

Évaluation du risque sulfites dans la filière «crustacés»

S. DAHANI¹, S. KANDIL², N. BOUCHRITI²

(Reçu le 01/08/2017; Accepté le 19/09/2017)

Résumé

L'objectif de ce travail est de statuer sur l'utilisation des sulfites dans la filière des crustacés. Les sulfites sont des additifs utilisés par les professionnels pour prévenir la mélanose des crustacés. L'étude a été conduite par l'analyse des notifications du RASFF, des enquêtes auprès des armateurs (n=27) et deux établissements de conditionnement, ainsi que la détermination des teneurs résiduelles en SO₂ dans 22 échantillons par la méthode officielle de Monier Williams et celle des bandelettes. L'analyse des données du RASFF entre 1981 et 2015 a montré qu'au sein des produits de la pêche, les crustacés ont fait l'objet de 8,7 % des notifications, et que les sulfites en sont le principal motif. Les enquêtes montrent que la sulfitation est une pratique courante. Les professionnels utilisent des préparations de sulfites à raison de 2 %. L'addition des sulfites fait l'objet d'un contrôle strict par les services vétérinaires. Les teneurs de sulfites trouvées par la méthode officielle varient entre 7 et 280 ppm avec une moyenne de 64,3 ppm. La technique des bandelettes a donné des valeurs sûres pour les teneurs faibles (<50 ppm) et des résultats mitigés pour les teneurs élevées. Une évaluation du risque a permis de montrer que la quantité journalière de sulfites, toutes origines confondues, qu'un consommateur adulte de 60 kg peut ingérer sans danger est de 42 mg. La quantité de SO₂ présente dans une ration de 200 g selon la moyenne obtenue est de 12,9 mg, ce qui constitue 30,7% de la Dose journalière admissible (DJA). Les crustacés analysés sont donc dénués de tout risque pour le consommateur. La conformité de la quasi-totalité des échantillons confirme la pertinence de l'approche corégulation dans la maîtrise du risque sanitaire des sulfites.

Mots-clés: Crustacés, sulfites, analyse, risque, sulfitation, corégulation, Maroc.

Sulphites risk assessment in the crustacean sector

Abstract

The main objective of this work is to evaluate the use of sulphites in crustacean sector. Sulphites are additives used by professionals to prevent melanosis in crustaceans. The study was based on data analysis of the notifications of the Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF), surveys with shipowners (n=27) and two packing companies as well as the determination of residual SO₂ content in 22 samples by the two methods, the Monier Williams (official method) and the strips technique. The analysis of RASFF data between 1981 and 2015 revealed that crustaceans accounted for 8.7 % of notifications concerning fishery products and that sulphites were the main reason. The results of surveys showed that the use of sulfiting agents is a common practice in the crustacean sector. Professionals use sulphite preparations at a rate of 2 % and its use is strictly controlled by veterinary services. The sulphite content found by the official method ranged from 7 to 280 ppm with an average of 64.3 ppm. The strips technique yielded accurate values for low levels (<50 ppm) and mixed results for high levels. A risk assessment showed that the daily amount of sulphite, of all origins, a 60 kg adult consumer can safely ingest is 42 mg. The amount of SO₂ obtained in a 200 g portion, based on the average, was 12.9 mg, which constitutes 30.7% of the Acceptable Daily Intake (ADI). Crustaceans analyzed are thus free of any risk to the consumer. The conformity of almost all the samples confirmed the relevance of co-regulation in controlling the health risk of sulphites.

Keywords: Crustacean, sulphites, analysis, risk, sulphite, use of sulfiting agents, co-regulation, Morocco.

INTRODUCTION

Le secteur de la pêche occupe une place considérable dans l'économie du Maroc, vu ses ressources halieutiques relativement abondantes, sa proximité géographique avec les marchés extérieurs et son rapprochement commercial avec certains pays (UE, USA). La filière des crustacés est l'une des activités économiques les plus importantes dans ce secteur dont plus de 50 % de la production est destinée à l'exportation. Elle est pratiquée par 595 chalutiers côtiers actifs ciblant les espèces démersales et 64 chalutiers crevettiers congélateurs (http://www.inrh.ma/sites/default/files/etatdesstocks_rectifie_le11juin2015_0.pdf, État de stocks et des pêcheries, INRH 2013, consulté

le 15/07/2017). La production des crustacés est d'environ 5716 tonnes en 2015, ce qui correspond à une valeur 2,6 Milliards de dirhams (Ministère des Pêches Maritimes, 2015). Toutefois, les crustacés sont sujets à l'apparition de taches noires. Ce phénomène, appelé noircissement enzymatique ou mélanose, ne présente aucune toxicité mais conduit à une forte dépréciation de la qualité organoleptique ce qui réduit considérablement leur valeur commerciale. Afin d'éviter le noircissement, les professionnels traitent les crustacés par les sulfites, additifs qui ont des propriétés anti-oxydantes. Ces additifs alimentaires autorisés font l'objet d'une réglementation sur les résidus de SO₂ selon le moule. Ils sont considérés comme absents lorsque leur concentration est inférieure à 10 ppm.

¹ Service Vétérinaire Préfectoral de Tanger-Assilah, ONSSA, Tanger, Maroc (dahanisaid@gmail.com)

² Unité d'Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale, Département de Pathologie et Santé Publique Vétérinaires, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc (bouchriti@gmail.com, kandilalma@gmail.com)

Les normes des sulfites pour les produits destinés au marché national sont régies par l'arrêté conjoint du Ministre de l'Agriculture et de la Pêche Maritime et du Ministre de la Santé n°1795-14 du 14 mai 2014 fixant la liste et les limites des additifs alimentaires autorisés à être utilisés dans les produits primaires et les produits alimentaires ainsi qu'aux indications que doivent porter leurs emballages. Ceux destinés à l'Union Européenne (UE) sont régis par la directive 95/2/CE du Parlement Européen et du Conseil du 20 février 1995, concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants.

La maîtrise du danger sulfites est effectuée par les professionnels et les services vétérinaires de l'Office National de Sécurité Sanitaire des Produits Alimentaires (ONSSA). Les professionnels procèdent à un suivi systématique des sulfites en utilisant des registres dans le cadre de l'auto-contrôle, respectent le pourcentage recommandé par les fabricants des préparations des sulfites (2%) et réalisent des analyses. Les services vétérinaires effectuent un contrôle analytique officiel des crustacés d'une manière systématique en réalisant des prélèvements pour s'assurer de la conformité du produit fini par rapport aux normes réglementaires.

L'objectif de ce travail est de statuer sur l'utilisation et la place qu'occupent les sulfites dans la filière des crustacés et de déterminer les teneurs résiduelles en SO_2 dans la chair des crustacés provenant de la production nationale en rapport avec un traitement à bord. En outre, une analyse des données du système d'alerte rapide européen des aliments et aliments pour animaux (RASFF: Rapid Alert System for Food and Feed) a été réalisée en vue de déterminer le profil sanitaire des crustacés. En prenant en considération la NOAEL (No Observable Adverse Effect Level) et la dose journalière admissible (DJA) des sulfites, une évaluation du risque «sulfites» dans les crustacés a été réalisée.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Ce travail a été conduit sous forme:

- D'une analyse des données RASFF relatives aux notifications concernant les crustacés;
- D'enquêtes auprès des armateurs de la pêche hauturière (21 armateurs), côtière (6 armateurs) et deux établissements de conditionnement des produits de la pêche au niveau du port de Tanger;
- De recherche des résidus de sulfites au sein de 22 échantillons de crustacés par la méthode officielle de Monier Williams (MW) et la méthode semi-quantitative des bandelettes. Un examen sensoriel des échantillons prélevés est effectué avant l'analyse des échantillons.

Analyse des données RASFF

Le RASFF est le système d'alerte rapide pour les denrées alimentaires et aliments pour animaux. C'est un réseau d'échange d'informations d'ordre sanitaire entre les autorités compétentes européennes. Il représente l'un des principaux outils utilisés pour réagir sans délais aux crises concernant la sécurité des denrées alimentaires afin d'écartier les risques qui peuvent toucher les

consommateurs. Il vise l'échange rapide d'informations entre les états membres et la coordination des réactions aux menaces en matière de sécurité sanitaire des aliments (SSA). La Commission Européenne est tenue d'informer un non-membre du RASFF (pays tiers) lorsqu'un produit provenant de ce pays fait l'objet d'une notification. Ce pays peut ainsi prendre des mesures correctives et éviter que le problème ne se reproduise à l'avenir. Le portail RASFF permet de faire une recherche par pays de provenance et de destination, par danger, par nature et période de notification et par catégorie de produit.

Enquêtes

Les enquêtes ont été menées en utilisant un questionnaire traitant des caractéristiques générales des établissements, des espèces de crustacés traitées, de l'utilisation des sulfites et de la perception du danger des sulfites.

Recherche des résidus SO_2

La méthode officielle MW se base sur l'entraînement, par un courant d'azote, du dioxyde de soufre extrait du produit acidifié et chauffé, sa fixation et son oxydation par barbotage dans une solution neutre diluée de peroxyde d'hydrogène puis le dosage de l'acide sulfurique formé par une solution titrée d'hydroxyde de sodium.

La technique des bandelettes consiste en une réaction colorimétrique, qui utilise des bandelettes en plastique pour la détermination semi-quantitative rapide des sulfites. Il suffit, après avoir trempé la bandelette dans la solution à analyser pendant 1 seconde, de comparer la zone test de la bandelette avec l'échelle de couleur située sur le tube tout en respectant le temps d'attente avant la lecture qui est de 20 secondes.

Examen sensoriel

Un examen sensoriel des échantillons prélevés est effectué avant leur analyse selon le règlement (CE) 2406/96 du conseil du 26 novembre 1996 fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche. L'inspection des crustacés repose sur l'aspect de la carapace, l'état de la chair, la présence de fragments, la couleur et l'odeur.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Analyse des notifications du RASFF relatives aux crustacés et produits dérivés

L'analyse des notifications du RASFF durant la période 1981-2015 a montré que le nombre des notifications pour les produits de la pêche en provenance du Maroc est de 348. Au cours de cette période de 34 années, la moyenne est donc de 10 notifications par an. Ce nombre est une valeur absolue dont la signification ne peut être étayée avec pertinence que s'il est rapporté au nombre d'exportations ou comparé avec les notifications relatives à d'autres pays exportateurs. D'après cette analyse, on constate que les poissons et produits dérivés sont en première position avec 246 (70,7%) notifications, viennent ensuite les céphalopodes et les produits dérivés avec 64 notifications (18,4%),

puis les crustacés et produits dérivés avec 30 notifications (8,7 %) et enfin les mollusques bivalves et produits dérivés avec 8 notifications (2,2 %).

Les motifs des notifications des crustacés sont multiples, mais ils sont dominés par les teneurs élevées en sulfites suivis par la rupture de la chaîne de froid et la fraude. La présence d'additifs est le problème capital pour les crevettes, les langoustines, et les homards. Dahani *et al.*, (2017) ont montré qu'entre 1981 et 2015, il y avait une prédominance des notifications concernant les crevettes par rapport aux autres espèces des crustacés avec 55,1%. Les additifs sont le motif principal des notifications des crustacés avec un pourcentage de 75 %. Plusieurs additifs sont utilisés pour la conservation des produits de la pêche, mais les notifications concernant ce motif sont représentées essentiellement par les sulfites, et elles ont touché principalement les crustacés. Cette substance est autorisée et communément employée pour la prévention de l'apparition de taches noires sur les crustacés. Une utilisation abusive de ce produit s'accompagne de teneurs élevées en résidus SO₂ qui peut conduire à de graves réactions allergiques chez les personnes sensibles, surtout les asthmatiques.

Résultats de l'enquête

Donnés sur les professionnels enquêtés

L'enquête a été réalisée auprès de 27 bateaux de pêche dont 21 (72,4 %) de pêche hauturière et 6 (20,6 %) de pêche côtière ainsi que 2 unités de conditionnement des produits de la pêche. La capacité moyenne de production des bateaux de la pêche hauturière est de 29 tonnes, celle des bateaux de la pêche côtière de 16 tonnes et celle des unités de conditionnement de 5 tonnes. La durée de la marée est de 60 jours en moyenne pour les bateaux de la pêche hauturière, une telle durée justifie l'utilisation des conservateurs. Pour la pêche côtière, la durée de marée ne dépasse pas 4 jours.

Nature des espèces capturées et leur destination

Quatre espèces principales sont capturées: la crevette rose (*Parapeanaeus longirostris*), la crevette rouge géante (*Plesiopenaeus edwardsianus*), la crevette rouge (*Aristeus* spp.) et la langoustine (*Nephrops norvegicus*). Le tableau 1 montre le nombre de bateaux ayant pêché ces quatre espèces de crustacés.

Utilisation des sulfites

Gestion des sulfites

Les sulfites sont toujours utilisés sauf dans le cas où les crustacés sont auto-consommés. Les unités de conditionnement reçoivent des crustacés traités à bord. D'autre part, tous les bateaux de la pêche hauturière mettent en œuvre et maintiennent un système d'auto-contrôle qui consiste en un suivi systématique des sulfites avec réalisation de contrôles analytiques pour s'assurer que leurs produits répondent aux prescriptions réglementaires relatives à la sécurité sanitaire. Les armateurs de la pêche hauturière disposent d'un registre des sulfites dans lequel sont consignées les quantités de crustacés capturés et les quantités de sulfites ajoutées par jour ainsi que la quantité totale utilisée pour chaque marée. Afin de ne pas dépasser la limite maximale permise, les professionnels adoptent une approche qui consiste à ce que les sulfites soient pesés dans un flacon ayant une capacité de 160 g. En pratique, un tel flacon plein de sulfites est appliqué à un panier de 6 à 8 kg de crevettes, ce qui confère un ratio sulfites/crustacés d'environ 2 %.

L'utilisation des sulfites se fait entre la classification et le conditionnement des crustacés. L'objectif principal de leur utilisation est de préserver la couleur des crustacés avec toutefois 8 % des questionnés qui ont évoqué en plus comme raison l'augmentation de la durée de conservation et 4 % la prévention contre l'altération. Or, les producteurs de crustacés destinés au marché national n'utilisent pas de registre pour les sulfites. Ces derniers sont toujours appliqués après l'étape du triage et du nettoyage en prenant des quantités au hasard à la main sans respecter la limite admise puisque nous avons noté qu'ils ignorent totalement le danger des résidus de sulfites dans le produit fini.

Méthodes d'application des sulfites

Le saupoudrage est la méthode la plus utilisée en pêche hauturière (85 %) pour les raisons suivantes : 90 % estiment qu'elle est efficace, 27 % qu'elle assure l'homogénéité et 16 % qu'elle est facile à appliquer. En pêche côtière, le saupoudrage est la seule méthode appliquée pour presque les mêmes raisons (efficacité (100 %) et homogénéité (50%). Cependant, le trempage est moins utilisé en pêche hauturière même s'il assure plus d'homogénéité et d'efficacité. La méthode d'application et la quantité de sulfites ajoutée sont fixes, quel que soit le moule.

Tableau 1: Espèces capturées durant la marée décembre-janvier 2016

Type de bateaux	Espèces de crustacés capturées	Nombre de bateaux
Pêche hauturière	<i>Parapeanaeus longirostris</i>	19
	<i>Plesiopenaeus edwardsianus</i>	11
	<i>Aristeus</i> spp.	10
	<i>Nephrops norvegicus</i>	8
Pêche côtière	<i>Parapeanaeus longirostris</i>	5
	<i>Plesiopenaeus edwardsianus</i>	1
	<i>Aristeus</i> spp.	3
	<i>Nephrops norvegicus</i>	0

La plupart des professionnels utilisent le saupoudrage comme méthode de traitement des crustacés par les sulfites. Cette méthode a donné parfois des résultats hétérogènes dans les mêmes lots. Huss (1988) a signalé que le saupoudrage est souvent inefficace, car il donne une mauvaise distribution du produit entre les pièces. Cette façon de procéder peut même conduire à un durcissement de la texture et une perte de poids.

Selon Moll et Moll (1998), le saupoudrage à sec donne lieu à des résultats plus irréguliers du fait de l'hétérogénéité de la répartition du produit dans les lots et de la quantité utilisée pour chaque lot. En outre, du fait de l'utilisation à sec, la pénétration dans la chair subit une élévation des teneurs résiduelles à partir du 4^{ème} au 6^{ème} jour de conservation.

Une seule application par saupoudrage peut parfois être inefficace; du coup les producteurs de crustacés procèdent à une deuxième sulfitation, ce qui engendre des teneurs dans la chair qui sont supérieures aux limites réglementaires (Gómez-Guillén *et al.*, 2005).

Le trempage est la méthode la plus efficace. Gómez-Guillén *et al.*, (2005) ont montré qu'un trempage des crevettes roses contenues dans un casier, dans une solution de sulfite à 50 g/kg (5 %) avec l'acide citrique et les chélateurs pendant une heure est efficace pour prévenir la mélanose pendant une semaine sans dépasser la limite de 0,3 g/kg (300 ppm). En principe, cette méthode donne une homogénéité de la répartition du produit dans les lots et les crevettes tendent à perdre les résidus de SO₂ pendant le stockage.

Après des analyses faites sur des crevettes traitées par trempage avec les sulfites et conservées sous glace, Isabel et Omar (1998) ont montré que les teneurs résiduelles en SO₂ ont baissé durant le stockage, du 3^{ème} au 7^{ème} jour. Selon Slattery *et al.*, (1991), la baisse des taux résiduels en sulfite serait due à une évaporation de SO₂ libre dans le cas de l'entreposage à des températures < 0°C. D'après Moneret-Vautrin et Kanny, (1993) et Niestijl *et al.*, (1994), la fixation du métabisulfite, lors de la prévention du noircissement des crustacés par trempage, s'effectue essentiellement sur la carapace, la pénétration dans la chair restant faible. La chair ne renferme qu'environ 2 % de la quantité totale de sulfite fixée.

Il a été signalé que la combinaison entre un conditionnement sous une atmosphère modifiée et l'ajout d'un anti-mélanotique (sulfites) a un effet important pour retarder le brunissement enzymatique par rapport à un stockage sous glace (Lyon et Reddmann, 2000; Reddy et Patange, 2012).

Lors d'une étude effectuée par Shinde *et al.*, (2013), l'utilisation des sulfites, associée à un conditionnement sous vide a augmenté la durée de conservation des crevettes et retardé l'apparition de la mélanose. En effet, en analysant 250 échantillons de crevettes (*Penaeus monodon*) ayant subi ce genre de traitement, la durée de conservation est de 24 jours. Le deuxième lot de crevettes de même espèce, traité seulement par les sulfites et entreposé sous glace, a montré des signes de noircissement dès le 16^{ème} jour. D'autre part, l'utilisation d'une atmosphère modifiée (53 % CO₂ et 7 % O₂) avec un ratio de 4% sulfites/crevettes est efficace pour prévenir le noircissement enzymatique pendant toute la durée de stockage (20 jours) (Martínez-Alvarez *et al.*, 2004).

En plus du rôle que jouent les sulfites dans la prévention de la mélanose, ils sont considérés comme des additifs alimentaires anti-microbiens (Lueck, 1980) qui agissent en particulier sur les bactéries productrices de H₂S (Suparno et Mulyanah, 1991) et les entérobactéries (Martínez-Alvarez *et al.*, 2008). Par ailleurs, Pyle et Koburger, (1984) ont montré que la charge bactérienne des crevettes est réduite de 50 %, immédiatement après leur trempage dans une solution de bisulfite de sodium.

Perception du danger des sulfites

Les armateurs sont conscients du danger des sulfites, mais ils ne connaissent pas les limites réglementaires et ils associent ce danger à des problèmes respiratoires, des intoxications, des cancers, etc. Normalement, les sulfites sont utilisés pour améliorer la qualité commerciale des crevettes en retardant le noircissement qui est dû aux réactions enzymatiques. En effet, ce sont les résidus de sulfites en particulier le SO₂, qui est dangereux surtout pour les personnes asthmatiques.

Contrôle officiel

Le contrôle officiel par les services vétérinaires de l'ONSSA est effectué sur la demande de l'armateur pour vérifier si les crustacés sont conformes aux normes sanitaires. Ce contrôle comporte les étapes suivantes: un contrôle documentaire, un contrôle d'identité et physique et un contrôle analytique qui consiste à prélever des échantillons et les adresser au laboratoire pour vérifier si les teneurs en sulfites des crustacés sont conformes à la réglementation en vigueur.

Résultats de l'examen sensoriel

D'après le règlement (CE) 2406/96 du conseil du 26 novembre 1996, l'inspection des crustacés a montré que la majorité des échantillons examinés sont satisfaisants sur le plan sensoriel (11 échantillons en catégorie Extra et 5 échantillons en catégorie A) et 6 échantillons sont altérés. La présence de ces échantillons altérés de crustacés congelés est due probablement à la rupture de la chaîne du froid et aux conditions de transport.

Isabel et Omar (1998) ont montré que des échantillons de crevettes sans sulfites ont développé un degré intense de noircissement et une odeur ammoniacale détectée dès le 3^{ème} jour de stockage. En revanche, les crevettes traitées par trempage avec les sulfites avaient une odeur agréable durant toute la durée d'entreposage jusqu'à la fin de la période, une légère odeur ammoniacale a été détectée avec un faible degré de noircissement. Il était clair que le Na₂S₂O₅ utilisé avait un fort effet sur le développement de la mélanose. Ainsi, Suparno et Mulyanah (1991) et Yamagata et Low (1995) confirment que les crevettes traitées au Na₂S₂O₅ ont une durée de conservation supérieure à celle des crevettes non traitées.

Résultats du dosage des sulfites

Résultats du dosage par la Méthode de Monier Williams

L'analyse a porté sur 22 échantillons (16 échantillons de crevette rose, 1 échantillon de crevette rouge et 5 échantillons de langoustine). L'objectif est de contrôler les

teneurs résiduelles en sulfites dans les crustacés en rapport avec le traitement de sulfitation à bord. Le moule varie de 47 (Langoustine) à 210 unités par kilogramme (crevette rose). Le moule moyen est estimé à 133 crevettes/kg.

Afin de statuer sur l'absence de contamination résiduelle au niveau de l'appareil de distillation et d'entraînement des sulfites, nous avons réalisé 11 répétitions à blanc. La teneur moyenne est de 0,22 ppm avec un écart-type de 0,23 ppm.

Les résultats des analyses du dioxyde de soufre des échantillons de crustacés par la méthode de MW sont présentés dans le tableau 2.

La teneur moyenne varie entre les espèces. Elle est de 78,4 ppm, 67,8 ppm et 18,5 ppm respectivement pour les crevettes roses, les crevettes rouges et les langoustines. On constate que ce sont les langoustines qui présentent la teneur la plus faible en résidus de SO₂ et c'est dû principalement à la présence d'une carapace très rigide par rapport aux autres espèces qui empêche la pénétration d'une grande quantité de sulfites dans leur chair. La teneur maximale est 280 ppm constatée chez la crevette rose. Cette valeur reste inférieure à la norme qui est de 300 ppm pour un moule de plus de 120 unités/kg.

Lors d'une étude effectuée par Martínez-Álvarez *et al.*, (2008), le taux résiduel moyen de sulfites dans la chair de langoustines traitées avec une concentration sulfites/langoustine de 6 %, était de 50 ± 16,8 mg/kg, avec un taux de conformité de 100 % aux réglementations de l'UE. En effet, ces résultats sont inférieurs aux valeurs trouvées par Gómez-Guillén *et al.*, (2005) en analysant des crevettes roses traitées avec la même concentration en sulfites (6 %). Ils ont signalé que cette différence était due probablement à la présence d'une carapace beaucoup moins rigide chez les crevettes roses par rapport aux langoustines.

Répartition en classes

Le tableau 3 montre la répartition en classes de ces taux de sulfites dans la chair des crustacés. En classant l'ensemble des teneurs en résidus de SO₂, on remarque la prédominance des valeurs de la classe 0-50 ppm suivies des valeurs de la classe 100-150 ppm avec 63 % et 18 % respectivement. Enfin, on trouve les teneurs des classes 50-100 et 150-300 avec 9 % chacune. Il s'avère que la totalité des échantillons de langoustines et la majorité des échantillons de crevettes roses (63%) présentent des teneurs inférieures à 50 ppm. Ainsi, on a constaté que le reste des échantillons de crevettes roses, soit 37%, ont enregistré des teneurs plus élevées appartenant aux classes (100-150) et (150-300). Le seul échantillon de crevettes rouge analysé se trouve dans la classe de 50-100 ppm.

Tableau 2: Résultats des taux résiduels en SO₂ des crustacés analysés

Espèce	Nombre	Teneur en SO ₂ en ppm			
		Moyenne	Minimum	Maximum	Écart-type
Crevette rose	16	78,4	7,4	280,3	18,1
Langoustine	5	18,5	10,9	23,7	5,0
Crevette rouge	1	67,8	67,8	67,8	0

Tableau 3: Répartition des taux de sulfites en classes par espèce

Espèce	Classes de contamination			
	0-50 ppm	50-100 ppm	100-150 ppm	150-300 ppm
Crevette rose	9	1	4	2
Langoustine	5	-	-	-
Crevette rouge		1	-	-
Total	14	2	4	2
Pourcentage (%)	64	9	18	9

La figure 1 montre le panorama des teneurs en dioxyde de soufre pour les langoustines et les crevettes. La totalité des valeurs sont en-dessous de la limite réglementaire avec une grande proportion ne dépassant pas 50 ppm, tandis qu'on trouve exceptionnellement deux teneurs largement élevées qui se rapprochent du seuil réglementaire et qui concernent les crevettes roses.

Relation entre le noircissement et la teneur en SO₂

Le tableau 4 décrit les différentes relations entre les concentrations en SO₂ et le degré du noircissement des crevettes. On remarque que tous les échantillons analysés présentent un pourcentage de conformité de 100 %. Cependant, ces lots ne sont pas tous satisfaisants sur le plan sensoriel. En effet, la majorité des crevettes ayant des taux résiduels en SO₂ compris entre 0 et 50 ppm présentent des signes marqués d'altération à savoir un noircissement intense qui s'étend sur tout le corps. Pour les crevettes avec des teneurs comprises entre 100 et 200 ppm, un noircissement modéré est présent sur la carapace du céphalothorax et par conséquent, les crevettes ont été classées dans la catégorie A de fraîcheur. Plus il y a de sulfites, plus il y a conservation de la couleur; c'est le cas pour les échantillons contenant des concentrations en SO₂ supérieures à 200 ppm, qui présentent une couleur rose clair ce qui confirme que les crevettes sont satisfaisantes sur le plan organoleptique (catégorie Extra).

Tableau 4: Relations entre les taux résiduels en sulfites et le degré de noircissement des crustacés

Teneurs en SO ₂	Degré de noircissement
0-50 ppm	++++
50-100 ppm	+++
100-150 ppm	++
150-300 ppm	-

Résultats des analyses par la méthode des bandelettes

Parmi les 22 échantillons analysés par la méthode de MW, 18 échantillons ont été testés par les bandelettes. Leurs

résultats sont présentés dans le tableau 5. On constate d'après les résultats que 9 échantillons, soit 50 %, ont présenté une teneur de 25 ppm, 33 % ont des teneurs entre 25 et 50 ppm et seulement 16 % des échantillons ont montré des teneurs très faibles (< 10 ppm). Le tableau 6 présente les résultats d'analyse des sulfites par les 2 méthodes de dosage.

On constate à l'examen du tableau 6 que pour les faibles concentrations en SO_2 (≤ 10 ppm), la méthode de bandelettes donne des valeurs similaires à celles obtenues par la méthode de MW. Au-delà de 10 ppm, des concentrations de 11 à 143 ppm obtenues par la méthode de MW ont présenté la valeur de 25 ppm par bandelettes.

Ces résultats signifient que les échantillons avec de faibles concentrations en sulfites (inférieures à 50 ppm), donnent des teneurs acceptables par bandelette. En revanche, plus les concentrations augmentent plus cette méthode est non fiable. Le test «khi carré» montre qu'il n'y a pas une corrélation entre la méthode optimisée de MW et la méthode des bandelettes.

D'après Nordlee *et al.*, (1988), il existe plusieurs types de bandelettes pour la détermination rapide des teneurs des sulfites par les consommateurs sensibles. Ces bandelettes sont également utilisées pour contrôler la teneur en sulfites des crevettes à bord par les pêcheurs. Cependant, la fiabilité de la méthode paraît douteuse, car elle donne quelquefois des résultats faussement positifs ou faussement négatifs.

Tableau 6: Résultats des analyses des sulfites selon la méthode de bandelettes et la méthode de Monier Williams

Nombre d'échantillon	Teneur en SO_2 en ppm	
	Méthode des bandelettes	Méthode de Monier Williams
1	<10	8
2	10	8 - 10
9	25	11 - 15 - 22 - 22 - 30 - 62 - 116 - 135 - 143
6	$25 < \text{SO}_2 < 50$	23 - 24 - 31 - 35 - 45 - 200

Évaluation du risque des sulfites dans les échantillons des crustacés

Le dosage des sulfites des échantillons des crustacés a montré que les teneurs des sulfites sont conformes. Or, la question du risque de cet additif lors de la consommation de tels produits reste posée. L'évaluation du risque est une évaluation scientifique des effets néfastes connus ou potentiels résultant d'une exposition humaine à des dangers d'origine alimentaire. L'évaluation des risques comporte les quatre étapes suivantes: identification des dangers, caractérisation des dangers, évaluation de l'exposition et caractérisation des risques (ftp://ftp.fao.org/ag/agn/food/capacity_building/fr/4-1.pdf, consulté le 01/07/2017).

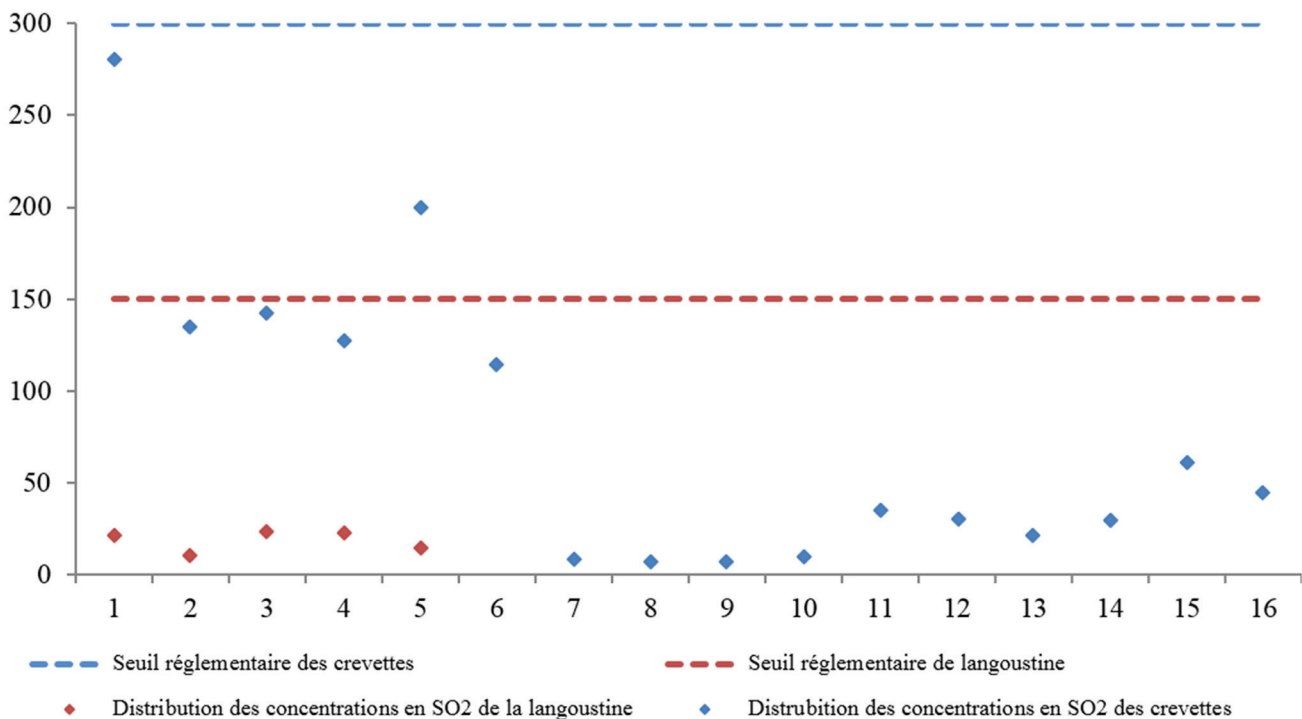


Figure 1: Distribution des concentrations en SO_2 des crevettes et la langoustine en ppm

Tableau 5: Résultats des échantillons analysés par bandelettes

Teneur en SO_2	<10 ppm	10 ppm	25 ppm	25-50 ppm	100-1000 ppm
Nombre d'échantillons	1	2	9	6	-

Identification du danger

L'identification du danger est l'identification d'agents biologiques, chimiques et physiques susceptibles de provoquer des effets néfastes pour la santé et qui peuvent être présents dans un aliment ou un groupe d'aliments particuliers (ftp://ftp.fao.org/ag/agn/food/capacity_building/fr/4-1.pdf, consulté le 01/07/2017).

Les sulfites sont des composés chimiques qui exercent une activité antimicrobienne et une activité antioxydante et sont utiles pour la maîtrise des réactions de brunissement, qu'elles soient enzymatiques ou non, et améliorent aussi l'apparence des aliments car ils inhibent le phénomène de décoloration.

À l'échelle nationale, les sulfites sont inclus dans la liste des allergènes (annexe 1: Ingrédients ou auxiliaires technologiques susceptibles de provoquer une allergie ou une intolérance du décret n°2-12-389 du 22 avril 2013 fixant les conditions et les modalités d'étiquetage des produits alimentaires) lorsque la quantité dépasse 10 mg/kg ou 10 mg/l.

Caractérisation du danger

La caractérisation des dangers est l'appréciation qualitative et/ou quantitative de la nature des effets néfastes pour la santé, provoqués par les agents biologiques, chimiques ou physiques qui peuvent être présents dans l'aliment. Pour les agents chimiques, une appréciation de la relation dose-réponse devrait être faite. Pour les agents biologiques ou physiques, une appréciation de la relation dose-réponse devrait être faite lorsque les données sont disponibles.

L'utilisation des sulfites pour la conservation des denrées alimentaires ne donne pas lieu à des accidents toxicologiques graves, notamment en cas d'ingestion de petites quantités, mais les risques d'intolérances proviennent essentiellement de l'ingestion ou d'inhalation des doses élevées du SO₂ libre ou de sulfites.

Il y a deux formes essentielles d'effets du SO₂ et des sulfites sur l'homme. La première est une toxicité générale qui cause des lésions gastriques. Une étude effectuée sur les rats alimentés avec de l'eau contenant du métabisulfite de sodium à raison de 350 mg/kg pc pendant 3 semaines, suivie par 175 mg/kg pc pendant 5 semaines, s'accompagne de lésions gastriques à la fin de la 8^{ème} semaine (EFSA, 2016). La deuxième forme est la plus importante, elle est décrite comme «intolérance idiosyncrasique». Cette hypersensibilité s'accompagne d'un bouquet de symptômes évocateurs de l'allergie incluant l'asthme, la rhinite, la rhino-conjonctivite, l'urticaire, l'œdème de la bouche et de la gorge, les maux de tête, les douleurs et les lésions gastro-intestinales et l'anaphylaxie. D'autre part, les sulfites ne présentent ni effet chronique ni pré-occupation pour la génotoxicité, la cancérogénicité et la reprotoxicité (EFSA, 2016).

Évaluation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition est l'appréciation qualitative et/ou quantitative de l'ingestion probable d'agents biologiques, chimiques et physiques par l'intermédiaire des aliments ainsi que par l'exposition à d'autres sources s'il y a lieu.

Par définition, l'exposition est la concentration ou la quantité d'une substance donnée qui est absorbée par une

personne, par une population ou par un écosystème à une fréquence spécifique, dans un intervalle de temps donné. Lorsque les experts évaluent l'exposition alimentaire des consommateurs à une substance chimique, ils combinent les données sur la concentration de cette substance dans les aliments avec la quantité de ces aliments effectivement consommés. Les enfants sont souvent davantage exposés aux substances en raison de leur niveau de consommation alimentaire plus élevé par rapport à leur poids corporel.

NOAEL et DJA

Pour procéder à l'évaluation de l'exposition, il est nécessaire de faire appel à la DES (dose sans effet) ou NOAEL et à la Dose journalière admissible (DJA) des sulfites.

La DJA est calculée pour une substance, et ne tient pas compte d'effets synergiques possibles lorsque cette substance est associée à une autre. Elle est fixée à la suite d'un examen approfondi de toutes les données et études scientifiques disponibles la concernant.

Le calcul de la DJA pour l'homme est basé sur le seuil maximum de consommation au-delà duquel les premiers effets toxiques sont observables. La NOAEL est déterminée par les expérimentations animales ou bien humaines. On obtient alors la DJA en divisant par un facteur de 100 à 1000 la NOAEL afin de prendre en compte les variations quand on extrapole de l'animal à l'homme. Ce coefficient de sécurité varie suivant la classification de la substance active, par exemple il est de 100 pour les composés non cancérogènes.

Le groupe d'experts de l'EFSA (*European Food Safety Authority*) sur les additifs alimentaires et les sources de nutriments ajoutés à l'alimentation (ANS), a montré d'après d'anciennes études effectuées sur la toxicité des sulfites (limitées au bisulfite de sodium et de potassium) à long terme sur des rats et porcs que la NOAEL est de 70 mg SO₂/kg pc/j. À des niveaux plus élevés, des irritations gastriques locales ont été détectées (EFSA, 2016). Il n'y a pas d'effet chez les rats qui ont consommé 70 mg de métabisulfite de sodium/kg pc pendant 8 semaines (WHO, 1999). L'enzyme SOX (sulfite oxydase) qui est synthétisée par le foie et qui permet l'oxydation des sulfites en sulfates non toxiques, est 10 à 100 fois plus active chez les rats que chez l'Homme (350 unités/g dans le foie des rats contre 10-25 unités/g dans le foie de l'Homme). C'est la raison pour laquelle un facteur de sécurité de 100 fois a été attribué à la NOAEL chez l'homme.

Selon le groupe d'experts mixtes FAO/OMS sur les additifs alimentaires (JECFA), chez l'Homme, la NOAEL des sulfites est de 0-0,7 mg/kg pc/j. Cette valeur a été également adoptée par l'EFSA en 2016 suite à une étude sur l'évaluation du risque des sulfites dans les aliments (EFSA, 2016).

La DJA est la quantité estimée d'une substance présente dans l'alimentation ou dans l'eau potable qui peut être consommée pendant toute la durée d'une vie sans présenter de risque appréciable pour la santé. Elle est généralement exprimée en milligrammes de substance par kilogramme de poids corporel et s'applique aux substances chimiques telles que les additifs alimentaires, les résidus de pesticides et les médicaments vétérinaires.

Le groupe d'experts de l'EFSA a conclu que la valeur de la DJA établie (0,7 mg/kg pc /j) resterait adéquate mais devrait être considérée comme temporaire, en attendant que la base de données soit améliorée, puisque les produits de réaction des sulfites apparaissant dans divers aliments et boissons ne sont pas encore bien caractérisés. Les données sur leur absorption et leur toxicité restent encore limitées, suite à l'absence d'études spécifiques d'absorption, de distribution, de métabolisme et d'excrétion de ces produits. Il existe aussi des différences de stabilité et de réactivité des sulfites lorsqu'ils sont utilisés dans les boissons ou les aliments (EFSA, 2016).

D'après Leclercq et al., (2000), l'analyse des données de consommation spécifiques a confirmé l'existence d'un risque de dépassement de la DJA liée aux niveaux des résidus des sulfites présents dans l'aliment. Cette étude a montré que les régimes obtenus à partir des aliments riches en sulfites entraîneraient une prise de 23 mg/j chez les enfants de 30 kg et 50 mg/j chez les adultes de 60 kg, et ces deux valeurs sont au-dessus de la DJA. Les produits alimentaires testés qui contiennent des sulfites ajoutés sont au nombre de 211 échantillons, d'aliments et de boissons (dont 85 échantillons de vin).

Les résultats d'une étude réalisée en Espagne par Amiano et al., (2013), basée sur des enquêtes effectuées sur des données de consommation provenant de 8417 adultes (1992-1995) et 1055 enfants (2004-2005), ont montré que l'exposition alimentaire moyenne aux sulfites était de 0,08 mg/kg pc/j. Dans le groupe global d'enfants (4-18 ans), la DJA n'est dépassée que dans 11 % des cas. Pour les adultes (35-65 ans), la DJA n'était dépassée que dans 45 % des cas. Les principaux aliments contributifs étaient la viande hachée, d'autres produits à base de viande (pour les enfants) et le vin (pour les adultes).

De manière générale, l'exposition alimentaire totale aux sulfites est différente selon les pays en raison de différents modes d'utilisation des sulfites dans les aliments et de la consommation d'aliments auxquels des sulfites peuvent être ajoutés. Les fruits secs, les saucisses et les boissons non alcoolisées ont été les principaux contributeurs des sulfites dans certains pays, tandis que dans d'autres, ces aliments sont généralement produits sans l'utilisation des sulfites. Chez les enfants et les adolescents, une contribution significative à l'exposition moyenne aux sulfites peut provenir des jus de fruits, des boissons gazeuses, des saucisses, des diverses formes de pommes de terre transformées, des fruits secs et de noix. D'autres contributions importantes à l'exposition alimentaire dans la population adulte proviennent des fruits secs, des saucisses et notamment du vin et de la bière (<http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=289> consulté le 27/06/2017).

Ainsi, en 2016, l'EFSA a recommandé que la DJA devrait être réévaluée et a noté que les études recommandées pourraient nécessiter 5 ans pour l'achèvement (EFSA, 2016).

Application aux résultats de cette étude

Chez l'Homme, la NOAEL des sulfites actuellement admise est de 0-0,7 mg/kg pc/j. Pour un homme adulte de

60 kg, la quantité de sulfites, toutes origines confondues, qu'il peut ingérer sans danger est de 42 mg (60*0,7) et pour un enfant de 15 kg, elle est de 10,5 mg.

Chez un individu adulte de 60 kg, la teneur de 42 mg en SO₂ peut être considérée comme une teneur maximale dénuée de tout risque suite à l'exposition à un aliment ou à une combinaison d'aliments riches en sulfites. La tolérance individuelle à l'exposition de SO₂ dépend d'une part du poids corporel et d'autre part de la sensibilité individuelle.

Dans les conditions marocaines, nous allons supposer qu'une ration (un service ou une consommation) de crustacés est constituée de 200 g pour un consommateur adulte de 60 kg, avec une fréquence de consommation d'une fois par semaine. Si la ration est constituée de 200 g de crustacés, la quantité en sulfites qui pourrait être présente dans le produit frais, en se référant à la valeur moyenne obtenue (64,3 ppm) est de 12,9 mg.

Cette quantité serait-elle dangereuse pour le consommateur ? Pour répondre à cette question, nous avons procédé à un raisonnement par rapport à la NOAEL et à la DJA des sulfites (ces deux paramètres sont intimement liés) pour vérifier si la quantité de 12,9 mg est dangereuse pour un consommateur de 60 kg.

Dans une ration de 200 g de crustacés, la conformité à la DJA se présente dans les échantillons ayant une teneur inférieure ou égale à 42 mg/60 kg pc, qui représentent 95,5 %. Pour une ration 200 g de crustacés contenant une quantité maximale de 42 mg, la teneur correspondante par kg est de 210 mg.

Caractérisation du risque

Pour la population générale

La caractérisation des risques est l'estimation qualitative et/ou quantitative, incluant les incertitudes qui lui sont associées, de la probabilité de survenue et de la gravité des effets néfastes sur la santé, connus ou potentiels, d'une population donnée, basée sur l'identification des dangers, la caractérisation du risque et l'évaluation de l'exposition. La caractérisation du risque constitue l'output de l'évaluation du risque. Elle consiste à déterminer le taux de morbidité, le taux de mortalité/létalité (s'il y a lieu), le taux d'attaque, les séquelles, etc.

Il y a lieu donc à distinguer entre positivité et non-conformité des échantillons. Tout échantillon contenant des sulfites peut être considéré comme positif et tout échantillon contenant une teneur dépassant les normes réglementaires est considéré non conforme.

Chez un individu adulte de 60 kg et en fonction de la DJA admise (0,7 mg/kg pc/j), la teneur de 42 mg en SO₂ peut être considérée comme une teneur maximale dénuée de tout risque pour le consommateur à l'exposition d'un aliment ou d'une combinaison d'aliments riches en sulfites. Comme nous l'avons montré dans cette étude, la quantité moyenne de SO₂ qui serait présente dans une ration de crustacés de 200 g est de 12,9 mg. Cette quantité représente 30,7 % de la DJA. En d'autres termes, cette ration apporte près du tiers des apports quotidiens en sulfites.

D'après la réglementation nationale, pour les crustacés, la teneur maximale autorisée des sulfites est de 300 ppm. Une ration de 200 g contiendrait donc une teneur de sulfites de 60 mg. Cette teneur réglementaire est donc 1,4 fois supérieure à la DJA (42 mg/60 kg pc/j). La teneur fixée par voie réglementaire est donc surestimée, car ne tenant pas compte de l'évaluation du risque.

Comme il a été indiqué auparavant, un consommateur marocain adulte de 60 kg peut tolérer une quantité maximale de 42 mg de sulfites. Les teneurs tolérées en sulfites varient selon le poids corporel des consommateurs. Pour la population générale, le danger peut se manifester d'une part, dans l'intoxication suite à la consommation des crustacés contaminés et d'autre part, dans les effets indésirables directs des sulfites liés directement à l'absorption des doses qui dépassent le seuil de tolérance individuelle (Effets gastro-intestinaux et/ou allergiques).

Pour la population sensible

Pour la population sensible (personnes souffrant d'asthme), l'intolérance augmente. Dans ce cas, les réactions d'hypersensibilité aux sulfites peuvent être mises en évidence même pour des doses d'exposition très faibles. La teneur tolérée chez un individu sensible peut être plus petite que celle chez un individu normal du même poids. Chez cette catégorie, ces réactions peuvent être violentes, entraînant un mauvais fonctionnement des systèmes respiratoire et cardio-vasculaire, arrivant même au stade d'un choc anaphylactique qui peut être fatal.

La tolérance individuelle à l'exposition de SO₂ dépend d'une part du poids corporel et d'autre part de la sensibilité individuelle.

La limite maximale résiduelle (LMR) est un seuil réglementaire de concentration des résidus d'un produit (sulfite), au-delà duquel la commercialisation d'un produit alimentaire n'est plus autorisée, qu'il s'agisse de denrées destinées à l'alimentation humaine ou à l'alimentation animale. Les LMR sont établies après une évaluation des risques.

D'après Babgaleh *et al.*, (2004), la teneur de 10 ppm est considérée comme une teneur maximale à partir de laquelle l'aliment peut provoquer une intolérance chez le consommateur (Allergie et/ou asthme). En 1986, la FDA (Food and Drug administration) a exigé qu'en cas de teneurs supérieures ou égales à 10 ppm, les sulfites doivent être déclarés sur les étiquettes des aliments non seulement lorsque ces produits chimiques sont destinés à être utilisés comme ingrédients dans l'aliment, mais aussi pour d'autres utilisations (auxiliaire technologique, faisant partie d'un autre ingrédient de l'aliment, etc.) (FDA, 1986).

Depuis 1980, la FDA a établi un système de surveillance des produits alimentaires dans lesquels les sulfites ne sont pas mentionnés dans l'étiquetage. Les résultats de ces études ont montré qu'à partir d'une teneur de 10 ppm, des effets néfastes et graves ont été déclenchés. Deux études précédentes (Goldfarb et Simon, 1984; Stevenson et Simon, 1981) ont montré également qu'une dose aussi faible que 10 ppm des sulfites a entraîné une diminution

significative de la fonction pulmonaire chez certains individus (définie en une baisse de plus de 20 % du volume expiratoire forcé dans 1 seconde). Cette constatation a servi de base à la politique d'attribution de la FDA pour la classification des rappels en trois classes.

- *Classe I (≥ 10 ppm)*: comprend les situations dans lesquelles l'exposition en une seule occasion à un produit alimentaire peut entraîner des effets sanitaires néfastes et graves ou même la mort;
- *Classe II (3,7 à 9,9 ppm)*: comprend les situations dans lesquelles l'exposition en une seule occasion à un produit alimentaire peut entraîner des effets sanitaires néfastes mais temporaires ou réversibles. Et dans cette classe la probabilité des effets graves est très faible et éloignée;
- *Classe III ($< 3,7$ ppm)*: comprend les situations dans lesquelles l'exposition en une seule occasion à un produit alimentaire n'est pas susceptible de causer des conséquences néfastes pour la santé.

De 1996 à 1999, la FDA a traité un total de 59 rappels d'aliments en se basant sur ce système à trois classes. Ces rappels impliquaient 93 produits alimentaires différents, contenant des sulfites non déclarés sur l'étiquetage. Parmi les produits rappelés, 54 % appartiennent à la classe I, 29 % à la classe II et 17 % à la classe III. Le dosage des teneurs en sulfites a été effectué par la méthode officielle de MW (Babgaleh *et al.*, 2004).

Si on applique ce raisonnement à notre situation, il s'avère que 18,2 % des échantillons appartiennent à la classe II et 81,8 % des échantillons appartiennent à la classe I.

CONCLUSION

La sulfitation est une pratique courante dans l'industrie des crustacés. Elle est utilisée par les professionnels pour améliorer la qualité commerciale de leurs produits en retardant le noircissement enzymatique qui est défavorable à la qualité organoleptique des crustacés. Dans l'intention de protéger la santé du consommateur, les sulfites sont appliqués d'une manière appropriée à bord en utilisant une concentration sulfite/crustacés de 2 %.

L'analyse des données de RASFF entre 1981 et 2015 a montré que le pourcentage des notifications des crustacés est de 8,7 % et les sulfites sont le principal motif de ces notifications.

Les résultats de la détermination des teneurs en sulfites par la méthode officielle de MW au niveau de 22 échantillons de crustacés prélevés des bateaux de pêche hauturière du port de Tanger, montrent que la conformité par rapport à la réglementation est de 100%; ce qui signifie que la sulfitation à bord se fait d'une manière adéquate. Le taux résiduel moyen en SO₂ et le risque estimé des crevettes sont supérieurs à ceux des langoustines. Par conséquent, la consommation des crevettes présente un risque plus élevé par rapport aux langoustines, et ceci pourrait être expliqué par la différence de la rigidité de la carapace entre les espèces de crustacés qui influence probablement la teneur de la chair en résidus de SO₂.

La méthode de MW est la méthode de choix pour obtenir des valeurs précises en résidus de SO₂. Parallèlement, des

tests ont été effectués par la méthode semi-quantitative rapide de bandelettes sur les mêmes échantillons. Nous en avons déduit que pour les faibles teneurs en SO₂, les résultats sont surs et presque identiques à ceux obtenus par la méthode de MW. En revanche, plus la concentration en SO₂ augmente, plus la méthode est non fiable. Les bandelettes de sulfites peuvent toutefois être utilisées par le consommateur ainsi que par les pêcheurs à bord en raison de la simplicité de la méthode.

Le danger des sulfites est maîtrisé dans le cadre de la nouvelle approche de régulation impliquant les professionnels et l'autorité compétente. Les professionnels respectent le pourcentage recommandé de 2% sulfite/crustacé dans leurs plans de maîtrise sanitaire. L'autorité compétente effectue un contrôle analytique systématique pour s'assurer de la conformité des produits aux normes réglementaires selon la destination des crustacés.

Pour l'évaluation du risque, nous avons supposé qu'un individu adulte de 60 kg, peut consommer une ration de 200 g. Ceci nous a permis de mettre en évidence en fonction de la DJA reconnue internationalement (0-0,7 ppm) les éléments suivants:

- La quantité de sulfites, toutes origines confondues, qu'il peut ingérer sans danger est de 42 mg. Pour un enfant de 15 kg, elle est de 10,5 mg;
- Pour une ration de 200 g de crustacés contenant une quantité maximale de 42 mg, la teneur correspondante par kg serait de 210 mg;
- La quantité de SO₂ présente dans une ration de crustacés de 200 g en fonction de la moyenne obtenue dans cette étude (64,3 ppm), est de 12,9 mg.

D'après nos résultats, il s'avère que les produits étudiés sont conformes aux réglementations, et en principe ne présentent pas de risque pour le consommateur. En revanche, il est obligatoire d'indiquer la présence des sulfites au niveau de l'étiquetage pour protéger les personnes sensibles.

Les crustacés analysés, produits au Maroc et destinés à l'export, contiennent des taux en résidus de dioxyde de soufre inférieurs aux limites réglementaires, avec prédominance des teneurs comprises entre 0-50 ppm. Ils ne présentent pas à cet égard de risque avéré. La concentration de 2% sulfite/crustacé utilisée par les professionnels est efficace pour prévenir la mélanose sans dépasser les seuils réglementaires. Le mode d'application peut toutefois être amélioré pour protéger les personnes asthmatiques en mettant en place les bonnes pratiques de production, en recommandant d'utiliser le trempage comme méthode de traitement qui consiste à préparer des solutions et d'y tremper les caisses.

Pour protéger la santé publique du danger des sulfites et assurer un produit salubre aux consommateurs, surtout les personnes sensibles, il faut envisager l'introduction de produits alternatifs aux sulfites qui permettent de prévenir le phénomène de mélanose tout en étant inoffensifs pour la catégorie de consommateurs sensibles, de réaliser des études plus poussées sur la fréquence d'utilisation des sulfites dans les crevettes vendues en vrac et dans d'autres produits alimentaires et d'interdire l'accès libre aux produits à base de sulfites.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet SAFEMED (FP7 – ERANETARIMNET), Régulations de la sécurité sanitaire des aliments, accès au marché et concurrence internationale (food safety regulation, market access and international competition), financé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Formation des Cadres du Maroc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arrêté conjoint du ministre de l'agriculture et de la pêche maritime et du ministre de la santé n°1795-14 du 14 rejev 1435 (14 mai 2014) fixant la liste et les limites des additifs alimentaires autorisés à être utilisés dans les produits primaires et les produits alimentaires, ainsi qu'aux indications que doivent porter leurs emballages (BO n°6322bis du 01/01/2015, page 425).
- Armentia-Alvarez A., Fernandez-Casero A., Garcia C.M. and Pena-Egido M.J. (1993). Residual levels of free and total sulphites in fresh and cooked burgers. *Food additives and contaminants*, 10:157-165.
- Amiano P., Azpiri M., Alonso A. and Dorronsoro M. (2013). Estimate of dietary exposure to sulphites in child and adult populations in the Basque Country. *Food additives and contaminants*, 30: 2035-2042.
- Babgaleh T., Kathleen M.K., Cecilia W. and Karl C.K. (2004). Sulfites. A Food and Drug Administration Review of Recalls and Reported Adverse Events. *Journal of Food Protection*, 67: 1806-1811.
- Chantreau P., Vallet J. (1991). Traitement des langoustines et les crevettes contre le noircissement. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. RIDRV-91.06-VP Nantes.
- Dahani S., El Hariri O., Bouchriti N., Bousselhami A. (2017). Principaux risques sanitaires associés aux produits de la pêche du Maroc exportés vers les pays de l'Union Européenne. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.* 5: 463-472.
- Décret n°2-12-389 du 11 jourmada II 1434 (22 avril 2013) fixant les conditions et les modalités d'étiquetage des produits alimentaires (BO n°6152 du 16/05/2013, page 1936) (BO n°6158 du 06/06/2013, page 2004)
- Directive 95/2/CE du Parlement européen et du Conseil, du 20 février 1995, concernant les additifs alimentaires autres que les colorants et les édulcorants.
- http://www.fao.org/ag/agn/food/capacity_building/fr/4-1.pdf, consulté le 01/07/2017
- Food and Drug Administration. (1986). Food labeling, declaration of sulfiting agents. *Fed. Regist.*, 5: 25012 - 25020.
- Gómez-Guillén M.C., Martínez-Alvarez O., Llamas-Marcos A., Montero P. (2005). Melanosis inhibition and SO₂ residual levels in shrimps (*Parapeanaeus longirostris*) after different sulphite based treatments. *J. Sci. Food Agric.*, 85: 1143-1148.
- Goldfarb G., Simon R.A. (1984). Provocation of sulfite sensitive asthma. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 73: 135.
- Huss H. (1988). Le poisson frais: Qualité et altération de la qualité. Manuel de formation préparé pour le programme de perfectionnement FAO/DANIDA sur la technologie du poisson et le contrôle de qualité. *FAO, Rome, Italie. Pêche*, 29: 75-109.
- http://www.inrh.ma/sites/default/files/etatdesstocks_rectifie_le11juin2015_0.pdf (État de stocks et des pêcheries, INRH 2013, consulté le 15/07/2017).

- <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=289>, consulté le 27/06/2017.
- EFSA ANS Panel (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources Added to Food), 2016. Scientific Opinion on the re-evaluation sulfur dioxide (E 220), sodium sulfite (E 221), sodium bisulfite (E 222), sodium metabisulfite (E 223), potassium metabisulfite (E 224), calcium sulfite (E 226), calcium bisulfite (E 227) and potassium bisulfite (E 228) as food additives. *EFSA Journal* 14:4438.
- Isabel M., Omar V. (1998). Utilization of sodium metabisulphite for preservation of frozen-thawed shrimp (*Pandalus borealis*). Fisheries training programme (Final project 1998). The United Nations University.
- Kandil S. (2016). Problématiques des bisulfites dans la filière des crustacés: Éléments d'enquête et recherche des résidus. Thèse de doctorat vétérinaire, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, Maroc.
- Leclercq C., Molinaro M.G, Piccinelli R., Baldini M., Arcella D., Stacchini P. (2000). Dietary intake exposure to sulphites in Italy: analytical determination of sulphite-containing foods and their combination into standard meals for adults and children. *Food Additives and Contaminants*, 1: 979-989.
- Lueck E. (1980). Antimicrobial Food Additives. New York.
- Lyon W.J., Reddmann C.S. (2000). Bacteria associated with processed crawfish and potential toxin production by *Clostridium botulinum* type E in vacuum packaged and aerobically packaged crawfish tails. *Journal of Food Protection*, 63: 1687-1696.
- Martínez-Álvarez O., Gómez-Guillén M.C., Montero P. (2008). Chemical and microbial quality indexes of Norwegian lobsters (*Nephrops norvegicus*) dusted with sulphites. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 43:1099-1110.
- Martínez-Alvarez O., Montero P., Gómez-Guillén M.C. (2004). Controlled atmosphere as coadjuvant to chilled storage for prevention of melanosis in shrimps (*Parapenaeus longirostris*). *Eur. Food Res. Technol.*, 220:125-130.
- Ministère des Pêches Maritimes (2015). Mer en chiffres. Rabat
- Moneret-Vautrin D., Kanny G. (1993). Intolérance et immunotoxicité des additifs alimentaires. *Med. Hyg.*, 51: 881-888.
- Moll M., Moll N. (1998). Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques. *Ed. Dunod, Paris*. 231-235.
- Niestijl J., Kardinaal A. F. M., Huijibergs G., Vlieg-Boerstra J., Martens B.P.M., Ockhuizen T. (1994). Prevalence of food allergy and intolerance in the adult dutch population. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 93: 446-56.
- Nordlee J.A., Naidu S.G., Taylor S.L. (1988). False positive and false negative reactions encountered in the use of sulfate test strips for the detection of sulfite-tread foods. *J. Allergy Clin. Immunol.*, 81: 537-541.
- Pyle M.L., Koburger J.A. (1984). Increased Sensitization of Shrimp Microflora to Hypochlorite following a Sodium Bisulfite Dip. *Journal of Food Protection*, 47: 375-377.
- Reddy S.V.K., Patange S.B. (2012). Melanosis inhibition and SO₂ residual levels in farmed tiger shrimp (*Penaeus Monodon*) following different sulfite based treatments. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21: 330-337
- Règlement (CE) N°2406/96 du conseil du 26 novembre 1996 fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche (JO L 334 du 23.12.1996, p. 1).
- Shinde P.A., Sofi F.R., Patange S.B., Shelar S.P., Reddy V.K. (2013). Effect of antimelanotic treatment and vacuum packaging on melanosis and quality condition of ice stored farmed tiger shrimp (*Penaeus monodon*), *SAARC J. Agri.*, 11: 33 - 47.
- Slattery S.L., Williams D.J., Nottingham S.M. (1991). Factors influencing use of sulphite for prevention of black spot in prawns. *Food Aust.*, 43: 311-313.
- Stevenson D and Simon R. A. (1981). Sensitivity to ingested metabisulfite in asthmatic subjects. *J. Allergy Clin. Immunol*, 68: 26-32.
- Suparno R.P., Mulyanah I. (1991). Quality of cultured tiger prawn (*Penaeus monodon*) and deterioration during storage: a review. FAO Fisheries Report N°: 470 suppl. FIIU/R470 (Suppl).
- WHO (1999). Safety Evaluation of Certain Food Additives – Sulfur Dioxide and Sulfites. Who Food Additives Series 42. Prepared by the fifty-first meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). World Health Organization, Geneva.
- Yamagata M., Low L.K. (1995). Banana shrimp, (*Penaeus merguensis*). Quality change during Iced and frozen storage. *J. Food Sci.*, 60: 721 - 726.