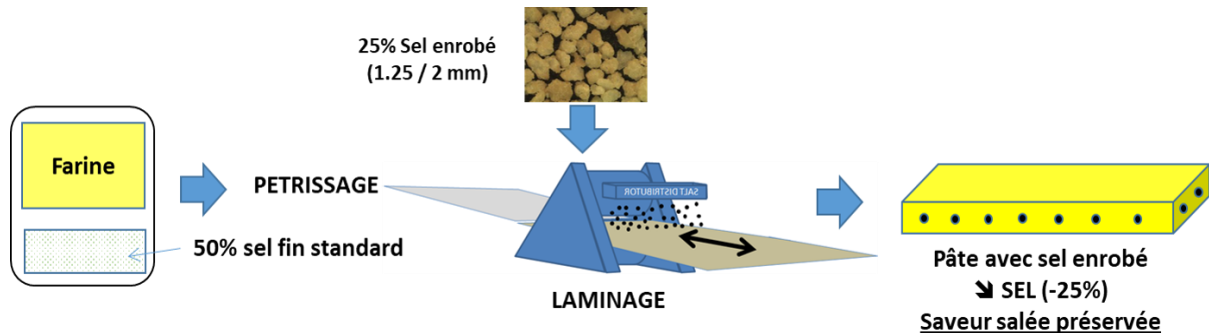


**Figure 3** : Exemples d'images 3D de pâtes contenant du sel obtenues par micro-tomographie aux rayons X. Evolution de la quantité de sel sous forme cristalline à différents moments après la fin de l'étape de mélange dans les différents échantillons (sel ajouté de différentes manières) (Diler et al., 2016b).

La Figure 4 illustre la solution « procédé » la plus adaptée pour exhausser la saveur salée de la pâte des produits réduits de 25% en sel. Un test sensoriel de classement sur la saveur salée de pâtes après cuisson contenant une modulation hétérogène du sel a ainsi permis de confirmer que l'échantillon réduit en sel (-25%) mais contenant du sel enrobé était classé comme significativement plus salé que l'échantillon équivalent sans sel enrobé, et qu'il était également plus salé que le produit standard (non



réduit en sel, sans sel enrobé). Les résultats de la stratégie optimale mise en place confirment qu'une répartition hétérogène du sel dans le produit, obtenue en maintenant une partie de ce sel sous forme non dissoute, permet de renforcer la perception de la saveur salée de ce produit, en accord avec d'autres résultats de la littérature (Konitzer et al., 2013 ; Noort et al., 2012).

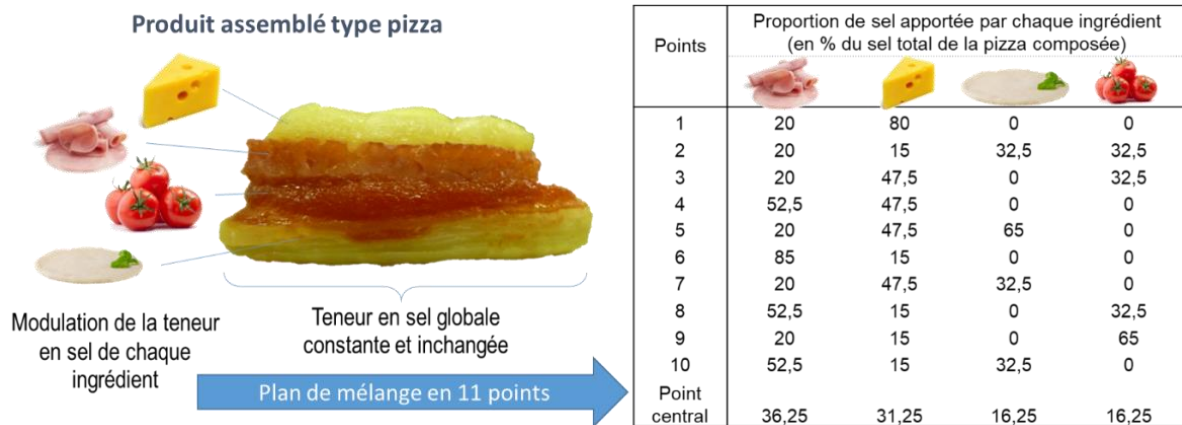


**Figure 4** : Schéma de principe de la stratégie de la pâte à pizza réduite en sel du programme PLEASURE. Après avoir réduit la quantité de sel dans la pâte de plus de 50% (vs nominal), 25% du sel nominal (sel enrobé dans une cire, taille environ 1 à 2 mm de diamètre) a été réparti dans la pâte au laminage. La pâte ainsi obtenue était réduite en sel mais offrait une perception salée nettement supérieure à celle du témoin (100% du sel nominal).

### **3.2.2 Mise en œuvre de la répartition hétérogène du sel dans un produit assemblé type pizza (Guilloux, 2015)**

Une des finalités du programme PLEASURE était la fabrication d'un produit assemblé type pizza, réduite en sel. Après avoir mis au point la pâte, la stratégie de la modulation spatiale a été déployée sur les divers compartiments d'une mini pizza modèle comportant de la pâte, du jambon, du fromage et une sauce tomate, avec comme cible une réduction globale de 30% en sel. La distribution spatiale non homogène du sel a été créée en modulant la répartition du sel entre les ingrédients (en modifiant leur teneur en sel) sans modifier la teneur totale en sel de la pizza, l'objectif étant de déterminer l'importance de chaque ingrédient dans la participation à la saveur salée globale de la pizza, afin de réduire au maximum le sel « non perçu » et de renforcer le « sel efficace ».

Pour chacun des ingrédients (pâte, fromage, jambon et sauce tomate) la gamme de teneur en sel applicable a été préalablement déterminée par les contraintes technologiques de production des ingrédients. Ainsi, la pâte et la sauce tomate pourront contenir de 0 à 65% du sel de la pizza, le fromage de 15 à 80% et le jambon de 20 à 85%. Différentes répartitions du sel au sein de la pizza ont ainsi été testées en modulant la teneur en sel de chaque ingrédient selon un plan de mélange en 11 points, la teneur en sel globale étant maintenue constante (Figure 5). La perception de la saveur salée a été suivie par 2 méthodologies sensorielles complémentaires : la méthodologie de l'Analyse Descriptive Quantitative (QDA®) pour caractériser les différences quantitatives du profil organoleptique des différentes mini-pizza en matière de goût, de texture et d'arôme et la méthodologie du Temps Intensité (TI) afin de caractériser les différences de cinétique de perception de la saveur salée pendant la dégustation du produit.



**Figure 5:** Schéma de principe de la stratégie de réduction de la teneur en sel dans une pizza. Etude de l'impact de la modulation spatiale de la répartition du sel dans une pizza réduite en sel (-30%) par modification de la teneur en sel des ingrédients qui la compose, sur la perception salée de la pizza globale.

La mini-pizza réduite globalement de 30% en sel et dont 85% du sel est localisé dans le jambon et 15% dans le fromage (pas de sel dans la pâte, ni dans la sauce) présente une note salée significativement supérieure aux autres pizzas (Guilloux et al., 2015). L'intensité de la perception salée de ce produit réduit et présentant cette répartition hétérogène caractéristique en sel augmente de 33% par rapport au produit réduit à répartition homogène, allant même jusqu'à présenter une intensité de perception salée supérieure à celle de la pizza non réduite en sel. L'analyse de la perception dynamique du salé révèle que cette pizza réduite à répartition modulée en sel pourrait développer la même perception dynamique de la saveur salée qu'une pizza de référence. Une augmentation brève et intense de cette perception semble nécessaire pour augmenter la perception de la saveur salée des produits à teneur réduite en sel et ainsi égaler la perception salée des produits non réduits.

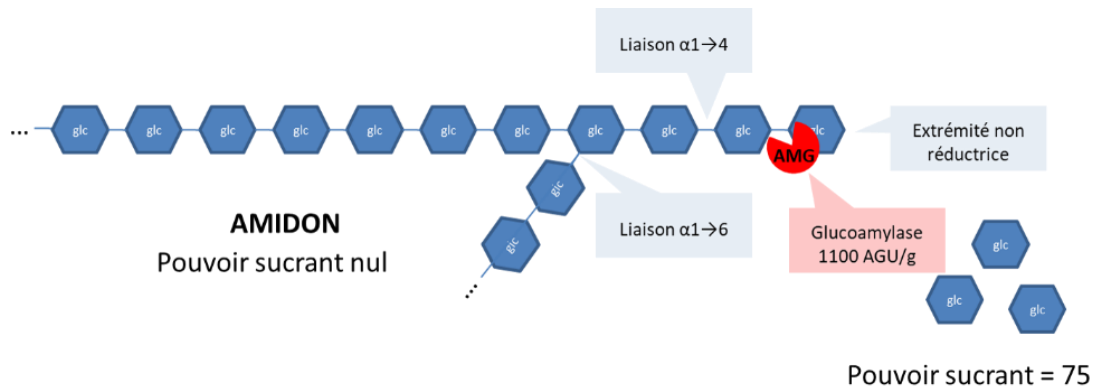
Une combinaison de cette stratégie avec le sel enrobé dans la pâte à pizza a également été mise en œuvre, la seule différence étant l'ajout de sel sous forme enrobé dans la pâte au lieu d'un ajout de sel fin classique au pétrissage. Les résultats confirment l'accentuation de la perception salée globale de la pizza contenant du sel enrobé. Dans ce contexte, la répartition optimale du sel dans les ingrédients pour une perception salée maximale est cependant modifiée. Le sel doit être placé de préférence dans la pâte (sous forme enrobée) et dans la sauce (sous forme standard) afin d'améliorer au maximum la perception salée globale de la pizza.

Ces résultats montrent l'impact important d'une simple modulation de la répartition spatiale du sel sur la perception salée d'un produit. Une réduction de 30% du sel dans une pizza peut ainsi largement être compensée par une modulation de la teneur en sel des ingrédients qui la constituent. Une réduction plus importante du sel pourrait d'ailleurs être envisagée.

### 3.3 Suppression du sucre ajouté et génération de sucres par voie enzymatique

La réduction de la teneur en sucre dans une pâte céréalière est un sujet complexe, le sucre jouant un rôle technologique non négligeable comme expliqué précédemment. Des produits « sans sucres ajoutés » sont de plus en plus proposés aux consommateurs, à l'instar des pains de mie par exemple.

L'amyloglucosidase (AMG) est une enzyme amylolytique qui permet de libérer des résidus glucose à partir de l'extrémité non réductrice de l'amidon (Figure 6). Elle ne génère donc que du glucose contrairement aux amylases qui dépolymérisent l'amidon au milieu et aux extrémités des chaînes et produisent donc des résidus de différents degrés de polymérisation, pas nécessairement sucrés.



**Figure 6:** Schéma de principe de la stratégie enzymatique utilisée dans le programme PLEASURE pour libérer du glucose (glc) sucrant (pouvoir sucrant de 75 par rapport à la molécule référence le saccharose, dont le pouvoir sucrant est fixé à 100 à partir de l'amidon de la farine (non sucrant) par action d'une amyloglucosidase (AMG).

L'amyloglucosidase est utilisée en recherche pour mesurer le degré de gélatinisation de l'amidon (Shetty et al., 1974 ; Varriano-Marston et al., 1980) ou plus généralement le degré d'accessibilité de l'amidon (Eynard et al., 1995 ; Guerrieri et al., 1997). En industrie, elle est utilisée en combinaison avec des amylases afin de produire des sirops de glucose à haute teneur en glucose (96 à 98 %). L'AMG est également utilisée comme auxiliaire technologique dans beaucoup de filières alimentaires comme la filière brassicole, la filière de production des alcools ou la filière des produits de boulangerie et pâtisseries industrielles (Siddhartha Kumar et al., 2012).

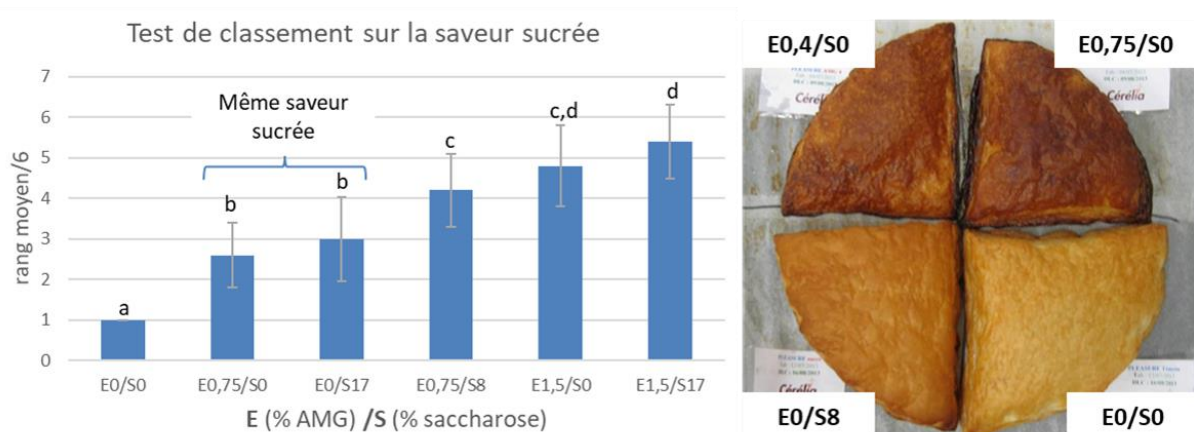
Dans une pâte, très riche en amidon, on attend de cette enzyme une production accrue de glucose. Cependant, de nombreux auteurs ont montré que l'activité de l'AMG sur l'amidon natif, c'est-à-dire dans la farine ou la pâte crue, est très faible (Eynard et al., 1995 ; Gerrard et al., 1997 ; Guerrieri et al., 1997 ; Shetty et al., 1974). Précédemment mise en œuvre dans le cadre du programme européen FRESHBAKE<sup>1</sup>, cette enzyme a pourtant induit une coloration rapide de la croûte de pains en favorisant les réactions de Maillard, permettant alors de réduire l'énergie en cuisson. Sur le plan sensoriel, une saveur sucrée était apparue dans les pains.

C'est sur cette base que les travaux sur l'intérêt de l'AMG ont été poursuivis dans le cadre du programme PLEASURE afin de réduire la teneur en sucre ajouté dans les produits de BVP. Cette « stratégie enzymatique » consiste à produire, à partir d'amidon, polysaccharide présent en grande quantité dans les produits céréaliers mais ne présentant aucun pouvoir sucrant, une grande quantité de glucose, monosaccharide présentant un pouvoir sucrant important. Les travaux menés dans le cadre du programme PLEASURE et du programme BPI « PIAVE Econutricake » (2016-2018) ont permis de mieux comprendre l'activité de cette enzyme dans les produits céréaliers en travaillant sur des pâtes modèles, et de tester des applications en pâte réelle afin de juger de la « faisabilité » de cette approche.

En pâte modèle, les objectifs étaient de comprendre les impacts du procédé (notamment du couple temps/température) et de la composition du milieu environnant (teneur en eau, présence de sucre, matières grasses) sur l'expression de l'activité de l'enzyme. Pour cela l'activité de l'AMG a été étudiée dans différentes conditions représentant les différentes étapes retrouvées classiquement dans les procédés de fabrication des produits céréaliers, c'est-à-dire le pétrissage/mélange, le repos/fermentation à chaud, un stockage réfrigéré, et durant l'étape de cuisson. Ces tests ont été réalisés à différents teneurs en eau, en matières grasses et en saccharose afin de simuler l'environnement retrouvé dans les différents types de produits céréaliers (biscuits, cakes, pains de mie, pâtes laminées). L'activité de l'AMG a été évaluée en mesurant la teneur en glucose dans les échantillons par Chromographie Liquide Haute Performance (HPLC).

<sup>1</sup> Projet FP6 coordonné par ONIRIS, 2006-2009

Dans le cadre du programme PLEASURE, il a été montré que l'ajout d'AMG à une pâte modèle (type détrempe de pâte feuilletée) entraîne une libération significative de glucose durant la fabrication de la pâte, par une action de l'enzyme sur l'amidon endommagé, et durant sa cuisson, par une action de l'enzyme sur l'amidon gélatinisé (Diler, 2014 ; Diler *et al.*, 2015). En présence de saccharose dans la pâte, l'activité de l'AMG et la libération de glucose dans les pâtes au cours du procédé de fabrication n'est pas impactée. Lors de la cuisson en revanche, l'augmentation de la température de gélatinisation de l'amidon provoquée par le saccharose entraîne une diminution de la durée d'action de l'AMG sur l'amidon gélatinisé (avant dénaturation de l'enzyme). La teneur en glucose libéré pendant la cuisson de ces pâtes est donc inférieure à celle libérée en absence de saccharose. Le glucose ainsi libéré entraîne un développement significatif de la saveur sucrée des produits, dépendant de la teneur en AMG utilisée (Figure 7). Dans les conditions de cette étude, l'ajout de 0,75% d'AMG en base farine, soit environ 0,5% en masse de pâte, (produit E0,75/S0) permet de développer une saveur sucrée comparable à celle obtenue pour le produit ne contenant pas d'AMG et 17% de saccharose en base farine, soit 9,8% en masse de pâte (produit E0/S17). L'ajout d'AMG à hauteur de 1,5% sur base farine à une pâte contenant 17% de saccharose entraîne une augmentation significative de sa perception sucrée (rang moyen du produit E1,5/S17 significativement supérieur à celui du produit E0/S17). La substitution de la moitié du saccharose par 0,75% d'AMG vient plus que compenser la baisse de perception sucrée puisque le produit E0,75/S8 est perçu plus sucré que le produit E0/S17.



**Figure 7:** Perception sucrée (obtenue par classement sensoriel sur la saveur sucrée) et aspect de produits formulés avec différentes teneurs en enzyme AMG (E) et en saccharose (S). Les produits portant une lettre commune ne sont pas significativement différents.

D'autres travaux plus récents (Projet BPI « PIAVE Econutricake » 2016-2018, non encore publiés) ont complété les premiers résultats obtenus dans le cadre du programme PLEASURE en précisant le rôle joué par d'autres constituants et/ou paramètres du procédé dans le mécanisme d'action de l'AMG. La présence de matières grasses pénalise ainsi l'activité de l'AMG, selon un effet dose dépendant. En revanche, l'augmentation de la teneur en eau de la pâte et l'augmentation de la durée et de la température de la phase de repos favorisent grandement l'activité de l'enzyme, dès lors que le substrat n'est pas limitant. Il semble ainsi démontré que la teneur en amidon endommagé de la farine est un point crucial de cette stratégie enzymatique. Des applications de la stratégie en pain de mie ont donné des résultats très prometteurs, en augmentant sensiblement la saveur sucrée d'un pain de mie sans sucre ajouté. La phase de fermentation et la faible saveur sucrée attendue dans un pain de mie contribue au succès de la mise en œuvre de cette stratégie de réduction de sucre dans ce type de produit. L'application en biscuit ou cake, matrices plus grasses, plus sèches et ne présentant pas de phase de fermentation semble plus délicate à mettre en œuvre. Cette stratégie reste toutefois discutable sur le plan nutritionnel. Les produits obtenus peuvent prétendre à l'allégation « sans sucre ajouté », dans la mesure où elle est associée à la mention « contient des sucres naturellement ».

présents ». Le produit contient en effet du glucose natif en plus grande quantité, ce qui est optimal dans le cadre d'une démarche visant à réduire les sucres ajoutés mais plus discutable au niveau des propriétés nutritionnelles globales du produit.

## Conclusion

Les stratégies de réduction de sel, sucre et matières grasses demeurent des enjeux d'actualité pour l'ensemble des industries agroalimentaires. Outre les stratégies basées sur les substituts, la stratégie s'appuyant sur une démarche « procédé » et sur une structuration des matrices avec une modulation spatiale reste encore sous-exploitée. Les résultats obtenus lors du programme européen de recherche PLEASURE, et dans le cadre d'autres projets de l'équipe Matrice Aiment Procédé Structure Sensoriel (MAPS<sup>2</sup>) du laboratoire ligérien de GÉnie des Procédés-Environnement-Agroalimentaire (GEPEA) montrent comment la modification de la structure d'un produit via une démarche « procédé », permet de moduler la réponse sensorielle perçue. Il est possible, en modifiant la répartition spatiale du sel dans une pizza par modulation de la teneur en sel des ingrédients qui la compose, d'en accentuer la perception salée tout en réduisant la teneur globale en sel. De la même façon, concentrer le sel dans certaines zones du produit, par utilisation de grains de sel enrobés, permet également, par le même principe de répartition hétérogène du sel, d'augmenter la saveur salée d'une pâte à pizza. Les résultats démontrent que cette stratégie permet une réduction significative de la teneur en sel (-25 à -30%), et pourrait même permettre des réductions en sel plus importantes. Concernant la réduction du sucre, des stratégies analogues basées sur une répartition hétérogène du sucre dans les produits pourraient être mises en œuvre. Ces stratégies séduisantes doivent toutefois prendre en compte les contraintes réglementaires et l'utilisation des allégations « nutritionnelles » ainsi que leur acceptation par les consommateurs. La stratégie de modulation spatiale n'a pas de cadre réglementaire ; outre cet avantage réglementaire, cette stratégie offre le double avantage de pouvoir réduire la teneur en sel ou en sucre de manière effective au bénéfice de la santé du consommateur tout en apportant une perception salée-sucrée convenable.

## Références bibliographiques

- Anses, 2017. Étude individuelle nationale des consommations alimentaires 3 (INCA 3) Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective. Saisine n° « 2014-SA-0234 »
- Beck M., Jekle M., Becker T., 2011. Starch re-crystallization kinetics as a function of various cations. *Starch/Stärke* 00, 1–9.
- Beck M., Jekle M., Becker T., 2012. Sodium chloride - sensory, preserving and technological impact on yeast-leavened products. *International Journal of Food Science and Technology* 47, 1798-1807.
- Bolhuis D.P., Temme E.H.M., Koeman F.T., Noort M.W.J., Kremer S., Janssen A.M., 2011. A Salt Reduction of 50% in Bread Does Not Decrease Bread Consumption or Increase Sodium Intake by the Choice of Sandwich Fillings. *Journal of Nutrition* 141, 2249-2255.
- Chiotelli E., Rolee A., Le Meste M., 2004. Rheological properties of soft wheat flour doughs: Effect of salt and triglycerides. *Cereal Chemistry* 81, 459-468.
- Cauvain S.P., Young L.S., 2006. *Baked Products: Science, Technology and Practice*. 228p.
- Davidson I., 2016. *Biscuit baking technology. Processing and Engineering Manual*. Second edition.
- Diler G., 2014. Contribution à la réduction de sucre et de sel dans les matrices céréalières. Approches alternatives aux substituts. Thèse de Doctorat, ONIRIS, Nantes, France, 231 p
- Diler G., Chevallier S., Pöhlmann I., Guyon C., Guilloux M., Le-Bail A., 2015. Assessment of amyloglucosidase activity during production and storage of laminated pie dough. Impact on raw dough properties and sweetness after baking. *Journal of Cereal Science* 61, 63-70.
- Diler G., Chevallier S., Le-Bail A., 2016a. Impact du sel sur le développement des propriétés caractéristiques d'une pâte modèle à base de farine de blé au cours du pétrissage. *Industries Alimentaires et Agricoles*, Novembre-Décembre 2016, 7-12.



- Diler G., Le-Bail A., Chevallier S., 2016b. Salt reduction in sheeted dough: A successful technological approach. *Food Research International* 88, 10–15.
- Eynard L., Guerrieri N., Cerletti P., 1995. Modifications of starch during baking - Studied through reactivity with amyloglucosidase. *Cereal Chemistry* 72, 594-597.
- Gerrard J.A., Every D., Sutton K.H., Gilpin M.J., 1997. The role of maltodextrins in the staling of bread. *Journal of Cereal Science* 26, 201-209.
- Girgis S., Neal B., Prescott J., Prendergast J., Dumbrell S., Turner C., Woodward M., 2003. A one-quarter reduction in the salt content of bread can be made without detection. *European Journal of Clinical Nutrition* 57, 616-620.
- Guerrieri N., Eynard L., Lavelli V., Cerletti P., 1997. Interactions of protein and starch studied through amyloglucosidase action. *Cereal Chemistry* 74, 846-850.
- Guilloux M., Prost C., Courcoux P., Le-Bail A., Lethuaut L., 2015. How inhomogeneous salt distribution can affect the sensory properties of salt-reduced multi-component food: contribution of a mixture experimental design approach applied to pizza. *Journal of Sensory Studies* 30, 484–498.
- Guilloux M., 2015. Distribution inhomogène du sel : Influence sur la perception salée d'aliments assemblés à teneur globale réduite en sel. Thèse de Doctorat, ONIRIS, Nantes, France, 327 p
- Konitzer K., Pflaum T., Oliveira P., Arendt E., Koehler P., Hofmann T., 2013. Kinetics of Sodium Release from Wheat Bread Crumb As Affected by Sodium Distribution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 10659-10669.
- Lawrence G., Salles C., Septier C., Busch J., Thomas-Danguin, T., 2009. Odour-taste interactions: A way to enhance saltiness in low-salt content solutions. *Food Quality and Preference* 20, 241-248.
- Noort M.W.J., Bult J.H.F., Stieger M., Hamer R.J., 2010. Saltiness enhancement in bread by inhomogeneous spatial distribution of sodium chloride. *Journal of Cereal Science* 52, 378-386.
- Noort M.W.J., Bult J.H.F., Stieger M., 2012. Saltiness enhancement by taste contrast in bread prepared with encapsulated salt. *Journal of Cereal Science* 55, 218-225.
- Raghavan C.V., Babu R.S., Chand N., Rao P.N.S., 1996. Response surface analysis of power consumption of dough sheeting as a function of gap, reduction ratio, water, salt and fat. *Journal of Food Science and Technology-Mysore* 33, 313-321.
- Shetty R.M., Lineback D.R., Seib P.A., 1974. Determining the Degree of Starch Gelatinization. *Cereal Chemistry* 51, 364 - 375.
- Siddhartha Kumar M., Chandana Lakshmi M.V.V., Sridevi V., Manasa M., 2012. Glucoamylases: types, microbial sources and potential applications - a review. *International Journal of Science Innovations and Discoveries* 2, 74-83.
- Thomas-Danguin T, Sinding C, Tournier C, Saint-Eve A., 2016. Multimodal interactions. In: Etiévant P, Guichard E, Salles C, Voilley A, eds. *Flavor: From food to behaviors, wellbeing and health*. Oxford, UK: Elsevier; 2016:121-141.
- Varriano-Marston E., Ke V., Huang G., Ponte J., 1980. Comparison of methods to determine starch gelatinization in bakery foods. *Cereal Chemistry* 57, 242-248.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0).



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL ou DOI).