

Établissement de critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et huiles

Rapport technique

Rapport d'une réunion technique conjointe FAO/OMS
Bilthoven, Pays-Bas
7-9 novembre 2006

Pour de plus amples informations, veuillez contacter:

**Service de la qualité des aliments et des normes alimentaires
Division de la nutrition et de la protection des consommateurs
Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Rome, Italie**

**Télécopie: +39 06 57054593
Mèl: Proscad@fao.org
Site web: www.fao.org/ag/agn**

ou

**Département de la sécurité sanitaire des aliments, des zoonoses
et des maladies d'origine alimentaire
Organisation mondiale de la Santé
20, Avenue Appia
CH-1211 Genève 27, Suisse**

**Télécopie: + 41 22 7914807
Mèl: foodsafety@who.int
Site web: www.who.int/foodsafety**

Établissement de critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et huiles

Rapport d'une réunion technique conjointe FAO/OMS

Bilthoven, Pays-Bas

7-9 novembre 2006

Publié par
L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et
l'Organisation mondiale de la santé
en collaboration avec
L'Institut néerlandais de la Santé publique et de l'Environnement

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la Santé ont pris toutes les précautions raisonnables pour vérifier les informations figurant dans cette publication. Cependant, celle-ci paraît sans garantie d'aucune sorte, ni explicite ni implicite. La responsabilité de l'interprétation et de l'utilisation de ce matériel incombe au lecteur. En aucun cas, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ou l'Organisation mondiale de la Santé ne sauraient être tenues responsables de préjudices découlant de son utilisation.

L'indication de certaines sociétés ou des produits de certains fabricants ne signifie en aucun cas qu'ils sont approuvés ou recommandés par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et par l'Organisation mondiale de la Santé de préférence à d'autres produits analogues qui ne sont pas signalés par des majuscules.

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ou de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les pointillés sur les cartes représentent les tracés approximatifs des frontières qui peuvent ne pas être encore pleinement reconnues.

FAO ISBN 978-92-5-205699-7
OMS ISBN 978 92 4 259536 9
(NLM classification: WA 722)

Données pour le catalogage des publications à la Bibliothèque de l'OMS

Élaboration de critères pour les cargaisons précédentes acceptables de graisses et huiles: rapport d'une réunion technique conjointe FAO/OMS, Bilthoven (Pays-Bas), 7-9 novembre 2006/publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la Santé en collaboration avec l'Institut national pour la santé publique et l'environnement (Pays-Bas).

1. Transport – normes. 2. Graisses. 3. Huiles. 4. Contamination des aliments – prévention et contrôle. I. Organisation mondiale de la Santé. II. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. III. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (Pays-Bas).

Tous droits réservés. Les informations contenues dans ce produit d'information peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au Chef de la Sous-division des politiques et de l'appui en matière de publications électroniques, Division de la communication, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie ou, par courrier électronique, à copyright@fao.org

Table des matières

REMERCIEMENTS	iv
AVANT PROPOS	v
EXPERTS PRÉSENTS À LA RÉUNION	vi
SECRÉTARIAT FAO/OMS	vii
ABRÉVIATIONS	ix
RÉSUMÉ ANALYTIQUE	xii
1. Introduction	1
1.1 Contexte	2
1.2 Objectifs de la réunion	3
1.3 Portée de la réunion	3
2. Détermination des principaux critères	5
2.1 Propriétés toxicologiques	5
2.2 Efficacité des procédures de nettoyage	7
2.3 Facteur de dilution	7
2.4 Raffinage/transformation ultérieure des huiles et graisses	8
2.5 Solubilité des éventuels résidus contaminants	8
2.6 Disponibilité de méthodes d'analyse	8
2.7 Réactivité avec les graisses et les huiles comestibles	9
2.8 Allergénicité	9
3. Liste de critères proposée	11
3.1 Justification technique de chaque critère	11
3.1.1 Critère 1	11
3.1.2 Critère 2	12
3.1.3 Critère 3	14
3.1.4 Critère 4	14
4. Conclusions et recommandations	15
RÉFÉRENCES	16
ANNEXE I Ordre du jour de la réunion	17
ANNEXE II Document d'information	18
ANNEXE III Sources d'information additionnelles	73

Remerciements

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et l'Organisation mondiale de la santé tiennent à remercier les experts qui ont contribué à la préparation des critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et les huiles. Les deux organisations ont aussi vivement apprécié l'aide des gouvernements, institutions et chercheurs qui ont répondu à l'appel de données lancé par la FAO et l'OMS. Cette collaboration a permis d'obtenir des données essentielles pour cette étude, mais difficilement disponibles dans la littérature dominante et la documentation officielle.

Ce travail a été exécuté par le Service de la qualité des aliments et des normes alimentaires de la FAO, et par le Département de la sécurité sanitaire des aliments, des zoonoses et des maladies d'origine alimentaire de l'OMS, avec la collaboration de l'Institut néerlandais de la santé publique et de l'environnement (RIVM), qui a également préparé un document technique dont étaient saisis les experts.

Le rapport de la réunion a été préparé par le Secrétariat mixte FAO/RIVM/OMS, constitué de Mary Kenny et Maria de Lourdes Costarrica (FAO); Wim Mennes et Trijntje van der Velde-Koerts (RIVM); et Jenny Bishop (OMS). L'expertise technique et le soutien de Wim Mennes et Trijntje van der Velde-Koerts ont été grandement appréciés tout au long du processus.

Ce travail a été soutenu et financé par le Service de la qualité des aliments et des normes alimentaires de la FAO, avec la contribution du Département de la sécurité sanitaire des aliments de l'OMS.

Avant-propos

Les graisses et les huiles comestibles d'origines végétale, animale et marine sont commercialisées et transportées par mer depuis des millénaires, car elles tiennent une place importante dans l'alimentation humaine. Avec l'expansion du commerce mondial des produits alimentaires, la provenance géographique de ces produits s'est constamment élargie. Les navires de mer réservés au transport des denrées alimentaires ne sont pas assez nombreux pour assurer la totalité du commerce d'huiles et de graisses destinées ou susceptibles de servir à l'alimentation humaine et il est irréaliste de s'attendre à ce que des vraquiers de haute mer reviennent vides à leur port d'origine, après avoir livré leur cargaison de graisses et d'huiles.

Une solution pratique adoptée par l'industrie consiste à assurer le transport des graisses et huiles comestibles en vrac par des navires qui ne sont pas exclusivement réservés à l'acheminement des denrées alimentaires. Cela signifie que les cargaisons précédentes peuvent avoir contenu des substances chimiques. Des efforts sont actuellement déployés pour s'assurer que les substances précédemment transportées ne puissent pas contaminer les graisses et huiles comestibles.

La Commission du Codex Alimentarius a adopté le Code d'usage international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac (CAC/RCP/36-1987 [Rev.3 - 2005]). Ce code s'applique à la manutention, à l'entreposage et au transport en vrac de toutes les huiles et graisses comestibles, brutes ou transformées, et intégrera la Liste des cargaisons précédentes acceptables élaborée par le Codex, qui constituera l'Annexe 2.

Cette liste autoriserait le transport des graisses et des huiles en vrac dans des citernes précédemment utilisées pour l'acheminement des substances inscrites sur la liste des cargaisons précédentes acceptables. Un projet de liste a été longuement examiné par le Comité du Codex sur les graisses et les huiles (CCFO) et par la CAC durant ses sessions sur ce thème. Jusqu'à présent, les pays membres ne sont pas parvenus à finaliser la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables. L'un des principaux problèmes signalé est le manque de critères permettant d'évaluer les substances. A la dix-neuvième session du CCFO (conformément à la requête formulée par la CAC, à sa vingt-sixième session), il a été convenu que la FAO et l'OMS fourniraient des avis sur l'établissement de critères pour l'évaluation des substances à inclure dans la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables.

Afin de répondre à la requête du CCFO, la FAO et l'OMS ont demandé à l'Institut néerlandais pour la santé publique et l'environnement (RIVM) de collaborer, en fournissant des avis sur cette question. Un appel d'experts et de données a été lancé pour faciliter la sélection des experts devant participer à une réunion technique et s'assurer que toutes les informations pertinentes soient prises en considération. Préalablement à la réunion, à la demande de la FAO et de l'OMS, le RIVM a préparé un document d'information, intégrant toutes les données pertinentes, y compris les rapports et les débats antérieurs du CCFO. Un groupe de travail communiquant par courrier électronique, constitué des experts sélectionnés et des membres du Secrétariat de la FAO et de l'OMS, a été chargé d'examiner le document d'information et la version révisée a été présentée à la réunion pour guider les discussions. Une version finalisée de ce document d'information est

fournie à l'Annexe II. Les données pertinentes soumises pour répondre à l'appel de données, ainsi que les informations complémentaires reçues avant ou pendant la réunion sont jointes à ce rapport, dont elles constituent respectivement l'Annexe II et l'Annexe III.

Experts présents à la réunion

Diane Benford

Principal Toxicologist and Head of the
Toxicology Unit
Food Standards Agency (FSA)
Londres, Royaume-Uni

Regina Lago

Senior Researcher
Embrapa's Food Technology Research
Centre (CTAA)
Rio de Janeiro, Brésil

Richard Cantrill

Technical Director
American Oil Chemists' Society (AOCS)
Urbana IL
États-Unis d'Amérique

Thin Sue, Tang

Senior Research Fellow
Technical Advisory Services Unit
Malaysian Palm Oil Board (MPOB)
Selangor, Malaisie

John Hancock

Technical Manager
Federation of Oils, Seeds and Fats
Associations (FOSFA International)
Londres, Royaume-Uni

Secrétariat FAO/OMS

Selma Doyran

Senior Food Standards Officer
Codex Secretariat
Food and Agriculture Organization
of the United Nations (FAO)
Rome, Italie

Jenny Bishop

Scientist
Department of Food Safety, Zoonoses
and Foodborne Diseases
World Health Organization (WHO)
Genève, Suisse

Maria de Lourdes Costarrica

Senior Officer
Food Quality and Standards Service
Food and Agriculture Organization
of the United Nations (FAO)
Rome, Italie

Mary Kenny

Nutrition Officer (Food Quality Assurance)
Food Quality and Standards Service
Food and Agriculture Organization
of the United Nations (FAO)
Rome, Italie

Wim Mennes

Senior Toxicologist
Dutch National Institute for Public Health
and the Environment (RIVM)
Centre for Substances and Integrated
Risk Assessment (SIR)
Bilthoven, Pays-Bas

Trijntje van der Velde-Koerts

Chemist
Dutch National Institute for Public Health
and the Environment (RIVM)
Centre for Substances and Integrated
Risk Assessment (SIR)
Bilthoven, Pays-Bas

Abréviations

DJA	Dose journalière admissible
AOCS	American Oil Chemists' Society
DAR	Dose aiguë de référence
CAC	Commission du Codex Alimentarius
CCFO	Comité du Codex sur les graisses et les huiles
DCO	Demande chimique en oxygène
UE	Union européenne
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FEDIOL	Fédération de l'industrie de l'huilerie de la CE
AGL	Acide gras libre
FOSFA	Fédération des associations d'huiles, graines et graisses
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
CPG-SM	Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse
GEMS/Food	Programme de surveillance et d'évaluation de la contamination des denrées alimentaires/Système mondial de surveillance de l'environnement
GESAMP	Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin
Recueil IBC	Recueil international de règles sur les transporteurs de produits chimiques (ou, in extenso: Recueil international de règles relatives à la construction et à l'équipement des navires transportant des produits chimiques dangereux en vrac)
ILSI	Institut international des sciences de la vie
OMI	Organisation maritime internationale
PISSC	Programme international sur la sécurité des substances chimiques
ISEO	Institute of Shortening and Edible Oils
ISO	Organisation internationale de normalisation
ITERG	Institut des corps gras
UICPA	Union internationale de chimie pure et appliquée
JECFA	Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires
JMPR	Réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides
CPL	Chromatographie en phase liquide
LD	Limite de détermination
LQ	Limite de quantification
MARPOL	Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires
LM	Limite maximale
MPOB	Malaysian Palm Oil Board

MVO	Dutch Production Board for Margarines, Fats and Oils
NIOP	Institut national des produits oléagineux
DSEIO	Dosage sans effet négatif observable
MNV	Matière non volatile
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
PB	Persistante et bioaccumulative
PBT	Persistante, bioaccumulative et toxique
PORAM	Palm Oil Refiners Association of Malaysia
DR	Dose de référence
RIVM	Institut néerlandais de la santé publique et de l'environnement
SCF	Scientific Committee for Foods (Comité scientifique pour l'alimentation humaine)
SIR	Centre for Substances and Integrated Risk Assessment
DJT	Dose journalière tolérable
SPT	Seuil de préoccupation toxicologique
OMS	Organisation mondiale de la santé

Résumé analytique

En réponse à la demande de la Commission du Codex Alimentarius (CAC), la FAO et l’OMS ont convoqué une réunion technique, avec la collaboration de l’Institut néerlandais de la santé publique et de l’environnement (RIVM), afin d’établir des critères permettant de déterminer les substances à inclure dans la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables. Ces critères seront recommandés à l’attention du Comité du Codex sur les graisses et les huiles (CCFO) au moment de la finalisation de la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables, qui constitue l’Annexe II du Codes d’usages (CAC, 1987).

Pour l’établissement des critères, les experts ont centré leur attention sur l’évaluation des cargaisons précédant le transport maritime des graisses et des huiles comestibles sous forme de liquide en vrac, et ils sont convenus de prendre en compte uniquement les incidences sur la santé humaine qu’entraîne la présence de résidus des cargaisons précédentes. Dans le cas d’entreposage ou de transport terrestre, ferroviaire ou fluvial, les critères proposés peuvent également s’appliquer par défaut. Des changements de qualité des graisses et des huiles (dus à l’hydrolyse et à l’oxydation) se produisent durant l’expédition et cette perte de qualité est corrigée lorsque les graisses et les huiles sont transformées ultérieurement en aliment (durant le raffinage).

Les cargaisons précédentes des graisses et des huiles comestibles sont en général des substances chimiques liquides (qui sont parfois réchauffées), des boues de particules solides et des solutions de solides en suspension dans l’eau. Le terme “comestible” inclut les graisses et les huiles qui sont destinées à l’industrie oléochimique pour utilisation dans les produits de soins personnels.

Durant les délibérations, les experts ont examiné les données de référence et les discussions des sessions précédentes du CCFO, notamment les aspects proposés à leur attention pour l’établissement des critères, à savoir les propriétés toxicologiques, les procédures de nettoyage, le facteur de dilution des éventuels résidus de la cargaison précédente, la solubilité des résidus contaminants, le raffinage de l’huile ou de la graisse, la disponibilité de méthodes d’analyse, la réactivité et l’allergénicité.

Les experts ont décidé que le seul moyen pratique pour décider si une substance est acceptable en tant que cargaison précédente, devait être générique, en supposant les conditions les plus mauvaises, car il serait matériellement difficile d’élaborer un système qui tienne compte de toutes les combinaisons possibles de cargaison précédente, de type de construction des citernes, de régime de nettoyage et de transformation ultérieure de la cargaison suivante de graisse ou d’huile.

Ils ont donc identifié quatre critères particulièrement importants pour la détermination des cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et les huiles liquides transportées en vrac:

1. La substance est transportée/stockée dans un système conçu de manière appropriée; avec des opérations de nettoyage adéquates, suivies de procédures d’inspection et d’enregistrement efficace.
2. Les résidus de substance dans la cargaison suivante de graisse ou d’huile n’ont pas d’effets nocifs pour la santé humaine. La DJA (ou DJT) de la

substance doit être supérieure ou égale à 0,1 mg/kg de poids corporel par jour. Les substances pour lesquelles aucune DJA (ou DJT) n'a été fixée doivent être évaluées au cas par cas.

3. La substance ne doit pas être un allergène connu.
4. La plupart des substances ne réagissent pas avec les graisses et les huiles comestibles dans des conditions normales d'expédition et de stockage. Toutefois, si la substance réagit avec les graisses et les huiles comestibles, tous les produits de réaction doivent satisfaire aux critères 2 et 3.

Le choix de ces critères a été justifié sur la base des éléments suivants:

- L'industrie observe des protocoles stricts pour garantir l'efficacité des procédures de nettoyage, qui sont censées garantir une contamination minimale de la cargaison suivante de graisses ou d'huiles. Toutefois, on sait qu'il peut rester des résidus de la cargaison précédente dans la citerne et dans les tuyauteries connexes après le nettoyage, et qu'elles peuvent être absorbées par la paroi de la citerne. Il a été estimé que la quantité maximale de résidus après le nettoyage, correspondant au cas le plus défavorable, devrait être de 100mg/kg de graisse ou d'huile dans les citernes revêtues ou dans les citernes relativement petites. Cette estimation a été utilisée pour le calcul du critère de toxicologie.
- Les résidus de substance dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile ne devraient pas avoir d'effets nocifs pour la santé humaine. Étant donné qu'une DJA (ou une DJT) peut être basée sur les effets d'une exposition à relativement court terme, que la dose aiguë de référence (DAR) a été élaborée pour évaluer l'exposition sur une seule journée et que la possibilité d'une exposition répétée à la substance ne peut pas être exclue, il a été estimé nécessaire de faire référence à la DJA (ou DJT) pour une protection suffisante de la santé publique. Sur la base de l'estimation qui précède, des résidus d'une cargaison précédente pourraient être présents à une concentration de 100 mg/kg de graisse ou d'huile. Lors de l'estimation de l'exposition par le régime alimentaire à un contaminant d'une cargaison précédente présent dans des huiles et des graisses comestibles, la réunion a estimé à 25 g/jour l'ingestion alimentaire d'un même type de graisse ou d'huile (sur la base des régimes alimentaires par modules de consommation GEMS/Food de l'OMS (Programme de surveillance et d'évaluation de la contamination des denrées alimentaires/Système mondial de surveillance de l'environnement). En appliquant un facteur de sécurité de 2,5 pour couvrir les grands consommateurs, les experts sont convenus que, pour l'évaluation des cargaisons précédentes, une DJA (ou DJT) de 0,1 mg/kg de poids corporel par jour constituait une exigence minimale pour protéger de manière suffisante aussi bien les enfants que les adultes.
- L'allergénicité a été considérée comme un élément important pour la détermination de la cargaison précédente acceptable.
- Les réactions les plus susceptibles de se produire dans les graisses et les huiles comestibles sont l'oxydation et l'hydrolyse (normalement considérées comme des détériorations de la qualité). Autrement, les graisses et les huiles comestibles sont chimiquement très inertes dans des conditions

d'entreposage et de manutention normales. Il faut cependant tenir compte du fait que la substance chimique provenant de la cargaison précédente peut réagir avec les graisses et les huiles et que, si des réactions se produisent, les critères relatifs aux cargaisons précédentes s'appliquent aussi aux produits de réaction.

1. Introduction

Une réunion technique de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) sur l'établissement de critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et les huiles transportées en vrac, a eu lieu à Bilthoven (Pays-Bas) du 7 au 10 novembre 2006. La réunion était accueillie par l'Institut néerlandais de la santé publique et de l'environnement (RIVM).

La séance a été ouverte par Madame Adrienne Sips, Chef de la Section de l'élaboration de méthodes et de modèles du Centre for Substances and Integrated Risk Assessment (SIR) du RIVM. Celle-ci a déclaré que le RIVM tenait à contribuer à la réussite de la réunion, et a fait une brève présentation du RIVM, décrit comme un centre d'expertise au service du public, dont les principaux domaines de compétence sont la santé publique, la nutrition, l'environnement et la sécurité sanitaire des aliments. Outre sa participation à des forums et à des réseaux internationaux, le RIVM fournit des avis scientifiques rationnels et indépendants ainsi qu'un appui pour le suivi et la détection rapide des menaces et pour l'évaluation intégrée des risques.

S'exprimant au nom de la FAO et de l'OMS, Madame Maria de Lourdes Costarrica, fonctionnaire principale du Service de la qualité des aliments et des normes alimentaires de la FAO, a présenté les objectifs de la réunion et décrit les circonstances de la demande de la Commission du Codex Alimentarius (CAC). Les principes fondamentaux des avis scientifiques de la FAO et de l'OMS ont été rappelés, en insistant sur les exigences de confidentialité, d'intégralité, d'indépendance, de transparence et de consensus, conformément aux règles et aux procédures de la FAO. Madame Costarrica a remercié les experts et l'organisation d'accueil de l'appui qu'ils apportent dans le cadre de leur collaboration avec la FAO et l'OMS.

Monsieur Wim Mennes, de l'organisation hôte, a présidé la réunion, ce qui a permis aux experts de se concentrer sur les délibérations. Au total, cinq experts venus de quatre pays étaient présents.

Parmi ces cinq experts, deux ont déclaré qu'il pouvait y avoir un conflit d'intérêt:

- M Thin Sue Tang est agrégé supérieur de recherche au MPOB (Malaysian Palm Oil Board), qui reçoit des fonds par le biais d'un système de taxation des professionnels du secteur, pour effectuer des recherches sur les produits à base d'huile de palme.
- M. John Hancock travaille pour FOSFA International (Fédération des associations d'huiles, graines et graisses), un organisme international spécialisé dans l'établissement de contrats et l'arbitrage pour le commerce d'oléagineux, d'huiles comestibles et de graisses.

La réunion a considéré que dans aucun des deux cas, la situation des experts ne constituait un conflit d'intérêt, que les deux experts avaient l'expérience pratique requise pour les délibérations et, que par conséquent, ils étaient donc pleinement habilités à participer.

Les participants ont été avertis que Madame Diane Benford viendrait à la réunion le deuxième jour, en raison d'un engagement professionnel antérieur.

L'ordre du jour de la réunion a été adopté sans commentaire et constitue l'Annexe I du présent document. Une version finalisée du document d'information qui a servi de base pour guider les discussions est jointe, à l'Annexe II. En plus des références incluses à la fin de ce rapport et de celles qui sont incorporées dans le corps du document d'information ou à la fin de celui-ci, une liste complète des documents et des données soumis juste avant ou pendant la réunion est fournie à l'Annexe III.

1.1 CONTEXTE

Les graisses et les huiles comestibles sont souvent consommées dans une autre région du monde que celle où elles sont produites. Il s'ensuit qu'elles doivent être transportées par camion, par train ou par bateau sur les voies navigables ou par mer, et qu'elles peuvent être entreposées dans des réservoirs situés à terre. Les professionnels du secteur estiment qu'il n'est pas rentable sur le plan économique de gérer une flottille de navires uniquement réservée au transport de graisses et d'huiles comestibles car les vraquiers devraient revenir vides à leurs ports origine. Les professionnels du commerce des graisses et des huiles comestibles et des transports maritimes tirent parti du fait que les navires peuvent transporter d'autres marchandises non alimentaires avant et après le chargement de graisses et d'huiles comestibles. Cela signifie que les cargaisons précédentes peuvent avoir contenu de nombreuses substances chimiques.

Au sein de la CAC, le Comité du Codex sur les graisses et les huiles (CCFO) a pour mandat d'élaborer des normes internationales pour les graisses et les huiles d'origines animale, végétale et marine, y compris la margarine et l'huile d'olive.

À sa vingt-troisième session, la CAC a adopté le Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac (ALINORM 99/37, par. 165 et Annexe VII), qui intègre dans son Annexe II, la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables (en cours d'élaboration).

Le CCFO a considérablement avancé dans l'élaboration de cette liste, en s'appuyant sur les listes fournies par des organisations spécialisées et par les parties intéressées. Les réalisations du Codex dans ce domaine sont résumées brièvement dans le passage qui suit:

- A sa dix-septième session (février 2001), le CCFO est convenu de transmettre le projet de liste des cargaisons précédentes acceptables (Annexe III, ALINORM 01/17) à la CAC, à sa vingt-quatrième session, en vue de son adoption à l'étape 5/8, en omettant les étapes 6 et 7.
- Un certain nombre de pays ayant estimé que cette liste était incomplète, une deuxième liste, intitulée Avant-projet de liste des cargaisons précédentes acceptables (Annexe VI, ALINORM 01/17) – est en cours d'élaboration pour examen à l'Étape 3 à la dix-huitième session du CCFO.
- À la vingt-quatrième session de la CAC, il a été souligné qu'il n'y avait pas de critères et de procédures clairement définies pour l'évaluation des substances à inclure dans la liste des cargaisons précédentes acceptables de sorte que la CAC n'avait pas pu parvenir à un consensus sur l'adoption de la liste à l'Étape 8. La CAC a décidé d'adopter la liste des cargaisons précédentes acceptables uniquement à l'Étape 5 et de l'avancer à l'Étape 6 pour que les problèmes qui se posent soient ultérieurement examinés par le Comité.
- À la dix-huitième session du CCFO, les Délégués ont examiné les deux listes dont ils étaient saisis, mais les discussions n'ont pas abouti et il a été reconnu

que la difficulté d'élaborer des critères pour l'évaluation des composés freinait considérablement les progrès.

Le CCFO, à sa dix-huitième session et la CAC, à ses vingt-sixième et vingt-septième sessions, ont demandé à la FAO et à l'OMS de fournir des avis scientifiques sur les cargaisons précédentes acceptables. À sa dix-neuvième session, le CCFO a décidé de maintenir le projet de liste et l'avant-projet de liste des cargaisons précédentes acceptables, respectivement à l'Étape 7 et à l'étape 4, pour qu'ils soient examinés à la vingtième session, à la lumière des avis scientifiques de la FAO et de l'OMS et de toute autre information qui deviendrait disponible d'ici là.

En réponse à cette demande, la FAO et l'OMS ont convoqué une réunion technique avec la collaboration de l'Institut néerlandais de la santé publique et de l'environnement (RIVM), afin d'établir des critères pour les substances à inclure dans la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables, constituant l'Annexe 2 du Code d'usages (CAC, 1987).

Les critères élaborés par cette réunion seront soumis au CCFO à sa vingtième session, prévue pour février 2007.

1.2 OBJECTIFS DE LA RÉUNION

- Fournir des avis au CCFO en élaborant des critères qui seront utilisés pour déterminer l'acceptabilité des cargaisons précédentes pour les graisses et les huiles comestibles transportées en vrac.
- Proposer au CCFO, le cas échéant, des avis scientifiques supplémentaires sur cette question.

1.3 PORTÉE DE LA RÉUNION

Tous les éléments qui ont été au centre de l'attention durant la réunion figurent dans le document d'information, qui constitue l'Annexe II du présent rapport. Ce document d'information devrait être consulté pour avoir de plus amples détails sur les aspects techniques qui ont servi de base pour guider les discussions et tirer des conclusions.

La réunion est convenue que les critères relatifs à l'acceptabilité des cargaisons précédentes devaient être élaborés uniquement pour le transport maritime des graisses et des huiles comestibles sous forme de liquide en vrac. Dans le contexte du présent document, le terme "comestible" inclut les graisses et les huiles qui sont destinées à l'industrie oléochimique pour utilisation dans les produits de soins personnels (par exemple, savons, crèmes). D'où la nécessité d'examiner l'allergénicité orale et cutanée d'une cargaison précédente.

La Réunion a noté que l'entreposage et le transport terrestre des graisses et des huiles étaient couverts par les réglementations ou la législation nationales et se limitaient aux citernes réservées au transport de produits alimentaires. Il a été proposé qu'en l'absence d'autres réglementations applicables, les critères énoncés dans le présent document puissent s'appliquer aussi aux systèmes de transport terrestre et aux citernes de stockage. Les cargaisons précédentes en ce qui concerne les graisses et les huiles comestibles sont en général des substances chimiques liquides (qui sont parfois réchauffées), des boues de particules solides et des solutions de solides en suspension dans l'eau.

En déterminant les critères, la Réunion est convenue de prendre en compte uniquement les incidences sur la santé humaine qu'entraîne la présence de résidus des cargaisons précédentes. Il a été estimé que la contamination par des produits alimentaires, des additifs, y compris des substances aromatisantes et colorantes, constituait une modification de la qualité alimentaire et dépassait donc la portée du document. Des changements de qualité des graisses et des huiles (dus à l'hydrolyse et à l'oxydation) se produisent durant l'expédition et sont prévus par les négociants. Cette perte de qualité est corrigée lorsque les graisses et les huiles sont transformées ultérieurement en aliment (durant le raffinage). En outre, des mesures sont prises pour éviter ou réduire le plus possible ces pertes de qualité (CAC, 1987). Par ailleurs, les graisses et les huiles comestibles doivent répondre aux critères de qualité énoncés dans les normes Codex (par exemple, normes du Codex 1981a, 1981b, 1981c, 1999a, 1999b).

2. Détermination des principaux critères

Conformément aux recommandations du CCFO, la réunion a examiné les travaux antérieurs du Comité, les données soumises pour répondre à l'appel lancé et les informations scientifiques recueillies par le RIVM. Une attention particulière a été accordée aux aspects qui, selon la dix-septième et la dix-huitième sessions du CCFO, devaient être pris en compte lors de l'élaboration des critères: ¹

- Propriétés toxicologiques, notamment potentiel génotoxique et cancérigène (compte tenu éventuellement des opinions du JECFA - Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires – ou d'autres organismes reconnus).
- Efficacité des procédures de nettoyage entre les cargaisons.
- Facteur de dilution par rapport à la quantité potentielle de résidus de la cargaison précédente et des impuretés que la cargaison précédente pourrait avoir contenues et au volume d'huile ou de graisse transporté;
- solubilité des résidus contaminants éventuels;
- raffinage/transformation ultérieure de l'huile ou de la graisse;
- disponibilité de méthodes d'analyse permettant de détecter des traces de résidus ou de vérifier l'absence de contamination;
- réactivité des huiles/grasses aux résidus contaminants, le cas échéant;
- allergénicité

La réunion est convenue que le seul moyen pratique pour décider si une substance est acceptable en tant que cargaison précédente devait être générique, en supposant les conditions les plus mauvaises, car il serait matériellement difficile d'élaborer un système qui tienne compte de toutes les combinaisons possibles de cargaison précédente, de type de construction des citernes, de régime de nettoyage et de transformation ultérieure de la cargaison suivante de graisse ou d'huile. Les principales conclusions de la réunion sont décrites dans les passages qui suivent, afin d'expliquer comment les critères finals ont été déterminés.

2.1 PROPRIÉTÉS TOXICOLOGIQUES

Les aspects toxicologiques des substances ont été considérés comme particulièrement importants pour l'évaluation des cargaisons précédentes acceptables, et la réunion en a fait un critère.

La réunion a conclu qu'il était possible d'identifier un critère basé sur les concepts de Dose journalière admissible (DJA) ou de Dose journalière tolérable (DJT) et a indiqué que ce critère pourrait fournir une protection suffisante de la santé humaine, bien qu'une exposition à la même substance soit possible à partir d'autres sources. La réunion a noté que la DJA (ou DJT) a été élaborée pour évaluer les expositions durant toute une vie, mais qu'il est très improbable qu'un individu consomme le même type de graisse ou d'huile contaminée par un résidu particulier d'une cargaison précédente, de façon régulière. Étant donné que des effets toxiques aigus sont susceptibles de se produire, les experts se sont demandés s'il ne fallait pas définir un critère basé sur une Dose aiguë de référence (DAR). La DJA (ou la DJT) peut être fondée sur les effets d'une exposition à relativement court terme (par exemple, les effets toxiques durant une grossesse) et la DAR a été élaborée pour

¹ CL 2000/44-FO.

évaluer l'exposition sur un seul jour, mais il n'est pas possible d'exclure une exposition répétée aux substances chimiques, de sorte qu'il a été estimé nécessaire de faire référence à la DJA (ou DJT) pour une protection suffisante de la santé publique.

Pour l'estimation de l'exposition à un contaminant provenant d'une cargaison précédente présent dans les graisses et les huiles comestibles, la réunion a supposé qu'un individu consommait 25 grammes de graisse ou d'huile d'un même type par jour, dans son régime alimentaire. Cette valeur se fonde sur une ingestion maximale arrondie d'un même type de graisse ou d'huile (par exemple, huile de soja raffinée) de 22 grammes par personne et par jour. Cette estimation est extraite des Régimes alimentaires par module de consommation du GEMS/Food de l'OMS (Programme de surveillance et d'évaluation de la contamination des produits alimentaires/Système mondial de surveillance continue de l'environnement), qui sont établis sur la base des importations et des exportations et des quantités consommées de diverses graisses ou huiles dans 13 pôles régionaux, divisées par le nombre d'habitants de chaque pôle. Les données sur la consommation alimentaire produites par le Royaume-Uni ou les Pays-Bas par exemple, seraient certes plus appropriées, mais on sait que ces données ne sont disponibles que pour un nombre très limité de pays. C'est pourquoi on a donné la préférence aux régimes alimentaires par module de consommation du GEMS/Food (OMS, 2006a).

Dans un scénario pessimiste, un résidu d'une cargaison précédente pourrait être présent à une concentration de 100 mg/kg de graisse ou d'huile (voir efficacité des procédures de nettoyage). En supposant qu'un individu consomme en moyenne un maximum de 25g de graisse ou d'huile d'un même type par jour, cette concentration résulterait en une dose de résidus d'environ 0,04 mg/kg de poids corporel par jour chez un adulte de 60 kg. Toutefois, ce calcul repose sur les données de consommation concernant les adultes. Comme ils ont des besoins énergétiques plus élevés, les enfants sont souvent 2,5 fois plus exposés que les adultes aux contaminants, à travers leur régime alimentaire. Le facteur de 2,5 permet aussi de prendre en compte les consommateurs qui absorbent des doses élevées. La réunion est donc convenue que, pour l'évaluation des cargaisons précédentes, une DJA (ou une DJT) de 0,1 mg/kg de poids corporel et par jour constitue une exigence minimale pour protéger de manière suffisante les enfants et les consommateurs qui absorbent des doses élevées.

Pour les substances qui sont à la fois mutagènes et cancérigènes, ou qui sont mutagènes et pour lesquelles il n'y a pas de données sur leur action cancérigène, aucune DJA (ou DJT) ne peut être attribuée, de sorte qu'elles ne sauraient être incluses dans les cargaisons précédentes acceptables.

La réunion a reconnu que la persistance et la bioaccumulation étaient implicitement couvertes par la DJA (ou la DJT).

Il peut exister des cargaisons précédentes pour lesquelles on dispose de données toxicologiques insuffisantes pour pouvoir dériver une DJA (ou une DJT). Dans le souci de couvrir ces cargaisons, l'approche basée sur le Seuil de préoccupation toxicologique (SPT) a été étudiée, mais elle n'a pas été retenue. Les substances pour lesquelles les données sont insuffisantes devraient donc être évaluées au cas par cas, ce qui supposera probablement, soit de demander des données toxicologiques supplémentaires, soit d'évaluer des données bien documentées sur la

toxicité d'analogues structuraux de la cargaison précédente étudiée. Toute évaluation de ce type devrait être conduite par le JECFA.

2.2 EFFICACITÉ DES PROCÉDURES DE NETTOYAGE

Le nettoyage des citernes a été considéré comme particulièrement important pour l'examen des cargaisons précédentes acceptables et la réunion en a fait un critère.

Tous les produits de nettoyage utilisés à bord de navires transporteurs de produits chimiques sont évalués par le Comité du Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin de l'OMI (Organisation maritime internationale). La question de leurs effets sur les organismes marins et du risque qu'ils représentent pour les gens de mer est de la plus haute importance. La réunion a considéré que la contamination par des produits de nettoyage ne rentrait pas dans le cadre de cette étude.

Il est possible que des résidus restent dans la citerne et dans les tuyauteries connexes après le nettoyage. Les citernes des navires transporteurs de produits chimiques sont construites en acier inoxydable ou en acier doux revêtu d'un matériel adéquat pour le protéger de la corrosion. Le niveau de contamination est fonction du type de citerne employé. La principale différence entre les deux types de citernes est le degré d'absorption de la cargaison précédente transportée dans des citernes revêtues alors que l'absorption est pratiquement nulle dans les citernes en acier inoxydable. Ce matériau absorbé est ensuite désorbé ou se déplace dans les cargaisons suivantes, et donc les contamine. Afin de prévoir la situation la plus grave, des citernes en acier revêtu ont été utilisées pour estimer la quantité de résidus de la cargaison précédente pouvant être présents dans la cargaison suivante de graisses et d'huiles comestibles.

On a considéré qu'il était improbable que des contaminants provenant d'une cargaison précédente dans un navire de haute mer, soient présents après le nettoyage à une concentration supérieure à 10 mg/kg de graisse ou d'huile et que cette concentration était généralement de l'ordre de 1 mg/kg de graisse ou d'huile dans les citernes en acier inoxydable (Hancock, 2006a), alors que dans les citernes revêtues, elle pouvait atteindre 100 mg/kg de graisse ou d'huile (Chemserve, 2006; Coutts, 1991; Woods, 2000). La réunion a estimé que la concentration maximale de résidu après le nettoyage correspondant à la situation la plus grave était de 100 mg/kg de graisse ou d'huile. Cette valeur se fonde sur les niveaux de contamination possibles dans les citernes revêtues ou dans les citernes de relativement petite taille. Cette estimation est utilisée pour le calcul du critère de toxicologie, soit le critère n° 2 (section 3).

2.3 FACTEUR DE DILUTION

Le facteur de dilution est lié à la quantité² de la cargaison précédente restant dans la citerne après le déchargement, mais avant le nettoyage. Dans le cas le plus défavorable, la concentration maximale de résidus de la cargaison précédente après le nettoyage a été estimée à 100 mg/kg d'huile ou de graisse – niveau également applicable aux citernes de relativement petite taille. Étant donné que le nettoyage est un critère essentiel (critère 1 – section 3), il n'y a pas lieu d'inclure le facteur de dilution parmi les critères.

² Dans le contexte de ce document la « quantité restante » désigne la quantité de la cargaison précédente qui est laissée dans la citerne après qu'elle ait été vidée.

2.4 TRANSFORMATION/RAFFINAGE ULTÉRIEUR DES GRAISSES ET DES HUILES

Pour qu'elles soient mieux acceptées par les consommateurs, les huiles et les graisses subissent un raffinage ultérieur (ordinairement après l'expédition) pour éliminer les produits de l'oxydation et de l'hydrolyse. La grande majorité des huiles végétales expédiées par mer sont raffinées à l'arrivée pour les rendre conformes aux normes de qualité alimentaire. Les composés solubles dans l'eau, les pigments, les gommes et les acides gras libres sont éliminés par démulcination, neutralisation et utilisation d'argiles décolorantes. La dernière étape de la fabrication d'une huile comestible est la désodorisation. Ce processus de distillation à la vapeur, qui se fait à des températures supérieures à 220°C et sous-vide, permet d'éliminer facilement une large gamme de substances, dont certaines ont une pression de vapeur saturante très faible (de 1 mPa).

Cependant certaines huiles ne sont pas raffinées (par exemple, l'huile d'olive vierge), alors que d'autres sont transportées par mer après le raffinage (par exemple, l'huile de palme); il a donc été décidé, pour se placer dans la situation la plus mauvaise, de ne pas prendre en compte le raffinage dans l'estimation de l'exposition possible aux résidus des cargaisons précédentes. L'omission de l'étape de raffinage est implicite dans l'estimation la plus défavorable de la contamination des graisses et huiles comestibles (100 mg/kg de graisses ou d'huiles).

2.5 SOLUBILITÉ DES ÉVENTUELS RÉSIDUS CONTAMINANTS

L'élimination des résidus des cargaisons précédentes est facilitée par une solubilité dans l'eau et une pression de vapeur élevées. Ces deux paramètres doivent être pris en compte dans les processus de nettoyage et de raffinage. La solubilité et la pression de vapeur sont deux éléments qui entrent en jeu dans le choix des procédures de nettoyage à adopter, de sorte qu'elles sont implicitement prises en compte dans l'estimation de la contamination des graisses et des huiles comestibles correspondant au cas le plus défavorable (100 mg/kg de graisse ou d'huile). Comme il a été estimé que le raffinage ne rentrait pas dans le cadre de la discussion, la solubilité et la pression de vapeur ne sont pas incluses dans les critères.

2.6 DISPONIBILITÉ DE MÉTHODES D'ANALYSE

Des méthodes d'analyse appropriées sont disponibles pour détecter la présence de résidus dans la fourchette de concentration maximale supposée, compatible avec une concentration de résidus de 100mg/kg de la cargaison précédente, dans les graisses et les huiles.

Il a été reconnu qu'une contamination pouvait se produire; la réunion a mis au point une approche (c'est-à-dire les critères) pour garantir que cette contamination ne présente pas de risque toxicologique, lorsque les critères sont respectés. Il n'est pas proposé ni considéré comme nécessaire d'établir des limites maximales (LM) à l'appui de ces critères. En conséquence, il n'a pas été inclus dans les critères de méthodes d'analyse pour la détermination des cargaisons précédentes de graisses et d'huiles.

2.7 RÉACTIVITÉ AVEC LES GRAISSES ET LES HUILES COMESTIBLES

La réactivité de la cargaison précédente avec les graisses et les huiles comestibles a été considérée comme particulièrement importante pour l'évaluation des cargaisons précédentes acceptables et la réunion en a fait un critère.

Les graisses et les huiles comestibles sont chimiquement très inertes dans des conditions normales de manutention. Les réactions susceptibles de se produire durant le transport sont l'oxydation et l'hydrolyse. Les températures élevées, l'humidité et la présence de catalyseurs tels que le cuivre favorisent l'hydrolyse et/ou l'oxydation. Cependant, de petits changements dans la qualité de l'huile sont prévisibles et sont corrigés durant le raffinage ultérieur. Des pratiques courantes comme le chargement par le bas de la citerne, l'ajout d'antioxydants avant le chargement, ou la création d'une atmosphère d'azote pour les huiles de haute qualité pendant le transport, peuvent réduire la détérioration des paramètres de qualité.

Il faut cependant tenir compte du fait que la substance chimique peut réagir avec les graisses et les huiles comestibles durant le transport. Les réactions susceptibles d'altérer les paramètres de qualité normaux sont l'oxydation (ou la peroxydation) l'hydrolyse et la saponification. Cependant, les réactions avec le triglycéride ou les impuretés des acides gras dans l'huile ou la graisse (méthylation ou éthylation) doivent être évaluées sur une base toxicologique (critères 2 et 3, section 3).

2.8 ALLERGÉNICITÉ

L'exposition à des substances allergènes chez les individus déjà sensibilisés peut déclencher de graves réactions indésirables, même à de très faibles concentrations. L'allergénicité de la cargaison précédente a été considérée comme particulièrement importante pour l'évaluation des cargaisons précédentes acceptables, et la réunion en a fait un critère.

D'autres aspects ont aussi été jugés pertinents :

- **Changements organoleptiques.** Les changements susceptibles d'entraîner une dégradation de la qualité organoleptique de l'huile (par exemple, l'oxydation, l'hydrolyse) ont été examinés en vue d'en faire un éventuel critère, mais l'idée a été abandonnée car il est peu probable que les huiles altérées entrent dans la chaîne alimentaire, sans avoir subi un raffinage ultérieur. Il a été estimé que les aspects relatifs à la qualité ne rentraient pas dans le cadre de la discussion.
- **Contamination microbiologique.** Les cargaisons précédentes de produits chimiques ne sont pas une source potentielle de contamination microbiologique des cargaisons successives d'huiles et de graisses comestibles. En outre, les graisses et les huiles comestibles sont de mauvais substrats pour la croissance de micro-organismes. La réunion a donc considéré que la contamination microbienne ne constituait pas un risque potentiel pour la santé, et n'était pas conséquent pas un critère.
- **Homogénéité.** L'éventualité d'une inhomogénéité des concentrations de résidus dans des huiles et des graisses comestibles de viscosité élevée, donnant lieu à des « poches » de concentrations élevées de résidus de la cargaison précédente, a retenu l'attention. Les graisses et les huiles comestibles sont expédiées à une température supérieure de 10 à 15° C à leurs points de fusion, pour garantir une faible viscosité. Il a été conclu que le

manque d'homogénéité des cargaisons d'huiles et de graisses comestibles durant l'expédition était une hypothèse peu vraisemblable, compte tenu du brassage efficace causé par le pompage durant les opérations de chargement et de déchargement, les courants de convection et les mouvements du navire. De ce fait, la concentration maximale de résidus de 100 mg/kg de graisse ou d'huile, s'appliquera à tous les sous-échantillons présents dans une citerne.

- **Cargaisons précédentes.** La réunion s'est demandé s'il fallait prendre en considération la cargaison précédente immédiate (c'est-à-dire la toute dernière), la deuxième ou la troisième (avant-dernière ou avant avant dernière). La concentration maximale de résidus estimée à 100 mg/kg de graisse ou d'huile, s'applique à la cargaison précédente immédiate. Les concentrations de résidus provenant de la deuxième et de la troisième cargaisons précédentes sont forcément plus faibles, de sorte que toutes les cargaisons précédentes (immédiate, seconde et troisième) sont implicitement couvertes dans l'estimation la plus pessimiste de la contamination des graisses et huiles comestibles (100 mg/kg de graisse ou d'huile).

3. Liste de critères proposée

Une substance est considérée comme acceptable en tant que cargaison précédente pour les graisses et les huiles lorsqu'elle satisfait aux quatre critères recensés dans l'encadré 1.

ENCADRÉ 1

Critères proposés pour l'évaluation des cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et les huiles

1. La substance est transportée/stockée dans un système conçu de manière appropriée; avec des opérations de nettoyage adéquates, suivies de procédures d'inspection et d'enregistrement efficaces.
2. Les résidus de substance dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile n'ont pas d'effets nocifs pour la santé humaine. La DJA (ou DJT) de la substance doit être supérieure ou égale à 0,1 mg/kg de poids corporel par jour. Les substances pour lesquelles aucune DJA (ou DJT) n'a été fixée doivent être évaluées au cas par cas.
3. La substance ne doit pas être un allergène connu.
4. La plupart des substances ne réagissent pas avec les graisses et les huiles comestibles dans des conditions normales d'expédition et de stockage. Toutefois, si la substance réagit avec les graisses et les huiles comestibles, tous les produits de réaction doivent satisfaire aux critères 2 et 3.

3.1 JUSTIFICATION TECHNIQUE DE CHAQUE CRITÈRE

3.1.1 Critère 1

La substance est transportée/stockée dans un système conçu de manière appropriée; avec des opérations de nettoyage adéquates, suivies de procédures d'inspection et d'enregistrement efficaces.

Les récentes modifications intervenues dans les réglementations régissant le transport maritime des graisses et des huiles comestibles en vrac exigent que ces produits soient transportés par des navires citernes qui doivent transporter un seul type de cargaison par voyage; après le déchargement, les citernes doivent être nettoyées avant le chargement d'une nouvelle cargaison à destination d'un autre port. Les citernes sont donc conçues pour pouvoir être vidangées et nettoyées de manière efficace et pour faciliter l'inspection.

La procédure de nettoyage des citernes des navires de mer est rigoureuse et inclut en général les étapes suivantes:

- Choix d'une opération de nettoyage
- Pré-nettoyage (pulvérisation avec de l'eau de mer froide)
- Nettoyage (pulvérisation avec de l'eau de mer chaude ou de l'eau de mer et des produits de nettoyage)
- Traitements finals: rinçage/arrosage à l'eau douce, traitement à la vapeur, aération/résorption des liquides/séchage
- Vérification des résultats par un chef d'entretien (intérieur de la citerne)

Les citernes, les pompes, les chaînes de remplissage et de vidage sont nettoyées simultanément, de la même manière. L'exploitant du navire doit conserver un enregistrement chronologique du contenu de chaque citerne. De même, l'expert doit consigner par écrit les résultats de l'inspection de chaque citerne avant le chargement de la cargaison suivante.

La réunion a recommandé, pour qu'une substance soit inscrite sur la liste des cargaisons précédentes acceptables, de suivre une procédure de nettoyage reconnue (par exemple, Chemserve (2006); Verwey A (1998)) afin d'éliminer tout résidu de cette cargaison et de conserver un registre de l'inspection de la citerne pour le contrôle de la propreté et de la conformité.

Il peut rester des résidus dans la citerne et dans les tuyauteries connexes, après le nettoyage. Les citernes des navires transporteurs de produits chimiques sont construites en acier inoxydable ou en acier doux revêtu d'un matériel adéquat pour le protéger de la corrosion, et le niveau de contamination est fonction du type de citerne employé. Dans des citernes revêtues, la cargaison précédente est dans une certaine mesure absorbée alors que dans les citernes en acier inoxydable, l'absorption est pratiquement nulle. Le matériau absorbé est ensuite désorbé ou se déplace dans les cargaisons suivantes, et donc les contamine. Afin de prévoir la situation la plus grave, des citernes en acier revêtu ont été utilisées pour estimer la quantité de cargaison précédente pouvant être présente dans la cargaison suivante de graisses et d'huiles comestibles. La réunion a estimé que la concentration maximale de résidu correspondant à la situation la plus grave est de 100 mg/kg d'huile. Cette estimation est utilisée pour le calcul du critère de toxicologie (soit le critère n° 2).

3.1.2 Critère 2

Les résidus de substance dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile n'ont pas d'effets nocifs pour la santé humaine. La DJA (ou DJT) de la substance doit être supérieure ou égale à 0,1 mg/kg de poids corporel par jour. Les substances pour lesquelles aucune DJA (ou DJT) n'a été fixée doivent être évaluées au cas par cas.

Les risques pour la santé associés à l'exposition humaine aux résidus de cargaisons précédentes de graisses et d'huiles comestibles peuvent être couverts par une évaluation du risque toxicologique.

Pour chaque cargaison précédente possible, deux données importantes sont requises:

- Une dose de référence en dessous de laquelle l'exposition à la substance chimique concernée peut être considérée comme étant sans danger (par exemple, DJA ou DJT).
- Une estimation de l'exposition.

Sur la base du cas le plus grave d'exposition, il est possible de déterminer une DJA (ou DJT) minimale requise pour laquelle les cargaisons précédentes ne présentent pas de risque toxicologique. Celle-ci peut servir de critère pour l'évaluation des cargaisons précédentes pour une cargaison suivante de graisses et d'huiles comestibles.

Il est noté que la DJA (ou DJT) a été élaborée pour évaluer les expositions durant toute une vie. Or il est tout à fait improbable qu'un individu consomme le même type de graisse ou d'huile contaminée par un résidu particulier d'une cargaison précédente chaque jour pendant toute sa vie. Des doses de référence d'exposition à court terme, plutôt que des limites d'exposition durant une vie, ont été calculées dans certains cas. Cependant, étant donné que certains effets toxiques sont susceptibles de se produire sur une échelle de temps plus courte (par exemple, durant la grossesse), et qu'il n'est pas possible d'exclure une exposition répétée, il a été estimé nécessaire de faire référence à la DJA (ou DJT) pour une protection suffisante de la santé publique.

En ce qui concerne les substances qui sont à la fois mutagènes et cancérogènes, ou qui sont mutagènes et pour lesquelles il n'y a pas de données sur leur action cancérogène, aucune DJA (ou DJT) ne peut être attribuée, de sorte qu'elles sont exclues des cargaisons précédentes acceptables. Les substances pour lesquelles il n'y a pas de DJA (ou DJT) doivent être examinées au cas par cas.

Les informations fournies plus haut dans le présent document s'appuient sur l'hypothèse pessimiste de la présence d'un résidu d'une cargaison précédente à une concentration de 100 mg/kg de graisse ou d'huile. En supposant qu'un individu consomme en moyenne un maximum de 25 g de graisse ou d'huile d'un même type par jour, cette concentration résulterait en une ingestion de résidus d'environ 0,04 mg/kg de poids corporel par jour chez un adulte de 60 kg. Toutefois, ce calcul repose sur les données de consommation concernant les adultes. En raison de leurs besoins énergétiques plus élevés, l'exposition des enfants aux contaminants par le régime alimentaire est fréquemment 2,5 fois celle de l'adulte. Le facteur de 2,5 permet aussi de prendre en compte les forts consommateurs. La réunion est donc convenue que, pour l'évaluation des cargaisons précédentes, une DJA de 0,1 mg/kg de poids corporel par jour constitue une exigence minimale pour protéger de manière suffisante aussi les enfants et les forts consommateurs.

En conclusion les substances dont la DJA (ou DJT) est inférieure à 0,1 mg/kg de poids corporel par jour ne sont pas considérées comme acceptables en tant que cargaison précédente, sur un plan toxicologique.

3.1.3 Critère 3

La substance ne doit pas être un allergène connu.

L'exposition à des substances allergènes chez les individus déjà sensibilisés peut déclencher de graves réactions indésirables, même à de très faibles concentrations. Si une évaluation du JECFA a noté l'existence de preuves de l'allergénicité d'une substance, la DJA (ou DJT) ne s'applique pas aux individus déjà sensibilisés et la substance ne doit pas être considérée comme acceptable en tant que cargaison précédente.

3.1.4 Critère 4

La plupart des substances ne réagissent pas avec les graisses et les huiles comestibles dans des conditions normales d'expédition et de stockage. Toutefois, si la substance réagit avec les graisses et les huiles comestibles, tous les produits de réaction doivent satisfaire aux critères 2 et 3.

Les graisses et les huiles comestibles sont chimiquement très inertes dans des conditions normales de manutention. Les réactions susceptibles de se produire durant le transport sont l'oxydation et l'hydrolyse, qui sont favorisées par les températures élevées, l'humidité et la présence de catalyseurs tels que le cuivre. Cependant, de petits changements dans la qualité de l'huile sont prévisibles et sont traités durant le raffinage ultérieur. Des pratiques courantes comme le chargement par le bas de la citerne, l'ajout d'antioxydants avant le chargement, ou la création d'une atmosphère d'azote pour les huiles de haute qualité pendant le transport, peuvent réduire la détérioration des paramètres de qualité.

Il faut cependant tenir compte du fait que la substance chimique peut réagir avec les graisses et les huiles comestibles durant le transport. Si des réactions se produisent, les critères concernant les cargaisons précédentes s'appliquent aussi aux produits de réaction.

4. Conclusions et recommandations

Après avoir examiné plusieurs critères possibles de l'acceptabilité des cargaisons précédentes des graisses et des huiles comestibles transportées par mer en vrac, sous forme liquide, la réunion a conclu que dans le scénario pessimiste, quatre critères seulement devaient être retenus, à savoir: le nettoyage, les propriétés toxicologiques, l'allergénicité et la réactivité avec les graisses et les huiles comestibles. Les critères ont été conçus pour couvrir le transport de graisses et d'huiles comestibles, à bord de navires de haute mer. Toutefois, en cas de stockage, ou de transport routier, ferroviaire ou fluvial, ces critères peuvent aussi s'appliquer par défaut.

La réunion a recommandé que le CCFO prenne en considération les critères proposés lors de la finalisation de la liste Codex des cargaisons précédentes acceptables, figurant à l'Annexe 2 du Code d'usages (CAC, 1987).

Références³

- CAC (Commission du Codex Alimentarius).** 1987. *Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac.* CAC/RCP 36-1987 (Rev. 3-2005).
- Chemserve.** 2006. Miracle tank cleaning database (disponible à l'adresse: <http://www.chemserve-marine.com> – accédé en octobre 2006).
- Couts, J.** 1991. *Investigation into contamination of oils and fats by the absorption of previously carried cargo into the tank coating and subsequent release into oil or fat.* Information and Library Service, Felling, Report FLR 67/91R. Données confidentielles.
- Hancock, J.N.S.** 2006a. Report of tank cleaning group. Federation of Oils, Seeds and Fats Associations, Ltd (FOSFA International). Données confidentielles.
- Verwey, A.** 1998. *Tank cleaning guide, chemical laboratory "Dr A Verwey", Rotterdam* (6th ed.) (disponible à l'adresse: <http://www.drverwey.nl>).
- OMS (Organisation mondiale de la santé).** 2006a. *Global Environmental Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food).* GEMS/Food Consumption Cluster Diets (disponible à l'adresse: <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>).
- Woods, B.** 2000. Cargo tank coatings and cargo contamination. Milbros Shipping AS. Données confidentielles.

³ Ces références sont celles qui sont mentionnées dans le rapport principal. Les sources des informations additionnelles fournies juste avant et pendant la réunion figurent dans l'Annexe III.

Annexe I

Ordre du jour de la réunion

Établissement de critères pour les cargaisons précédentes acceptables pour les graisses et les huiles

Bilthoven, Pays-Bas
7–9 novembre 2006

Bienvenue et présentation	<i>Adrienne Sips</i>
Présentation des participants	<i>Wim Mennes</i>
Adoption de l'ordre du jour	<i>Wim Mennes</i>
Absences excusées	<i>Wim Mennes</i>
Déclarations d'intérêt	<i>Wim Mennes</i>
Confidentialité	<i>Wim Mennes</i>
Introduction de la réunion (vue d'ensemble des travaux antérieurs du CCFO, définition du résultat escompté de la réunion)	<i>Maria de Lourdes Costarrica</i>
Description d'une discussion électronique, indication des principaux thèmes; présentation des critères de base et des fondements techniques et scientifiques	<i>Wim Mennes</i>
Organisation de la réunion, vue d'ensemble des procédures et de la discussion	<i>Wim Mennes</i>
Discussions des critères et du contexte technique/scientifique	<i>Tous les experts</i>
Finalisation du document technique et du document sur les critères à l'intention du CCFO	<i>Tous les experts</i>

Document d'information⁴

Table des matières

1. Généralités	20
2. Introduction	21
3. Élaboration des critères relatifs aux cargaisons précédentes	23
3.1 Systèmes de transport/entreposage	23
3.2 Cargaisons précédentes	24
3.3 Huiles et graisses comestibles	25
4. Niveaux de contamination dans les graisses et huiles comestibles	26
4.1 Contamination	26
4.2 Options	27
4.3 Niveaux de contamination escomptés sans nettoyage des citernes	27
4.3.1 Calcul des niveaux de contamination sans nettoyage des citernes	27
4.3.2 Spécifications des citernes et des tuyaux d'alimentation	28
4.3.3 Propriétés physiques et chimiques en rapport avec les résidus présents dans les citernes	30
4.4 Nettoyage des citernes	34
4.4.1 Généralités	34
4.4.2 Propriétés physiques et chimiques en rapport avec le nettoyage	34
4.4.3 Procédures de nettoyage	36
4.4.4 Contrôle du nettoyage	38
4.4.5 Nettoyage des citernes revêtues	40
4.5 Niveaux de contamination escomptés après nettoyage des citernes	42
4.5.1 Citernes en acier inoxydable	42
4.5.2 Citernes revêtues	43
4.6 Homogénéité	44
4.7 Contamination microbienne ou pathologique	44
4.8 Contamination allergénique	44

⁴ Un document d'information a été préparé avant la réunion, sur la base des données reçues à la suite de l'appel lancé, des informations rassemblées par le RIVM, ainsi que des données fournies par les experts. Le document d'information a été examiné dans le cadre d'un échange de courriers électroniques, et les idées émises et les questions soulevées ont été incluses dans le projet de document d'information révisé. Des observations supplémentaires communiquées par les experts avant la réunion ont ensuite été incluses. Le présent document d'information était le principal document technique dont était saisie la réunion et il a été utilisé pour guider les débats.

5. Réactivité des cargaisons précédentes avec les graisses et les huiles comestibles	45
5.1 Réactions possibles	45
5.1.1 Oxydation	45
5.1.2 Hydrolyse	46
5.1.3 Syndrome de l'huile toxique espagnole	48
5.1.4 Autres réactions possibles	48
5.2 Conditions normales durant le chargement/déchargement et le transport/entreposage	49
5.3 Sécurité sanitaire et qualité des graisses et des huiles comestibles	50
6. Méthodes d'analyse	51
7. Raffinage de l'huile	53
7.1 Options	53
7.2 Les procédés de raffinage	53
7.2.1 Démucilagination	54
7.2.2 Neutralisation	54
7.2.3 Frigélisation	54
7.2.4 Décoloration	55
7.2.5 Désodorisation	55
7.3 Capacité d'élimination des résidus durant le raffinage	55
8. Comment protéger la santé publique?	56
8.1 Considérations générales	56
8.2 Dose de référence	56
8.3 Estimation de l'exposition	58
9. Critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables	61
RÉFÉRENCES	64
APPENDICE 1:	
Projet de liste des cargaisons précédentes acceptables (à l'Étape 7 de la Procédure)	69
Avant-projet de liste des cargaisons précédentes acceptables (à l'Étape 4 de la Procédure)	73

1. Généralités

La Commission du Codex Alimentarius (CAC) fixe des normes alimentaires internationales pour protéger la santé des consommateurs et assurer l'usage de pratiques loyales dans le commerce des denrées alimentaires. Les normes, directives et recommandations établies par le Codex sont reconnues par l'Organisation mondiale du commerce (OMC) comme les normes de référence pour la sécurité sanitaire des aliments et en cas de différend dans le commerce international des produits alimentaires. Dans le cadre du système du Codex, le Comité du Codex sur les graisses et les huiles (CCFO) a pour mandat d'élaborer des normes mondiales pour les graisses et les huiles d'origine animale, végétale et marine, y compris la margarine et l'huile d'olive.

À sa vingt-troisième session, la CAC a adopté le Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac (ALINORM 99/37, par. 165 et Annexe VII), qui intègre dans son Annexe II, la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables (en cours d'élaboration).

Le CCFO a considérablement avancé dans l'élaboration de cette liste, en s'appuyant sur les listes fournies par des organisations spécialisées et par les parties intéressées. Les réalisations du Codex dans ce domaine sont résumées brièvement dans le passage qui suit:

- A sa dix-septième session (février 2001), le CCFO est convenu de transmettre le projet de liste des cargaisons précédentes acceptables (Annexe III ALINORM 01/17) à la CAC, à sa vingt-quatrième session, en vue de son adoption à l'étape 5/8, en omettant les étapes 6 et 7.
- Un certain nombre de pays ayant estimé que cette liste était incomplète, une deuxième liste, intitulée Avant-projet de liste des cargaisons précédentes acceptables (Annexe VI, ALINORM 01/17) – est en cours d'élaboration pour examen à l'Étape 3 à la dix-huitième session du CCFO.
- À la vingt-quatrième session de la CAC, il a été souligné qu'il n'y avait pas de critères et de procédures clairement définies pour l'évaluation des substances à inclure dans la liste des cargaisons précédentes acceptables de sorte que la CAC n'avait pas pu parvenir à un consensus sur l'adoption de la liste à l'Étape 8. La CAC a décidé d'adopter la Liste des cargaisons précédentes acceptables uniquement à l'Étape 5 et de l'avancer à l'Étape 6 pour que les problèmes qui se posent soient ultérieurement examinés par le Comité.
- À la dix-huitième session du CCFO, les Délégués ont examiné les deux listes dont ils étaient saisis, mais les discussions n'ont pas abouti et il a été reconnu que la difficulté d'élaborer des critères pour l'évaluation des composés freinait considérablement les progrès.

Par la suite, le CCFO, à sa dix-huitième session et la CAC, à ses vingt-sixième et vingt-septième sessions, ont demandé à la FAO et à l'OMS de fournir des avis scientifiques sur cette question. À sa dix-neuvième session, le CCFO a décidé de maintenir le projet de liste et l'avant-projet de liste des cargaisons précédentes acceptables, respectivement à l'Étape 7 et à l'étape 4, pour qu'ils soient examinés à la vingtième session, à la lumière des avis scientifiques de la FAO et de l'OMS et de toute autre information qui deviendrait disponible d'ici là. Le projet et l'avant-projet de listes des cargaisons précédentes établis par le CCFO constituent l'Appendice 1 du présent document.

La 17^e et la 18^e sessions du Comité ont proposé des critères pour l'inclusion des substances dans la liste Codex des cargaisons précédentes.⁵ D'autres substances pourront être ajoutées après une évaluation appropriée des risques, en tenant compte des facteurs suivants:

- Propriétés toxicologiques, notamment le pouvoir génotoxique et cancérigène (les avis du JECFA – Comité mixte FAO/OMS d'experts des additifs alimentaires - ou d'autres instances reconnues pourront être pris en considération);
- Efficacité des méthodes de nettoyage entre les cargaisons;
- Facteur de dilution en fonction de la quantité possible de résidus présents dans la cargaison précédente et de toute impureté que la cargaison précédente aurait pu contenir, et du volume d'huile ou de graisse transporté;
- Solubilité des résidus contaminants éventuels;
- Raffinage ou transformation ultérieurs de l'huile ou de la graisse; et,
- Disponibilité de méthodes analytiques permettant de détecter des traces de résidus ou de vérifier l'absence de contamination.
 - réactivité des huiles/grasses aux résidus contaminants, le cas échéant;
 - allergénicité

Le groupe de travail actuel a été convoqué par la FAO et l'OMS, avec le concours de l'Institut néerlandais de la santé publique et de l'environnement (RIVM), afin d'établir des critères pour la détermination des substances à inclure dans la Liste Codex des cargaisons précédentes acceptables, figurant à l'Annexe 2 du Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des graisses et des huiles comestibles en vrac (CAC, 1987). Le Comité devrait ainsi être en mesure d'élaborer des principes de gestion des risques, avec des critères d'évaluation pour les substances pouvant être incluses dans les listes des cargaisons acceptables.

Les critères définis par cette réunion seront présentés à la vingtième session du CCFO, prévue pour février 2007.

2. Introduction

Les graisses et les huiles comestibles sont souvent consommées dans une autre région du monde que celle où elles sont produites. Il s'ensuit qu'elles doivent être transportées par camion, par train ou par bateau sur les voies navigables ou par mer, et qu'elles peuvent être entreposées dans des réservoirs situés à terre. Les professionnels du secteur estiment qu'il n'est pas rentable sur le plan économique de gérer une flotte de navires uniquement réservée au transport de graisses et d'huiles comestibles car les vraquiers devraient revenir vides à leurs ports origine. Les professionnels du commerce des graisses et des huiles comestibles et des transports maritimes tirent parti du fait que les navires peuvent transporter d'autres marchandises non alimentaires avant et après le chargement de graisses et d'huiles comestibles. Cela signifie que les cargaisons précédentes peuvent avoir contenu de nombreuses substances chimiques.

⁵ CL 2000/44-FO.

A l'heure actuelle, les cargaisons peuvent être classées comme:

- interdites (liste des cargaisons interdites déjà approuvée par le Codex);
- acceptables (liste en suspens au Codex); ou
- ne figurant sur aucune de ces deux listes (cas de la majorité des substances chimiques).

L'existence de ces trois catégories découle de la manière dont les graisses et les huiles comestibles sont commercialisées. La Fédération des associations d'huiles, graines et graisses (FOSFA International) est un organisme international d'arbitrage et d'émission de contrats, qui s'occupe exclusivement du commerce international de produits oléagineux, d'huiles, de graisses et d'arachides comestibles. Environ 85 pour cent des navires transportant des cargaisons d'huiles opèrent en vertu d'un contrat FOSFA. Les 15 pour cent restants ont des contrats équivalents, mais avec d'autres organisations.

Un contrat type de FOSFA est un contrat « conditionné par la liste interdite », ce qui signifie que l'acheteur accepte l'huile livrée, sous réserve que la cargaison précédente de la citerne du navire ne figure pas sur la liste interdite. Le contrat peut-être converti en contrat « basé sur la liste acceptable », grâce à l'insertion, d'un commun accord entre les deux parties, d'une clause facultative appelée clause « AS9 » :

La clause suivante prend effet à partir du 1^{er} Octobre 2005 et doit être librement consentie entre les acheteurs et les vendeurs. La cargaison précédente immédiate contenue dans les citernes, tuyaux et systèmes de pompage recevant les graisses et les huiles doit avoir été une substance inscrite sur la Liste FOSFA des Frets Antérieurs Acceptables, en vigueur à la date du Connaissement. Les restrictions au-delà de la cargaison précédente directe sur la liste FOSFA des Frets antérieurs acceptables, s'appliqueront. Les déclarations se référant aux cargaisons précédentes, exigées au titre de la clause relative aux documents de paiement et d'expédition, feront foi. La référence à la liste interdite, contenue dans ce document ne s'appliquera pas.

Ainsi, le destinataire n'accepte la cargaison que si la cargaison précédente contenue dans la citerne figurait sur la liste acceptable de FOSFA. Bien que quelques régions et quelques pays (par exemple, l'Union européenne et les États-Unis) aient entériné les contrats basés sur la liste acceptable dans leur législation nationale, la majorité des pays ont conduit une évaluation des risques sous l'égide du gouvernement ou de la profession et ont jugé satisfaisants et accepté les contrats conditionnés par la liste interdite. Ainsi, la majorité des graisses et des huiles comestibles commercialisées dans le monde ont eu une cargaison précédente qui ne figure sur aucune des deux listes. Le principal intérêt des contrats basés sur la liste acceptable est de réduire le risque de contamination du produit par des résidus quelconques de la cargaison précédente.

Le Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac (CAC, 1987) contient déjà la Liste des cargaisons précédentes interdites. La liste Codex des cargaisons précédentes acceptables, présentée à l'Appendice 1 du présent document est en cours d'élaboration. Deux questions restent à définir:

- Projet de liste des cargaisons précédentes acceptables à l'étape 7
- Avant-projet de liste des cargaisons précédentes acceptables à l'étape 4

3. Élaboration des critères relatifs aux cargaisons précédentes

3.1 SYSTÈMES DE TRANSPORT/ENTREPOSAGE

Les graisses et les huiles comestibles peuvent être transportées par route, par voie ferrée, par voies navigables ou par mer, ou être entreposées dans des réservoirs de stockage avant ou après le transport.

A la suite de la discussion par courrier électronique, deux options ont été identifiées pour mieux circonscrire le débat sur l'examen des critères à établir pour les cargaisons précédentes.

Option 1. Transport en vrac, uniquement par mer

Pour l'établissement des critères permettant de déterminer si une substance peut être ajoutée à la liste des cargaisons précédentes autorisées, seul le transport en vrac par mer est pris en considération, pour deux raisons:

- Il n'est pas rentable que des navires affectés au commerce de produits alimentaires, reviennent « à vide » à leur port d'origine. Le commerce maritime repose sur la possibilité de déterminer par contrat l'itinéraire et les cargaisons à transporter. Ces exigences économiques concernant les utilisations non alimentaires ne sont pas valables pour le transport terrestre.
- Les autorités nationales ont en principe déjà des règlements ou des directives concernant l'innocuité et la sécurité des produits alimentaires (y compris les graisses et les huiles comestibles), applicables au transport terrestre.
- Dans l'Union européenne (UE), les graisses et les huiles comestibles ne peuvent être acheminées que dans des citernes réservées au transport des denrées alimentaires; la seule exception concerne le transport par mer, en vrac (UE, 1996, 2004a, 2004b).

Depuis 6 ans, le CCFO a concentré ses travaux relatifs aux cargaisons précédentes sur le transport maritime des huiles et des graisses comestibles, en vrac. En fondant son projet de liste des cargaisons précédentes acceptables sur les listes UE, FOSFA et NIOP (Institut national des produits oléagineux), qui s'appliquent toutes au transport maritime en vrac, le CCFO a confirmé qu'il s'agissait bien du domaine à étudier. Dans le cas des péniches, des wagons de chemin de fer, des camions-citerne et des conteneurs-citernes ISO (Organisation internationale de normalisation) réservés au transport de denrées alimentaires, la situation est beaucoup moins problématique car beaucoup de pays ou de régions (par exemple, l'UE, les États-Unis et la Malaisie) ont leurs propres lois concernant les denrées alimentaires et ces moyens de transport. Les mêmes critères pourraient s'appliquer aux réservoirs de stockage. La plupart des parcs à réservoirs de stockage séparent les citernes alimentaires et non alimentaires, et ne modifient par leur utilisation. Toutefois, si ces citernes passent d'une utilisation chimique à une utilisation alimentaire, c'est généralement la liste FOSFA qui s'applique.

Option 2. Transport terrestre ou maritime, en vrac

Le Code d'usages (CAC, 1987) couvre la manutention, l'entreposage et le transport des huiles et des graisses comestibles en vrac, et inclut les réservoirs de stockage terrestres, les citernes de navires, les camions et les wagons-citernes et les conteneurs de liquide en vrac (citernes ISO). Bien que la majorité des graisses et des huiles en vrac faisant l'objet d'un commerce international soient transportées par mer, il peut être nécessaire de prendre en considération toute la portée du Code d'usages adopté.

Différents facteurs de dilution affectant l'estimation des résidus contaminants, s'appliquent. Les rapports surface-volume sont moins favorables pour le trafic ferroviaire et routier que pour le transport maritime, et les procédures de nettoyage des citernes ne sont pas les mêmes pour les bateaux, les trains ou les camions. On dispose de très peu d'informations concernant le transport terrestre (volumes des citernes, surface utile des citernes, procédures de nettoyage, etc.).

3.2 CARGAISONS PRÉCÉDENTES

A l'heure actuelle, les graisses et les huiles comestibles peuvent être acheminées sur n'importe quel type de navire et leur transport est très peu règlementé. Les capacités de transport maritime sont insuffisantes pour que les navires puissent être exclusivement affectés à des cargaisons spécifiques.

Toutefois, durant la dernière décennie, l'Organisation maritime internationale (OMI, une institution des Nations Unies) a révisé les réglementations internationales concernant la pollution maritime et la sécurité des matelots. Les réglementations de l'OMI s'appliquent à tous les navires océaniques et à tous les pays, et il existe trois classes de navires (type 1, 2 ou 3), les navires de type 1 étant ceux qui peuvent transporter les substances les plus nocives, alors que les navires de type 3 transportent les produits les moins dangereux. Le principal résultat de cette révision est que les graisses et les huiles et comestibles doivent être transportées dans des chimiquiers de type 2, à dater du 1^{er} janvier 2007. Certains craignaient qu'il n'y ait pas suffisamment de tonnage de type 2 pour garantir que le commerce de ces produits de grande série ne soit pas perturbé. Ceci a incité à réviser l'Annexe II de MARPOL 73/78 (Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires) qui règlemente la prévention de la pollution par les substances liquides nocives transportées en vrac, par mer (à l'exception des huiles minérales). La Règle 4.1.3 de l'Annexe II a été développée, pour autoriser le transport à bord de navires de type 3 des graisses et des huiles comestibles non modifiées accompagnées de la note k), dans la colonne e), dans le chapitre 17 du Recueil international de règles sur les transporteurs de produits chimiques (Recueil IBC), à condition que ces chimiquiers répondent à toutes les exigences des navires de type 3, et soient pourvus de double fonds et de doubles parois conformes aux spécifications énoncées à la règle 4.1.3 (OMI, 2002, 2006a). Les chimiquiers de types 2 et 3 à doubles fonds et à doubles parois sont conçus pour transporter des liquides pendant une partie du voyage, décharger au port et charger d'autres marchandises liquides (ayant des propriétés différentes) avant de poursuivre leur route. Ils se nettoient facilement et sont tous dotés de systèmes de nettoyage intégrés. Les nouveaux règlements précisent que les citernes doivent être séparées de la coque du navire et situées à au moins 1 mètre du moulage du navire; cela signifie qu'elles n'épousent pas les formes pas toujours droites du bateau, ce qui facilite le nettoyage. Ces navires doivent aussi pouvoir aspirer par pompage la quasi totalité du contenu de la citerne et, par conséquent être équipés de pompes à arbre long, afin de réduire la quantité de résidus laissés au fond de la citerne et de minimiser tout risque de contamination.

Les cargaisons classées comme de type 1 dans le chapitre 17 du Recueil IBC, sont les suivantes (IMO, 2006b):

- mélanges de phosphate d'alkylaryle
- alkyldiméthylamines
- solutions d'hypochlorite de calcium
- paraffines chlorées
- N-(2-methoxy-1-méthyl éthyl)-2-éthyl-6-méthyl chloroacétanilide
- méthyl cyclopentadiényl manganèse tricarbonyl,

- acide chlorosulphonique
- 1,5,9-cyclododécatène
- acrylate décylque
- adipate di-n-hexylique
- N,N-dimethyldodécylamine
- tert-dodécane-thiol
- métam sodium en solution
- méthyl cyclopentadiényle
- manganèse tricarbonyl,
- agents antidétonants de l'essence (contenant des alkyls de plomb)
- nonylphénol
- liquides nocifs NF ST1 ou F ST1
- phosphore blanc
- substances aromatiques polycycliques
- 1,2,3-trichlorobenzène fondu
- phosphate de tricrésyle

Les cargaisons d'huiles minérales sont également réservées aux navires de type 1 (classes de l'OMI) (traités à l'Annexe I de la convention de MARPOL) (OMI, 2002).

Les substances dont le transport n'est autorisé qu'à bord de navires de type 1 n'entreront jamais en contact avec les cargaisons de graisses et d'huiles comestibles acheminées par des navires de type 2 et 3. Les substances pour lesquelles des navires classés de type 1 sont exigées ne peuvent probablement être inscrites sur aucune liste des cargaisons acceptables. L'un des critères pour l'inclusion sur la liste acceptable pourrait donc être que les cargaisons précédentes ne soient pas transportées par des navires de type 1.

Les citernes des navires qui transportent des huiles et des graisses comestibles contiennent des boues de kaolin. Ces types de cargaisons sont brassées dans la citerne, généralement de bas en haut pour les empêcher de se déposer pendant le voyage. Ces cargaisons, devraient être incluses, de même que les produits chimiques en solution, qui sont solubles dans l'eau.

Les denrées (autres huiles, jus de fruits concentrés), les additifs alimentaires et les saveurs, transportés sous forme liquide, sont des cargaisons précédentes acceptables. Ces cargaisons ne figurent pas sur la liste du Chapitre 17 du Recueil IBC.

3.3 HUILES ET GRAISSES COMESTIBLES

La question de la contamination par des cargaisons précédentes ne se pose pas si les huiles et les graisses (solides ou liquides) sont transportées en colis (fûts, cartons, bouteilles, boîtes), empilés dans des conteneurs de 20 tonnes ou palettisés. D'une part le conditionnement prévient la contamination et d'autre part ces graisses et huiles et ne sont pas acheminées dans des navires-citernes adaptés au transport de produits chimiques (liquides), ce qui est encore plus important. C'est pourquoi les critères proposés dans le présent document ne s'appliquent pas aux cargaisons précédentes d'huiles et de graisses transportées en colis.

Pour l'élaboration des critères permettant de déterminer si une substance peut être ajoutée à la liste des cargaisons précédentes autorisées, seules les graisses et les huiles transportées sous forme liquide, en vrac (à une température appropriée) sont prises en considération. Le terme "comestible" inclut les graisses et les huiles qui sont destinées à l'industrie oléochimique pour utilisation dans les produits de soins personnels. Le Tableau 1 de l'Annexe 1 du Code d'usages (CAC, 1987) inclut des huiles non comestibles, telles que l'huile de ricin, l'huile de poisson et l'huile de lin, qui sont utilisées dans l'alimentation animale, ou entrent dans la fabrication de produits pharmaceutiques ou de produits de soins personnels. En outre, de nombreuses graisses et huiles destinées à la consommation humaine entrent aussi dans la fabrication de produits de soins personnels (par exemple, le beurre de

cacao, le beurre d'Illipé, l'huile d'olive, le beurre de karité et le suif. Les graisses et les huiles en question sont souvent revendues et achetées par plusieurs parties, souvent quand elles sont « sur mer ». Les huiles brutes (comme l'huile de coco) peuvent être achetées par une entreprise oléochimique, puis être vendues à un fabricant de produits alimentaires. Comme les graisses et les huiles en question sont commercialisées avant que l'on connaisse leur destination finale, qui peut être aussi bien alimentaire qu'oléo-chimique, on doit garantir la sécurité sanitaire de tous les produits de qualité alimentaire.

4. Niveaux de contamination dans les graisses et les huiles comestibles

4.1 CONTAMINATION

- **Code d'usage du Codex (CAC, 1969).** La contamination s'entend de l'introduction ou de la présence d'un contaminant dans un aliment ou dans un environnement alimentaire. Un contaminant est tout agent biologique ou chimique, toute matière étrangère ou toute autre substance n'étant pas ajoutée intentionnellement aux produits alimentaires et pouvant compromettre la sécurité ou la salubrité.
- **Code d'usages du Codex (CAC, 1987).** Une contamination indésirable peut résulter de la présence de résidus d'une substance ayant séjourné précédemment dans les installations, d'impuretés, d'eau de pluie ou d'eau de mer, ou de l'introduction accidentelle d'un produit différent.
- **UE (UE, 1993).** On entend par « contaminant » toute substance qui n'est pas intentionnellement ajoutée à la denrée alimentaire, mais qui est cependant présente dans celle-ci comme un résidu de la production (y compris les traitements appliqués aux cultures et au bétail et dans la pratique de la médecine vétérinaire), de la fabrication, de la transformation, de la préparation, du traitement, du conditionnement, de l'emballage, du transport ou du stockage de ladite denrée, ou à la suite de la contamination par l'environnement. Les matières étrangères telles que, par exemple, débris d'insectes, poils d'animaux et autres ne sont pas couvertes par cette définition.

Seule la contamination par les cargaisons précédentes nous intéresse ici. La contamination par des produits de nettoyage ne devrait pas être prise en considération. Tous les produits de nettoyage utilisés à bord de navires-citernes pour produits chimiques sont évalués par le Comité du Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin (GESAMP), pour l'OMI. Le GESAMP a été établi en 1967 par plusieurs institutions des Nations Unies, dans le but de fournir des avis à ces institutions et, par leur intermédiaire, aux Gouvernements de leurs pays membres, sur un problème qui venait d'être reconnu comme une menace majeure. Depuis lors, le GESAMP s'est réuni régulièrement et en 1993, son rôle a été élargi à tous les aspects scientifiques de la prévention, de la réduction et de la maîtrise de la dégradation de l'environnement marin, de manière à préserver les systèmes permettant la vie, les ressources et les éléments d'agrément. La question de l'impact des produits de nettoyage sur la vie marine, et du risque qu'ils représentent pour les gens de mer, est très importante.

4.2 OPTIONS

À l'issue de la discussion par courrier électronique, deux options ont été retenues pour examen.

Option 1. Contamination provenant de citernes soumises à une procédure de nettoyage

Il est inutile de s'interroger sur les types de résidus qui peuvent être laissés dans les citernes des navires non nettoyées, car elles sont toujours lavées entre deux cargaisons, sauf dans des circonstances tout à fait exceptionnelles, par exemple si un navire ayant transporté du méthanol (solvant hautement volatil) charge un autre produit chimique compatible avec le méthanol. Les citernes des navires sont toujours nettoyées avant de recevoir des huiles et des graisses comestibles. Les propriétaires/expéditeurs de marchandises qui transportent des huiles et des graisses comestibles savent que ces produits font partie de la chaîne alimentaire. Les vendeurs et les acheteurs savent aussi évidemment que les produits sont des graisses et des huiles. Une citerne de taille moyenne (par exemple, 3 000 tonnes), remplie de graisses et d'huiles vaut au bas mot entre 1,5 et 2,5 millions de dollars EU. Aucun vendeur, acheteur ou expéditeur ne prendrait le risque d'abîmer la cargaison, encore moins de réduire sa valeur, en ne lavant pas la citerne avant le chargement – alors que le nettoyage doit coûter environ 250 dollars EU. Aucune compagnie d'assurance ne garantirait le chargement, ou n'indemniserait une contamination due au fait que la citerne n'a pas été lavée. Aucun expert en navire ne laisserait charger les marchandises de son client dans une citerne qui n'est pas propre et sèche. Il se peut, bien sûr, que la procédure de nettoyage n'ait pas été effectué correctement – par exemple qu'une petite quantité de la cargaison précédente soit restée dans les tuyauteries, entre la pompe et le manifold du navire. En effet, le chef d'entretien a beau inspecter chaque bout des tuyaux, il ne peut pas voir ces zones. Bien que l'eau de lavage soit recirculée dans toutes les conduites, elle est considérée comme une source potentielle de résidus dans la cargaison suivante.

Option 2. Contamination par des citernes non soumises à une procédure de nettoyage

L'évaluation de l'exposition aux (résidus des) cargaisons précédentes pourrait se faire au cas par cas, pour chaque combinaison de cargaison précédente et de navire. Cependant, il est préférable d'adopter une approche plus générale, en partant du principe qu'une certaine quantité d'une cargaison précédente reste dans les citernes et dans les tuyauteries.

4.3 NIVEAUX DE CONTAMINATION ESCOMPTÉS, SANS NETTOYAGE DES CITERNES

4.3.1 Calcul des niveaux de contamination sans nettoyage des citernes

Pour l'estimation la plus pessimiste des niveaux de concentration (en g/kg) des cargaisons précédentes de graisses et d'huiles (sans nettoyage), la formule ci-après est proposée:

$$\text{Conc} = \frac{\text{Density}_{\text{previous_cargo}} \times \text{Remainder} \times 1000}{\text{Density}_{\text{oil}} \times \text{Volume}_{\text{tanker}} \times \text{fraction}_{\text{filled}}} \quad (\text{formule 1})$$

$$\text{Conc} = \frac{\text{Densité}_{\text{cargaison précédente}} \times \text{Restant} \times 1000}{\text{Densité}_{\text{huile}} \times \text{Volume}_{\text{navire-citerne}} \times \text{fraction}_{\text{remplie}}}$$

La quantité restant⁶ dans la citerne et les tuyauteries dépend d'une part de l'efficacité de pompage et d'autre part des propriétés physiques et chimiques d'une substance.

La quantité laissée sur les parois de la citerne et dans les tuyaux d'alimentation peut être calculée à partir de la surface utile de la citerne et des tuyauteries et de l'épaisseur de la couche de la cargaison précédente restée dans la citerne.

La quantité restant dans la citerne (en m³) se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$\text{Remainder} = \text{Remainder}_{\text{pump}} + (\text{Surface Area}_{\text{tank}} + \text{Surface Area}_{\text{supply_line}}) \times \text{Layer} \quad (\text{formule 2})$$

$$\text{Restant} = \text{Restant}_{\text{pompe}} + (\text{Surface utile}_{\text{citerne}} + \text{Surface utile}_{\text{tuyauteries}}) \times \text{Couche}$$

4.3.2 Spécifications des citernes et des tuyaux d'alimentation

Comme le montre la formule 1, le niveau de concentration sans nettoyage dépend des dimensions du compartiment de citerne. Si l'on tient compte des spécifications relatives aux navires-citernes et aux tuyaux d'alimentation, on peut calculer divers niveaux de contamination.

- Il existe divers types de navires de mer qui transportent des huiles et des graisses comestible, depuis les petits caboteurs de 1 000 tonnes de port en lourd jusqu'aux chimiquiers océaniques d'environ 50 000 tonnes de port en lourd. Ces navires peuvent avoir de nombreuses citernes individuelles d'une capacité allant de 200 à 6 000 tonnes, chacune possédant son propre circuit de pompes et de conduites de (dé) chargement. En supposant qu'1 tonne = 1 m³, les volumes sont compris entre 200 et 6 000 m³ (OMI, 2002; Tankers, 2006; CAC, 1987).
- Les citernes sont censées avoir une forme rectangulaire (hypothèse d'experts). La surface utile correspondante des compartiments de citerne des navires de mer devrait être comprise entre 232 et 4 564 m² (longueur fictive = 12,5 à 187,5 m, hauteur = 4 m, profondeur = 4 à 8 m – selon les hypothèses des experts).
- Les bateaux de navigation intérieure ont une capacité comprise entre 20 et plus de 3 000 tonnes, avec une capacité de charge généralement comprise entre 1 000 et 1 500 tonnes. Les volumes sont estimés à 20 à 3 000 m³ (Scheldenet, 2000).
- On ne dispose d'aucune donnée sur les wagons-citernes et les réservoirs d'entreposage.
- Le transport routier des marchandises liquides peut se faire en barils (30–450 litres), en conteneurs (450–3 000 litres) ou dans des camions-citernes (30 m³) (CIW, 2002). Les véhicules routiers peuvent charger jusqu'à 40 tonnes de produits et sont constitués de compartiments séparés de 5 tonnes (Karlshamms, 2006). Les véhicules routiers ont une capacité comprise entre 20 et 58 m³, avec un maximum de huit compartiments (2,5 à 7,25 m³ par compartiment) (De Rijke, 2006). La capacité des citernes mobiles (véhicules routiers/ferroviaires, citernes amovibles) ne dépasse généralement pas 100 tonnes (Hancock, 2006b). Le transport en vrac devrait de préférence se faire dans des camions-citernes. On estime que les volumes sont compris entre 5–100 m³.
- Les citernes sont censées avoir une forme rectangulaire (hypothèse d'experts). La surface utile des compartiments de citernes servant au transport

⁶ Dans le contexte de ce document, la quantité "restant" est la quantité de la cargaison précédente laissée dans la citerne une fois qu'elle a été vidée de son contenu.

routier/ferroviaire/fluvial ou à l'entreposage est estimée à 18 à 166 m² (longueur fictive = 1,25 à 12,5 m, hauteur = 2 m, profondeur = 2 à 4 m – hypothèses d'experts).

- Les tuyaux d'alimentation sont censés avoir une forme cylindrique. Il y a ici deux sortes de tuyaux d'alimentation qui nous intéressent, ceux servant à introduire les graisses et les huiles et ceux servant à les enlever. A supposer que l'on utilise le même tuyau d'alimentation pour décharger la cargaison précédente et pour charger les graisses et des huiles dans le même système de réservoirs, c'est durant l'introduction des huiles et graisses que les niveaux de contamination seront les plus élevés. C'est pourquoi, on ne prendra en considération que les surfaces utiles des tuyaux d'alimentation utilisés pour l'introduction des graisses et des huiles. La surface utile de la conduite d'alimentation d'une citerne de navire est estimée à 79 m² (longueur fictive = 50 m, diamètre = 0,5 m – hypothèses des experts).
- La surface utile d'une conduite d'alimentation d'une citerne servant au transport routier/ferroviaire/fluvial ou à l'entreposage est estimée à 6 m² (longueur fictive = 10 m, diamètre = 0,2 m – hypothèses d'experts). Le diamètre des tuyaux d'alimentation des véhicules routiers est de 0,08 m (Karlshamms, 2006).
- Fraction remplie = 0,60. FOSFA exige que les citernes des navires de mer soient remplies à plus de 60 pour cent (FOSFA, 2005a).

Les citernes de petite ou de grande taille ont des rapports surface-volume comparables, ce qui paraît surprenant. Bien que ces rapports diminuent au fur et à mesure que la taille de la citerne augmente, étant donné que les citernes de transport ont des volumes limités (aussi bien par un plancher que par un plafond), on constate que pour toutes les tailles réalistes de citernes, les rapports surface-volume s'inscrivent dans le même ordre de grandeur. D'une manière générale, on peut raisonnablement supposer que toutes les citernes ont la même proportion relative de 1 m²/1 m³ (Chemserve, 2006).

Dans l'hypothèse la plus pessimiste, les niveaux de concentration des cargaisons précédentes, sans nettoyage, (densité cargaison précédente = 1 800 kg/m³, densité huile = 900 kg/m³, fraction remplie = 0.60, restant pompe = 1 m³, couche = 2 × 10⁻³ m pour une cargaison très visqueuse de 10 000 mPa.s) sont estimés comme suit (*formule 1 et formule 2*):

- 5,7 à 27 g/kg d'huile pour les compartiments de citerne des navires de mer (200 à 6 000 m³, surface 232 à 4 564 m² pour les citernes et 79 m² pour les tuyaux d'alimentation).
- 45 à 700 g/kg pour les compartiments de citernes de véhicules routiers (5 à 100 m³, surface 18 à 166 m² pour les citernes et 6 m² pour les tuyaux d'alimentation).

À supposer que la cargaison moyenne d'une citerne de chimiquier soit de 1 000 tonnes, si l'on admettait que 10 g/kg (1 pour cent) de la cargaison précédente soit laissée et reportée dans la cargaison suivante, la contamination serait de 10 tonnes dans la cargaison suivante, et personne ne se risquerait plus à expédier des marchandises par mer. Aucun vendeur ou destinataire n'accepterait de perdre 1 pour cent de la cargaison. Les niveaux de contamination qui viennent d'être indiqués sont donc hautement improbables.

Il est difficile de prendre en considération les aspects techniques particuliers du transport et de l'entreposage, d'où la nécessité de déterminer le volume de réservoir (et des surfaces correspondantes de la citerne et des tuyaux d'alimentation) que

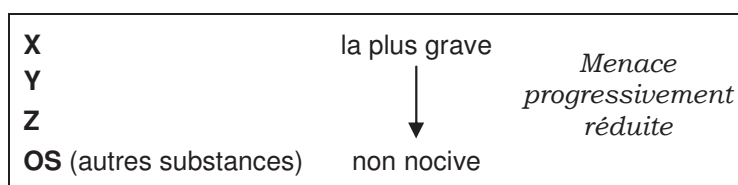
l'on considère comme approprié pour évaluer l'acceptabilité des cargaisons précédentes. Les compartiments de citerne les plus petits représentent la situation la plus défavorable.

4.3.3 Propriétés physiques et chimiques, en rapport avec les résidus présents dans les citernes

Les propriétés physiques et chimiques d'une substance devraient être prises en compte pour déterminer si une substance spécifique peut être admise comme cargaison précédente.

Pour une substance de faible viscosité, c'est l'efficacité de pompage à elle seule qui détermine la quantité restant dans le réservoir et les tuyaux d'alimentation. Pour une substance de viscosité élevée, c'est l'efficacité de pompage et la quantité laissée sur les parois de la citerne et les tuyaux d'alimentation qui détermine la quantité restante.

Dans le cadre des révisions apportées en 2007 à l'Annexe II de la convention MARPOL 73/78, les cargaisons chimiques considérées comme présentant un risque pour l'environnement ont été divisées en quatre « catégories de pollution » de l'Annexe II de MARPOL 73/78 (X, Y, Z, OS), sur la base de leur impact potentiel :



Les autres substances (OS) sont considérées comme non nocives pour l'environnement marin, de sorte qu'elles ne sont pas réglementées. Les prescriptions concernant les quantités résiduelles (assèchement des citernes) diffèrent selon la date de construction du navire et les cargaisons que le navire est certifié transporter:

- Les bateaux dont la quille a été posée le 1er janvier 2007 ou après cette date ne devraient pas avoir plus de 75 litres dans chaque citerne avec son circuit de pompage et ses tuyauteries (aucune tolérance possible).
- Les bateaux dont la quille a été posée entre le 1er juillet 1986 et le 1er janvier 2007 (non compris) devraient avoir 100 litres pour les catégories X et Y, et 300 litres pour la catégorie Z, avec une tolérance de 50 litres.
- Les bateaux dont la quille a été posée avant le 1er juillet 1986 devraient avoir 300 litres pour les catégories X et Y, et 900 litres pour la catégorie Z, avec une tolérance de 50 litres (Lloyd's Register, 2005).

Les graisses et les huiles comestibles sont transportées à bord de navires de type 2 ou 3, qui sont autorisés à acheminer des substances appartenant aux catégories de pollution X, Y, Z ou OS. Le plafond de résidus est donc de 75 litres pour les nouveaux bateaux et de 950 litres pour les anciens. Le plafond de résidus est déterminé dans un "test d'assèchement", utilisant de l'eau comme cargaison. Le plafond de résidus est donc basé sur une substance non visqueuse.

Faute de données disponibles sur l'efficacité de pompage concernant les citernes servant au transport routier/ferroviaire/fluvial ou à l'entreposage, on a considéré

que le volume était le même pour ces citernes, et le Restant pompe par défaut est fixé à 1 m³ (arrondi, sur la base de 950 litres pour les vieux bateaux).

L'épaisseur de la couche dépend des propriétés physiques et chimiques de la cargaison précédente à la température de déchargement, à savoir la viscosité, la volatilité (pression de vapeur) et l'absorption dans la surface de la citerne ou dans les tuyaux d'alimentation. L'absorption est importante dans les citernes d'acier doux revêtues d'un matériau organique, mais quasiment nulle dans les citernes en acier inoxydable. La question de l'absorption est traitée dans la section sur le nettoyage, de sorte qu'elle n'est pas prise en considération ici. On ne dispose d'aucune donnée sur les quantités absorbées ou désorbées. Des données sur la viscosité et la pression de vapeur sont généralement disponibles pour les substances à des températures de 20 à 25°C. A des températures plus élevées, la viscosité diminue et la pression de vapeur augmente. Il est donc préférable d'avoir des données à la température du déchargement.

Viscosité de la cargaison précédente

La viscosité d'un liquide est une mesure de la résistance à l'écoulement quand une force de cisaillement est appliquée. La ligne directrice 114 de l'OCDE (OCDE, 1981) décrit les principes de mesure des liquides Newtoniens et non Newtoniens. La viscosité (viscosité dynamique) se mesure en mPa.s (milli Pascal seconde). La viscosité cinématique est le rapport entre la viscosité (dynamique) et la densité à une température donnée. Il existe plusieurs autres unités de mesure de la viscosité (OMI, 2002):

Viscosité dynamique:	0.01 P (Poise) = 1 cP (centiPoise) = 0.01 g cm ⁻¹ s ⁻¹ = 0.001 N s m ⁻² = 1 mPa.s
Viscosité cinématique	1 cSt (centistoke) = 1 mm ² s ⁻¹

La viscosité des cargaisons liquides varie entre 0,2 et 10 000 mPa.s, à 20°C (Tableau 1).

TABLEAU 1
Viscosité des cargaisons liquides

Cargaison liquide	Viscosité à 20 °C (mPa.s)
Oxyde de diéthyle	0,233
Eau	1,00
Éthanol	1,2
Acide sulfurique	28
Huile d'olive	84
Huile de ricin	986
Glycérol	1 490
Miel	2 000–3 000
Mélasse épuisée	5 000–10 000

A des températures plus élevées, la viscosité diminue (Tableau 2).

TABLEAU 2
Relation température/viscosité

	20°C	40°C	60°C
Viscosité Eau:	1,00	0,66	0,47
(mPa.s) Huile de ricin:	986	231	80

La viscosité d'une cargaison est un paramètre très important quant il s'agit de transport maritime. Les règles révisées de l'OMI stipulent qu'une cargaison est considérée comme de viscosité élevée, si cette viscosité dépasse 50 mPa.s, à une température de 20°C. L'OMI exige que le capitaine du navire soit informé de la viscosité de la cargaison à 20°C, avant le chargement. Si la viscosité est supérieure à 50 mPa.s, le capitaine doit être informé de la température à laquelle elle tombe en dessous de 50mPa.s. Si la cargaison est déchargée à une température plus basse, les premières eaux de lavage de la citerne ne doivent pas pompées en mer, mais à terre pour être évacuées. La plupart des huiles végétales sont chargées et déchargées à une température dépassant de 10 à 15°C leur point de fusion (AFOA, 2006).

Pression de vapeur de la cargaison précédente

La pression de vapeur est la pression exercée quand un solide ou un liquide est en équilibre avec sa propre vapeur. À l'équilibre thermodynamique, la pression de vapeur ne dépend que de la température. La ligne directrice 104 de l'OCDE (OCDE, 2006) présente sept méthodes permettant de déterminer la pression de vapeur d'une substance. A partir de pressions de vapeur à trois températures différentes, on calcule par inter ou extrapolation la pression de vapeur à 25°C.

La pression de vapeur se mesure en Pa (Pascal), mais il existe plusieurs autres unités de mesure (OMI, 2002):

1 cm Hg = 1.333 × 103 Pa	1 bar = 105 Pa
1 atm = 1.01325 × 105 Pa	1 mbar = 1 kPa

La pression de vapeur augmente avec la température. Les termes descriptifs de la pression de vapeur s'appliquent (OMI, 2002):

pas d'évaporation:	< 0,3 kPa
évaporation partielle:	0,3–3 kPa
évaporation rapide:	≥ 3 kPa

On se base sur une couche par défaut de 0,002 m (hypothèse d'experts) pour une substance de viscosité très élevée (10 000 mPa.s) et de faible pression de vapeur (<0,3 kPa). Si la viscosité et la pression de vapeur de la substance (à la température de déchargement) sont connues, la valeur par défaut de l'épaisseur de la couche peut être adaptée. Etant donné que la viscosité est censée avoir plus d'impact sur

l'épaisseur de la couche, la valeur exacte de la viscosité est prise en compte, alors que la pression de vapeur est indexée, comme 1,0–0,75–0,50. L'épaisseur de la couche peut être calculée à l'aide de la formule suivante:

<u>Pression de vapeur</u>		<u>Couche (en m)</u>
≤ 0,3 kPa	=	1,00 × 0,002 × Viscosité _{substance} /10 000
0,3–3 kPa	=	0,75 × 0,002 × Viscosité _{substance} /10 000
≥ 3 kPa	=	0,50 × 0,002 × Viscosité _{substance} /10 000

(formule 3)

Densité de la cargaison précédente

La densité durant le déchargement d'une cargaison précédente peut varier entre 700 et 1 800 kg/m³. Par exemple, à 20°C, densité de l'éther = 710 kg/m³, huile = 900 kg/m³, eau = 998 kg/m³, cire ou H₂SO₄ = 1 800 kg/m³. La température durant le déchargement peut modifier la densité de la substance. La ligne directrice 109 de l'OCDE (OCDE, 1995a) indique que des méthodes très diverses peuvent être utilisées pour déterminer la densité d'une substance, et se réfère aux lignes directrices spécifiques concernant leur applicabilité.

Si les propriétés physiques de la cargaison précédente sont prises en compte (densité_{cargaison précédente} = 700–1 800 kg/m³; viscosité = 0,233–50 mPa.s et pression de vapeur < 0,3 à > 3 kPa), les niveaux de concentration des cargaisons précédentes sans nettoyage (scénario le plus défavorable) (restant_{pompe} = 1 m³, densité_{huile} = 900 kg/m³) sont estimés à:

- 6,5–17 g/kg d'huile pour la plus petite citerne à bord de navires de haute mer (200 m³, surface 232 m² pour les citernes et 79 m² pour les tuyaux d'alimentation).
- 260–670 g/kg d'huile pour la plus petite citerne à bord de transporteurs routiers (5 m³, surface 18 m² pour les citernes et 6 m² pour les tuyaux d'alimentation).

Les substances de densité élevée, haute viscosité et pression de vapeur basse représentent le cas le plus défavorable.

4.4 Nettoyage des citernes

4.4.1 Généralités

Le nettoyage des citernes avant le chargement de graisses et d'huiles est un processus essentiel – c'est même un point de contrôle critique. Le niveau de contamination maximal possible est déterminé par l'ampleur du processus de nettoyage. L'efficacité du nettoyage du système de transport/stockage et des tuyaux d'alimentation dépend de la possibilité d'éliminer la cargaison précédente avec de l'eau, des solvants et/ou des produits de nettoyage, de la température de nettoyage, du temps de nettoyage et du nombre de rinçages.

On manque de données sur le nettoyage des wagons-citernes, des camions-citernes, des citernes des bateaux de navigation intérieure ou des réservoirs de stockage. En revanche, la procédure de nettoyage des citernes des navires de mer est rigoureuse et bien documentée (Chemserve, 2006; Verwey, 1998).

Le nettoyage comprend généralement les étapes suivantes:

- Choix du régime de nettoyage
- Pré-nettoyage (pulvérisation d'eau de mer froide)
- Nettoyage (pulvérisation d'eau de mer chaude ou d'eau de mer et de produits de nettoyage)
- Traitements finaux: rinçage/arrosage à l'eau douce, traitement à la vapeur, aération/résorption des liquides/séchage
- Vérification des résultats par un chef d'entretien (intérieur de la citerne)

Les citernes sont nettoyées avec des machines automatiques, appelées Butterworth, sorte de pulvérisatrices à haute pression, spécialement conçues et montées à l'intérieur de la citerne (Butterworth, 2006). Dans un chimiquier moderne, les citernes sont conçues de telle manière que le Butterworth puisse pulvériser le liquide partout sur les parois. Les pompes, les tuyaux de remplissage et de vidange sont nettoyées simultanément, de la même manière, ce qui permet de maintenir une pression positive (Chemserve, 2006).

4.4.2 Propriétés physiques et chimiques en rapport avec le nettoyage

Les propriétés physiques et chimiques d'une cargaison déterminent les étapes à suivre pour nettoyer les citernes selon des procédures appropriées.

Les substances hydrosolubles et hydromiscibles se lavent facilement à l'eau et la solubilité des substances peut augmenter avec la température. L'emploi d'un produit de nettoyage n'est conseillé que pour réduire le temps de nettoyage ou éliminer l'odeur de certaines substances, comme le phénol (Chemserve, 2006).

La solubilité dans l'eau s'entend de la quantité maximale d'une substance qui se dissout dans l'eau à une température déterminée (ordinairement 20°C). La ligne directrice 105 de l'OCDE (OCDE, 1995b) recommande l'une de ces deux méthodes: la méthode du flacon ou la méthode par élution sur colonne. La fourchette de solubilité dans l'eau (à 20°C) va de « infini » (acide sulfurique) à « insoluble » (cires). Les termes descriptifs ci-dessous de la solubilité d'un liquide dans l'eau s'appliquent (OMI, 2002):

Infini, totalement soluble, soluble dans toutes les proportions, miscible, très soluble, soluble:	≥ 5% (w/v) ou ≥ 50 g/litre
Partiellement soluble, modérément soluble, légèrement soluble:	0,1–5% (w/v) or 1–5 g/litre
Insoluble, à peine soluble, immiscible, presque insoluble:	< 0,1% (w/v) or < 1 g/litre

Les produits à point de fusion élevé devraient être lavés à une température supérieure de 15 à 20°C à leur point de fusion. Durant le lavage, on veillera à ce qu'il n'y ait pas d'eau de ballast ou de cargaisons froides dans une citerne adjacente, et on prêtera une attention particulière aux circuits de conduite de liquides et de vapeur pour éviter la gélification ou la solidification aux segments des conduites froides. Il est recommandé d'effectuer le lavage le plus rapidement possible après le déchargement (Chemserve, 2006).

Les produits de viscosité élevée nécessitent généralement un pré-lavage à plus haute température avec des additifs nettoyants pour citernes. Certaines substances

visqueuses sont réchauffées et aspirées par pompage en dehors des navires-citernes et le pré-lavage peut être évité. En général, la viscosité est étroitement liée à la température et elle décroît quand la température augmente. Durant le lavage, on veillera à ce qu'il n'y ait pas d'eau de ballast ou de cargaisons froides dans une citerne adjacente. Il est recommandé d'effectuer le lavage le plus rapidement possible après le déchargement. Certaines cargaisons très visqueuses (additifs lubrifiants ou polyalcools) ont besoin d'un pré-lavage à température plus basse ou modérée, car elles tendent à avoir des réactions indésirables à plus haute température (Chemserve, 2006).

Les produits à pression de vapeur élevée (> 50 kPa à 20°C) peuvent être éliminés de la citerne par évaporation (aération), mais ce processus ne doit jamais être employé pour les produits qui laissent des résidus (produits bruts). Pour savoir si un produit laisse des résidus, on peut se baser sur les spécifications concernant sa teneur en matières non volatiles. Les produits contenant des inhibiteurs doivent être lavés avec soin. Tout inhibiteur laissé dans la citerne est difficile à enlever et a presque inmanquablement une influence négative sur le lavage des parois et sur la cargaison successive. Les cargaisons constituées de mélanges avec des pressions de vapeur différentes ne devraient jamais être nettoyées par évaporation, ni pré-lavées à l'eau chaude. L'évaporation des substances légères d'un mélange pourrait laisser des résidus non volatils très difficiles à éliminer (Chemserve, 2006).

Pour les produits à point d'éclair faible, le pré-lavage doit être effectué à une température très inférieure (au moins 10°C) au point d'éclair pour éviter les mélanges inflammables. Si cela n'est pas possible parce que le point d'éclair est inférieur à la température ambiante, toute source d'inflammation doit être éliminée (Chemserve, 2006).

Les produits à solubilité faible ou nulle dans l'eau qui ont un poids spécifique inférieur à 1,0 flottent sur l'eau; si leur poids spécifique est supérieur à 1,0, ils coulent. Des produits de nettoyage sont nécessaire pour rendre la cargaison plus soluble dans l'eau. Le choix du produit de nettoyage approprié dépend de la capacité qu'ont les résidus d'un produit non soluble dans l'eau à former des émulsions ou des savons ou à être dissous par un acide. Un savon se forme si une graisse ou une huile réagit avec l'hydroxyde de potassium (KOH) pour former des ions de glycérol et d'acides gras. Souvent, les produits de nettoyage ont des noms complexes et sont constitués d'agents complexants, d'agents surfactants, d'additifs (émulsifiants) de KOH (saponifiant) ou d'acide phosphorique (soluble dans l'acide) (Chemserve, 2006).

Les produits qui tendent à polymériser (vinyle, vinylidène, acrylique, ou composé carbonyle, styrène, éthylène oxyde, oxyde de propylène, éthylène, propylène, isobutylène, butadiène, isoprène) ont besoin d'eau froide (température ambiante). Avec un lavage à l'eau chaude, ces substances risqueraient de laisser dans les citernes et les conduites des résidus polymériques très difficiles à éliminer. Pour éviter toute polymérisation due à la perte de la protection conférée par les inhibiteurs, il est également recommandé d'effectuer le lavage tout de suite après le déchargement (Chemserve, 2006).

Les produits qui ne doivent pas entrer en contact avec l'eau doivent être lavés avec un solvant approprié sans eau, tel que glucolbutyl éther, méthanol, acétone, toluène, ou des mélanges 50/50 v/v de méthanol et d'acétone). Les solvants à point d'éclair faible (méthanol, acétone) ont été interdits par certaines compagnies maritimes à la suite d'accidents ou d'explosions graves. L'inertisation par

abaissement de la teneur en oxygène à moins de 5 pour cent est obligatoire. Les isocyanates (MDI/TDI), ou leurs résidus, ne doivent jamais entrer en contact avec l'eau, car le produit de la réaction et l'uréthane insoluble s'éliminent très difficilement. Le MDI ou le TDI doivent être nettoyés avec du dichlorométhane. Les additifs lubrifiants s'enlèvent avec de l'huile de base ou du gazole. Parfois, un solvant est combiné avec un produit de nettoyage émulsifiant (mélange d'agents solvants et surfactants et d'additifs) (Chemserve, 2006).

Les huiles animales et végétales siccatives et semi-siccatives réagissent avec l'oxygène pour former un film polymérique de type vernis, qui est très difficile à enlever des cloisons. Comme la chaleur accroît la vitesse de réaction, ces produits doivent subir un premier lavage à la température ambiante, immédiatement après le déchargement de la cargaison. La présence de cargaisons chauffées dans des citernes adjacentes doit être évitée (Chemserve, 2006).

Les acides gras et les huiles végétales à haute teneur en acides gras libres forment des résidus blancs visqueux (savons de calcium et de magnésium) s'ils sont lavés à l'eau dure (par exemple à l'eau de mer). La chaleur augmente ces réactions: si l'on augmente la température de 10°C, la vitesse de la réaction chimique double. La meilleure méthode de pré-lavage consiste à remplir une citerne séparée propre avec le volume d'eau douce requis et à ajouter un produit approprié pour adoucir l'eau. Si l'on doit utiliser de l'eau de mer ou de l'eau douce non traitée pour le nettoyage, il est impossible d'éviter la formation de résidus ou d'une pellicule poudreuse blanchâtre (Chemserve, 2006).

Le silicate de sodium en solution forme des silicates de calcium et de magnésium très difficiles à enlever, s'il est lavé à l'eau dure; pour laver cette solution, on utilisera donc uniquement de l'eau douce (jamais de l'eau de mer) (Chemserve, 2006).

Les cargaisons qui dégagent des odeurs peuvent contaminer une cargaison sensible, même s'il ne reste qu'une petite quantité de résidus dans les conduites, les valves, les pompes ou les garnitures. Pour neutraliser l'odeur de certains produits chimiques (comme l'acrylate, le nitrobenzène, ou l'essence de pyrolyse), il est recommandé d'utiliser un désodorisant. Un désodorisant (contenant du NaOH, du savon, des phosphates et des silicates) devrait être employé en combinaison avec un émulsifiant (contenant des agents complexants, des agents surfactants et des additifs). La citerne devrait être nettoyée par recirculation, pour garantir l'élimination complète de la cargaison malodorante (Chemserve, 2006).

4.4.3 Procédures de nettoyage

Choix du régime de nettoyage

Une fois que les propriétés et les conditions ont été examinées avec attention, les étapes du nettoyage peuvent être planifiées en détail. Chacune doit être décrite en fonction de paramètres précis (procédé, température, milieu et durée de nettoyage). Des guides de nettoyage des citernes indiquent le régime à adopter pour chaque substance (milieu, température, durée du nettoyage) avant le chargement de graisses et d'huiles comestibles. On distingue généralement deux qualités de nettoyage, à savoir « liquide incolore » et « grande pureté ». La qualité « grande pureté » est exigée pour les produits alimentaires et pharmaceutiques (Chemserve, 2006).

Pré-nettoyage (ou pré-lavage)

La première étape est le pré-nettoyage, qui est ordinairement effectué à l'eau de mer ou à l'eau douce, sans ajouter de produits, et vise à enlever la majorité des résidus. La température de nettoyage et la température des citernes adjacentes sont des paramètres importants pour la réussite du processus. Si le produit ne doit pas entrer en contact avec l'eau, on utilise un solvant approprié. Le pré-lavage prend généralement plusieurs heures et plus il est fait rapidement après le déchargement, plus les résidus s'éliminent facilement. Le pré-lavage est fondamental, car il est très difficile d'obtenir un résultat satisfaisant, si l'on a commis une erreur à ce stade (Chemserve, 2006).

Nettoyage

Le nettoyage est constitué de plusieurs étapes successives visant à éliminer pratiquement tous les résidus. Le processus peut reposer sur un ensemble d'opérations d'aération (produits volatils seulement), de pulvérisation, de recirculation et/ou de traitement à la vapeur.

Certaines cargaisons ne peuvent être bien lavées qu'avec un produit de nettoyage. Ces produits sont généralement des additifs utilisés en combinaison avec l'eau pour rendre la cargaison à nettoyer plus soluble dans l'eau. Seules quelques cargaisons ne supportent pas l'eau et doivent être nettoyées avec un solvant non hydrique (parfois en combinaison avec un émulsifiant). Pour neutraliser l'odeur de certains produits chimiques, il peut être recommandé d'employer un désodorisant en combinaison avec un émulsifiant. Pour la plupart des cargaisons, divers produits de nettoyage sont disponibles. Ces produits doivent être approuvés par l'OMI. Des guides spéciaux indiquent les concentrations des produits, la durée et les températures appropriées pour les étapes finales du nettoyage, pour obtenir des résultats satisfaisants. Le nettoyage prend généralement plusieurs heures.

Le traitement à la vapeur consiste à introduire de la vapeur saturée dans la citerne pour faire évaporer les résidus volatils (élimination des odeurs). La vapeur se condense sur les surfaces de la citerne. En règle générale, la température doit être aussi élevée que possible durant ce traitement, et elle le sera d'autant plus que les citernes adjacentes sont vides (y compris les citernes à ballast) (Chemserve, 2006).

Traitements finals

Une succession d'étapes sont nécessaires pour éliminer les traces de résidus de produits, d'agents de nettoyage, de solvants et d'eau de mer, pour atteindre la qualité de nettoyage requise:

- **Rinçage/arrosage.** Pulvérisation d'eau (habituellement d'eau douce) avec une machine automatique sur les parois de la citerne afin de rincer l'eau chlorée et les traces de contaminants. Une solution désinfectante peut, le cas échéant, être utilisée. On obtiendra des résultats optimaux si l'eau a une teneur en chlorures inférieure à 0,1 mg/litre (eau distillée, eau déminéralisée, eau déminéralisée par microfiltration).
- **Traitement à la vapeur.** Introduction de vapeur saturée dans la citerne pour réduire les concentrations de chlore. Si la concentration de chlore dans l'eau est excessive, le seul moyen d'éliminer le chlore est souvent le traitement à la vapeur. Il est clair que la qualité de la vapeur dépend de la construction de la chaudière. Si la vapeur a une teneur en chlore raisonnablement basse, le traitement à la vapeur est un procédé approprié pour réduire les

concentrations de chlore. La température des parois doit être fraîche (ce qui n'est pas le cas avec la méthode de l'évaporation décrite plus haut) car la vapeur se condensera et une pellicule d'eau coulera le long des parois, et permettra d'éliminer les chlorures.

- **Aération, résorption des liquides, séchage.** L'aération élimine l'eau, l'humidité et les odeurs, et elle se fait ordinairement par circulation d'air forcée. La résorption des liquides réduit le temps de séchage s'il y a des flaques d'eau au fond de la citerne; le séchage doit être fait très soigneusement (Chemserve, 2006).

4.4.4 Contrôle du nettoyage

La procédure de nettoyage est stipulée dans le contrat et garantie par une inspection (visuelle) de l'intérieur de la citerne. Ainsi le degré maximal potentiel de la contamination est déterminé par le volume visible minimum ou par le degré d'adhérence/absorption après le processus de nettoyage.

Le Code d'usages de FOSFA International à l'intention des chefs d'entretien exige que les citernes des navires nettoyées soient inspectées par des chefs d'entretien autorisés indépendants avant le chargement de la cargaison d'huile. Ce contrôle ne peut être fait qu'en entrant à l'intérieur de la citerne. La citerne et tout l'équipement entrant en contact avec la cargaison (nettoyeuse, pompes, tuyaux d'alimentation, garnitures, serpentins de chauffage) doivent être inspectés. Toute la citerne devrait aussi être vérifiée pour détecter la présence d'odeurs et d'humidité. Des pulvérisations peuvent aussi être faites à la main pour corriger les défauts de nettoyage identifiés durant l'inspection.

Si la cargaison suivante exige une qualité « grande pureté » (comme c'est le cas pour les graisses et les huiles et comestibles), un test de lavage des parois (voir plus bas) doit être effectué. Les exigences concernant ce test sont généralement définies par le chargeur. Si les parois d'une citerne en acier inoxydable sont décolorées ou tachées de rouille, une opération de correction de la décoloration, de décapage ou de passivation peut être nécessaire (Chemserve, 2006).

- **Correction de la décoloration.** La méthode « dye out » permet d'éliminer la décoloration de la citerne ou du revêtement. Pour les groupes azoïques, (-N=N- une solution d'hypochlorite de sodium à 0,5– 2 pour cent, peut être pulvérisée ou recirculée. En cas d'échec, il peut être utile de faire un traitement à la vapeur ou de vaporiser du solvant.
- **Décapage.** Le décapage est un procédé qui consiste à enlever avec de l'acide nitrique (HNO₃) et de l'acide fluorhydrique (HF) les échelles de température élevées et l'éventuelle couche chromée de métal adjacente recouvrant la surface en acier inoxydable, pour améliorer sa résistance à la corrosion. Les solutions décapantes éliminent aussi des contaminants comme les particules d'oxyde ferreux et ferrique.
- **Passivation.** La passivation est un procédé consistant à traiter les surfaces en acier inoxydable, souvent avec de l'acide nitrique (HNO₃) en solution ou en pâte, pour éliminer les contaminants et favoriser la formation d'un film de protection passif sur une surface nouvellement créée (par des opérations de broyage ou d'usinage ou par des dégâts mécaniques).

Il est indispensable d'éliminer complètement tous les acides en rinçant l'élément, une fois l'opération terminée.

Si l'inspection est satisfaisante, les chefs d'entretien remplissent un «certificat de propreté de la citerne», qui certifie également l'idoneité de la citerne comme réceptacle à huiles. Ce certificat est envoyé au vendeur et à l'acheteur de l'huile et garantit que la procédure de nettoyage a été effectuée de façon satisfaisante. Les citernes mal nettoyées ou en mauvais état sont refusées, conformément aux obligations contractuelles (Chemserve, 2006).

- **Test de lavage des parois.** Les tests visant à analyser la propreté des citernes sont malaisés car il est difficile d'obtenir un échantillon représentatif de la surface d'une citerne. Ordinairement, l'échantillon est généré par le "test de lavage des parois", qui consiste à pulvériser un solvant extrêmement actif (100 ml de méthanol) sur un segment limité de la surface de la citerne. On choisira au minimum quatre emplacements d'environ 10 x 120 cm chacun, dans chaque citerne. Toute surface qui semble avoir des dépôts cristallins ou des plaques décolorées doit faire l'objet d'un test. Le liquide est recueilli avec un entonnoir et peut être analysé à l'aide de la méthode prescrite par l'affréteur (Chemserve, 2006).
- **Test du temps de réaction du permanganate.** Ce test sert à détecter la présence de matériaux oxydables. Il se fonde sur la capacité du permanganate de potassium (KMnO_4) à oxyder les éventuelles impuretés d'hydrocarbures présentes dans le liquide de lavage des parois. Si une réaction se produit dans une solution neutre, le permanganate de potassium est réduit et sa couleur vire du rose-orangé au jaune-orangé. Au bout d'un certain temps, normalement spécifié par le chargeur du produit suivant, le changement de la couleur de l'échantillon par rapport à la couleur de référence indique si des impuretés sont présentes ou non dans l'échantillon.
- **Miscibilité dans l'eau (test des hydrocarbures).** Ce test est axé sur la détection qualitative de contaminants non solubles dans l'eau. L'hypothèse de base est que de nombreuses impuretés sont solubles dans le liquide de lavage des parois (méthanol, acétone), mais pas dans l'eau. Une petite quantité de ce liquide est donc versée dans de l'eau propre, qui devient trouble si des impuretés sont présentes. L'eau contenant le liquide de lavage est comparée avec de l'eau pure. En cas de turbidité au bout de 30 minutes, cela veut dire qu'il reste des hydrocarbures sur la surface de la citerne.
- **Test des chlorures.** Ce test sert à déceler la présence de chlorures sur les cloisons. Les concentrations de chlore oscillent entre 0,1 et 0,5 mg/kg selon les exigences de l'affréteur. Les chlorures réagissent avec une solution de nitrate d'argent/acide nitrique en formant du chlorure d'argent (AgCl) qui rend la solution trouble. Une comparaison de la solution témoin avec les diverses solutions standard préparées permet de déterminer la teneur en chlorures (en ppm) du liquide de lavage des parois.
- **Test UV.** Le test UV sert à identifier certains hydrocarbures et certaines substances chimiques. En effet, ces produits ont souvent la capacité d'absorber la lumière des UV quand ils y sont exposés. Certains électrons moléculaires s'excitent s'ils sont exposés à la lumière. Cette excitation se traduit par une absorbance de lumière qui peut être mesurée. L'absorbance à

une longueur d'onde déterminée est une mesure de la concentration de composés spécifiques.

- **Lavage à l'acide.** Ce test sert à évaluer la présence de benzène, de toluène, de xylènes, de solvants naphthas raffinés et d'hydrocarbures aromatiques industriels du même type. Ce test est également utilisé pour détecter des impuretés dans le méthanol. Il permet de détecter les composés qui provoquent un noircissement, par carbonisation, en présence d'acide sulfurique concentré.
- **Test de la couleur.** Certaines impuretés entraînent une décoloration de l'échantillon de liquide de lavage des parois. La couleur du liquide est comparée avec du solvant de nettoyage pour parois non utilisé. On mesure le plus souvent la couleur dite « Alpha ».
- **Test MNV.** Sert à détecter la présence d'impuretés non volatiles sur la surface de la citerne. Une quantité déterminée du liquide de lavage des parois est évaporée. Le poids des résidus, appelés MNV (matière non volatile) est déterminé par pesage. Il est ensuite divisé par le poids initial de l'échantillon. La teneur en MNV ne doit pas dépasser le niveau spécifié par le chargeur.
- **Test DCO.** Certaines entreprises ont mis en oeuvre un "test DCO" (Demande chimique en oxygène) pour détecter la présence d'impuretés. Les impuretés sont extraites au moyen d'un solvant et analysées avec un oxydant, comme le chromate de potassium.

4.4.5 Nettoyage des citernes revêtues

Pour le nettoyage des citernes revêtues (par opposition aux citernes en acier inoxydable), un certain nombre d'autres aspects doivent être pris en considération.

Revêtement au silicate de zinc

Un revêtement au silicate de zinc est un système de peinture anti-corrosion à base de poussière de zinc (86% pds), avec quelques additifs et un liant. Les revêtements au silicate de zinc sont par nature poreux, ce qui crée divers problèmes pour le nettoyage. On pense que la cargaison migre dans les pores et les capillaires. Les revêtements au silicate de zinc ont une bonne résistance aux solvants, mais pas aux acides et aux bases forts. Les cargaisons volatiles sont désorbées très rapidement, alors que les produits non volatils de type huile sont retenus. Le nettoyage du revêtement est similaire au processus de régénération d'un lit adsorbant. Il se fait généralement par chauffage jusqu'à une température proche du point d'ébullition ou, si possible, plus élevée. La désorption se fait relativement rapidement à condition que les paramètres requis (température et médium de transport de la substance) soient respectés.

Les liquides volatils (pression de vapeur mesurable, points d'ébullition bas) s'enlèvent relativement facilement avec un pré-lavage à l'eau chaude ou très chaude ou un traitement à la vapeur, suivant leur degré de volatilité.

Les liquides non volatils (pression de vapeur négligeable, point d'ébullition élevé) s'éliminent extrêmement difficilement car ils ne s'évaporent qu'à une température très élevée (par exemple, huiles minérales, huiles végétales). La cargaison doit donc être dissoute dans les pores et les capillaires, ce qui oblige généralement à employer

un nettoyant à haut pouvoir dissolvant, tel que le méthanol. Il est très difficile de dissoudre une cargaison non volatile pendant le nettoyage d'une citerne en raison du temps de contact relativement bref du liquide. L'idéal est de transporter une cargaison à haut pouvoir dissolvant, qui se nettoie facilement.

Dans certains cas, en particulier pour les revêtements au silicate de zinc contaminés par des résidus non volatils, il est nécessaire de vaporiser un solvant pour éliminer les résidus tenaces. Le solvant le plus couramment employé à cette fin est le toluène. Les concentrations requises pour bien nettoyer des résidus non volatils sont toujours supérieures à la faible conductivité électrique du toluène, de sorte qu'il y a toujours un mélange inflammable à l'intérieur de la citerne. La citerne doit être inertisée en abaissant la teneur en oxygène à moins de 5 pour cent avant de vaporiser le toluène, pour écarter le risque d'explosion (Chemserve, 2006).

Revêtements d'époxy

Les différents types d'époxyde (résine époxyde pure, résine phénolique époxyde, résine époxyde-isocyanate) forment des liaisons à divers degrés qui se traduisent par une relativement bonne résistance à des cargaisons très diverses. Les films de résine phénolique époxyde (novolaque) sont les plus résistants aux produits chimiques. Les systèmes époxydiques sont résistants à beaucoup d'acides et d'alcalins forts et ils n'absorbent pas les substances de type huile. Les revêtements d'époxy tendent à absorber les cargaisons de type solvant, du fait du gonflement, puis de l'adoucissement du revêtement. Le gonflement réduit la densité du revêtement et permet aux molécules de la cargaison de migrer dans le revêtement. Certaines cargaisons peuvent être liées chimiquement au revêtement par des forces moléculaires. En général, la cargaison est absorbée en quelques jours au niveau maximal (équilibre) et reste constante jusqu'à la fin du voyage. Le taux d'absorption et la quantité absorbée dépendent du type de cargaison. Après un transport de produits agressifs (méthanol, dichlorure d'éthylène, acétone, monoacétate de vinyle, cyclohexanone), la citerne revêtue doit être aérée jusqu'à ce que la cargaison ait été désorbée (éliminée) par la pellicule protectrice, ce qui se traduit par un durcissement et une diminution du gonflement. La désorption (libération) des résidus de la cargaison, par aération, démarre rapidement. Au bout de deux jours, il n'y a plus de perte significative de la cargaison conservée. La désorption s'arrête avant que toute la cargaison ait été « rendue » par le revêtement. La quantité restante varie suivant le type de revêtement, l'épaisseur de la pellicule et le type de cargaison. Un lavage à l'eau est exclu tant que ce processus d'aération n'est pas terminé. S'il reste des résidus, ils seront probablement dissous durant un lavage des parois au méthanol, car le méthanol fera à nouveau gonfler le revêtement et le pouvoir dissolvant élevé extraira les résidus.

Si le revêtement n'est pas souple, l'aération n'est pas nécessaire et les procédures de nettoyage normales s'appliquent. Si le revêtement est souple, la citerne sera aérée après le déchargement pendant au moins 24 heures, ou plus si le système de revêtement ne s'est pas complètement régénéré. La désorption d'une cargaison peut être accélérée en augmentant la température. Les cargaisons qui ont une densité de vapeur plus élevée que l'air doivent être évacuées par circulation forcée, pour éviter une accumulation au fond de la citerne. A l'issue du processus d'aération, l'air doit être débarrassé de toute humidité au point le plus bas de la citerne. De la même manière, les poussières d'extraction doivent aussi atteindre le point le plus bas de la citerne pour faciliter l'élimination des vapeurs de solvant. L'utilisation d'eau et les traitements à la vapeur sont à éviter tant que le système de revêtement ne s'est pas complètement régénéré, pour éviter qu'il ne s'abîme (Chemserve, 2006).

4.5 NIVEAUX DE CONTAMINATION ESCOMPTÉS APRÈS LE NETTOYAGE DE LA CITERNE

4.5.1 Citernes en acier inoxydable

Une quantité d'environ 10 kg d'un produit quelconque resté dans la citerne d'un navire de mer après le nettoyage serait inévitablement remarquée par le chef d'entretien lors de l'inspection. Ajoutons à cela 1kg de la cargaison précédente qui pourrait être resté dans les conduites de pompage. Le produit que voit le chef d'entretien n'est pas la cargaison précédente, mais le volume de l'eau de rinçage. La concentration du produit dans l'eau de rinçage est probablement inférieure à 1 pour cent (p/p) ou, dans le cas le plus défavorable, à 10 pour cent (p/p) si le nettoyage a été mal fait. La concentration maximale de 10 pour cent correspond à $0,1 \times (10 + 1)$ kg d'une cargaison précédente pouvant être restée dans la citerne après le nettoyage.

Pour la plus petite citerne d'une capacité de 200 m³ d'un navire de mer, remplie à 60 pour cent d'huile, la concentration maximale de contaminants serait de $0,1 \times (10 + 1)$ kg par $(0,6 \times 200 \text{ m}^3) = 0,0092 \text{ kg/m}^3$ dans la cargaison successive. Si la densité est de 900 kg/m³ pour l'huile, cela équivaut à un niveau de contamination de 10 mg/kg.

Dans le cadre d'expériences, des citernes en acier inoxydable de trois navires différents ont été chargées avec une cargaison déterminée, déchargées, nettoyées et rechargées avec une autre cargaison (de produits autres que des huiles). Le niveau de contamination dans la seconde cargaison a été analysé avant le chargement, à plusieurs intervalles durant le chargement, et au moment du déchargement. Les niveaux de contamination dans les trois différents navires au moment du déchargement étaient respectivement les suivants $< 0,01$, $0,045$ et $< 0,05$ mg/kg (Hancock, 2006a).

Dans des navires de mer, la contamination due à une cargaison précédente a peu de chances d'être supérieure à 10 mg/kg, et elle est généralement beaucoup plus faible. Des tests sur l'efficacité du nettoyage ont montré qu'elle était plutôt de l'ordre de 1 mg/kg.

Le niveau de concentration est le même quelles que soient les propriétés physiques et chimiques de la substance. Contre toute attente, le processus de nettoyage est adapté pour chaque substance individuelle, si bien que pour chaque cargaison précédente, le même niveau de concentration finale est atteint.

L'organe directeur de FOSFA (Conseil) a décidé il y a plusieurs années que tout membre qui avait une cargaison contaminée devait informer la Fédération des circonstances dans lesquelles cela s'était produit, en utilisant un formulaire type. Cette prescription a été régulièrement renforcée par le biais de circulaires distribuées aux membres. Selon le registre des contaminations, il n'y a guère eu plus de vingt cas de cargaisons d'huiles et de graisses comestibles contaminées par des résidus de cargaisons précédentes depuis 1992; de plus, les résidus étaient presque toujours présents à des concentrations inférieures à 10 mg/kg et ils provenaient généralement de secondes cargaisons précédentes de dichlorure d'éthylène et de styrène monomère, deux substances particulièrement persistantes dans les citernes revêtues. Il existe de rares cas de contaminations plus fortes dus à la fissure d'une cloison entre des citernes et il y a également eu deux cas

d'adultération délibérée des cargaisons, mais ces manœuvres frauduleuses ne sont couvertes par aucune réglementation.

Pour résumer, les niveaux de contamination escomptés après le nettoyage se situent dans une fourchette de 1 à 10 mg/kg pour les citernes en acier inoxydable.

4.5.2 Citernes revêtues

Les revêtements organiques peuvent absorber une quantité limitée de la cargaison pendant un voyage, et c'est l'une des principales raisons qui explique que le commerce se fasse sur la base de la liste acceptable. A partir des informations disponibles, on a pu obtenir une indication de l'ampleur des processus d'absorption et de désorption.

C'est principalement parce qu'une partie de la cargaison est absorbée dans les revêtements organiques (ordinairement en résine époxyde) des citernes, que certains destinataires exigent que les produits antérieurement transportés dans la citerne soient sur la liste des cargaisons précédentes acceptables. Une grande partie de la cargaison adsorbée est à nouveau désorbée durant le processus de nettoyage des citernes – facilité par des températures élevées - mais une partie de la cargaison précédente reste dans le revêtement et peut être désorbée dans la cargaison successive, si les résidus de la cargaison précédente se dissolvent dans la cargaison successive d'huiles et de graisses comestibles.

Dans le cadre d'expériences, des panneaux en acier revêtu ont été immergés dans une cargaison, nettoyés selon les protocoles de Verwey, puis à nouveau immergés dans l'huile. Les niveaux de contamination étaient généralement de l'ordre de 1 à 15 mg/kg d'huile, mais ils ont été plus élevés avec certains produits chimiques de type solvant (Couts, 1991).

Les citernes revêtues peuvent absorber la cargaison. Le taux d'absorption et la quantité de la cargaison précédente absorbée par le revêtement dépendent de la nature des produits antérieurement transportés. Dans les citernes revêtues d'époxy, la désorption (ou libération) de la cargaison résiduelle par le revêtement, facilitée par un processus d'aération dans le cadre du processus de nettoyage, commence rapidement, mais au bout de deux jours, la désorption s'arrête avant que le revêtement ait « rendu » totalité de la cargaison. La quantité restante varie en fonction du type de revêtement, de son épaisseur et de la nature de la cargaison. La quantité « retenue » par le revêtement peut donner lieu à des concentrations de 50 à 100 mg/kg dans la cargaison successive.

Ce niveau de concentration est calculé en fonction des hypothèses suivantes :

Poids type du revêtement:	1 kg revêtement/m ² paroi de citerne
rapport surface –volume type:	1 m ² surface : 1 m ³ volume citerne
Densité type d'une cargaison:	1000 kg/m ³ (poids spécifique = 1,0)

$$\text{Concentration (mg/kg)} = \{\% \text{ absorbé} \times 10^{-2} \times \text{surface} / (\text{volume} \times 1\,000)\} \times 10^6$$

Une règle générale peut être dérivée de cette formule: 1 pour cent de la cargaison précédente absorbée peut entraîner une concentration de 10 mg/kg dans la cargaison suivante, si elle est complètement dissoute (Chemserve, 2006) (Tableau 3).

TABLEAU 3
Pourcentage absorbé pour les citernes revêtues d'époxy

Cargaison	% absorbé (kg cargaison/kg revêtement)	Maximum dans la cargaison suivante (mg/kg)
DCE (dichlorure d'éthylène)	3	30
Méthanol	4	40
Monoacétate de vinyle	5	50
Styrène monomère	6	60

Les niveaux de concentration escomptés après nettoyage se situent donc dans une fourchette de 10 à 100 mg/kg, dans les citernes revêtues.

4.6 HOMOGENÉITÉ

En outre, l'inhomogénéité des résidus due à la viscosité de la graisse ou de l'huile devrait être prise en compte. Dans la mesure où des contaminants peuvent être distribués de manière non homogène dans une cargaison d'huiles ou de graisses, il faut en tenir compte dans l'estimation des niveaux de concentration correspondant au cas le plus défavorable.

4.7 CONTAMINATION MICROBIENNE OU PATHOGÉNIQUE

La croissance microbienne dépend d'une combinaison de conditions appropriées d'humidité, de température et de nutriments. Les graisses et les huiles comestibles ont une teneur très faible ou nulle en protéines et en hydrates de carbone. En outre, une citerne de 1 000 tonnes d'huiles et de graisses comestibles contient généralement environ 500 kg d'eau, mais elle est bien dispersée et ne favorise pas la croissance des microbes. Comme les graisses et les huiles comestibles contiennent peu de protéines et d'humidité (normalement < 0,5 pour cent pour les graisses et les huiles comestibles brutes et < 0,1 pour cent pour les graisses et les huiles comestibles raffinées), la contamination par des micro-organismes n'est pas un problème.

Étant donné que les aspects microbiologiques font partie de la procédure qualité usuelle dans l'industrie des huiles et des graisses comestibles et du transport maritime, nous n'avons pas à étudier ici une contamination microbienne additionnelle qui résulterait de cargaisons précédentes (par exemple de mélasses ou de jus de fruits concentrés). Les substances chimiques qui causent une contamination microbienne ou pathogénique ne sont pas connues.

4.8 CONTAMINATION ALLERGÉNIQUE

Les produits connus pour contenir ou être des allergènes alimentaires (ou déclencher des intolérances alimentaires) sont les céréales contenant du gluten, les crustacés, les œufs, le poisson, les arachides, le soja, le lait, les noix, le céleri, la moutarde, les graines de sésame – ainsi que leurs produits dérivés - les produits animaux, l'anhydride sulfureux et les sulfites (EU, 2003).

Les huiles végétales à base d'arachide et de soja et leurs produits dérivés sont soumis, avant l'expédition, à des processus de raffinage qui éliminent la quasi-totalité des protéines allergènes (Mogerley, 2006). L'huile d'arachide est essentiellement exportée en fûts, dans des citernes ISO, ou dans d'autres types d'emballages. En tant que cargaison précédente, ces deux huiles ne présentent donc pas de risque d'exposition à des allergènes, compte tenu de la procédure de nettoyage rigoureuse à laquelle est soumise la citerne avant le chargement (Mogerley, 2006).

Les produits laitiers ne sont quasiment jamais transportés à bord de navires-citernes océaniques, car ils doivent être réfrigérés pour ne pas se détériorer. En outre, ces produits sont uniquement acheminés dans des navires ou des citernes réservés à cet usage, ce qui élimine le problème des résidus des cargaisons précédentes (Mogerley, 2006).

Mis à part ces exemples connus, on ne peut cependant pas exclure la possibilité que des cargaisons précédentes (ou des produits de réaction de ces cargaisons) provoquent des réactions allergiques ou des intolérances alimentaires. Il est important d'examiner l'allergénicité aussi bien orale que cutanée car les graisses et les huiles "comestibles" peuvent être utilisées par l'industrie cosmétique.

5. Réactivité des cargaisons précédentes avec les graisses et les huiles comestibles

5.1 RÉACTIONS POSSIBLES

Les graisses et les huiles comestibles sont chimiquement très inertes dans des conditions normales de manutention. L'attention devrait être centrée sur les réactions avec des résidus de cargaisons précédentes susceptibles de donner naissance à des produits qui ne peuvent pas être éliminés par un traitement ultérieur et qui sont dangereux pour la santé. On cherchera également à déterminer:

- quelles sont les substances chimiques qui peuvent réagir avec des graisses et des huiles comestibles;
- les conditions dans lesquelles ces réactions peuvent se produire.

Les graisses et les huiles comestibles sont plus ou moins susceptibles de réagir avec des cargaisons précédentes selon un certain nombre de facteurs, notamment la nature de la graisse ou de l'huile, son degré de traitement (huile brute, partiellement ou complètement raffinée) et la présence ou l'absence d'impuretés. Les réactions susceptibles de se produire durant le transport sont l'oxydation et l'hydrolyse.

5.1.1 Oxydation

Lorsqu'ils sont extraits de leur contexte de protection naturelle (cellules oléifères pour les graisses et huiles végétales, adipocytes pour les corps gras animaux), tous les lipides subissent au cours de leur conservation ou de leurs utilisations, des altérations de type autoxydatif. Les processus d'auto-oxydation se produisent généralement en trois phases: une phase d'initiation ou d'induction, une phase de propagation et une phase de terminaison (ITERG, 2006a).

Durant la phase d'initiation, l'oxygène moléculaire (oxygène activée) attaque les doubles liaisons des acides gras insaturés et produit des peroxydes, des hydroperoxydes et des radicaux libres qui sont tous très réactifs. La structure de ces composés dépend de la nature des acides gras attaqués. Pour que cette phase se déroule à un rythme suffisamment rapide, des initiateurs d'oxydation d'un type quelconque - par exemple des oxydants chimiques, des métaux de transition (fer ou cuivre) ou des enzymes (lipoxygénases) - doivent aussi être présents. Les produits de réaction de cette phase d'initiation réagiront à leur tour avec d'autres molécules lipidiques pour former d'autres substances chimiques réactives, comme les radicaux alcoyles dérivés par scission. La propagation d'une oxydation secondaire par des produits de l'oxydation des lipides déclenche l'auto-oxydation. Dans la phase de terminaison de l'oxydation des lipides, sont formés des composés relativement peu réactifs dont la nature et les proportions dépendent de divers paramètres. Les composés terminaux d'oxydation volatils comprennent les aldéhydes, les hydrocarbures, les cétones, les acides, et en plus petites quantités, les époxydes et les alcools. Les composés terminaux d'oxydation non volatils sont principalement des triglycérides oxydés monomères comportant au moins un acide gras altéré porteur d'un groupement fonctionnel de type hydroxyle, carbonyle ou époxyde. Étant donné que de nombreux composés produits durant la phase de terminaison sont volatils, leur concentration dans le produit peut aussi commencer à décroître avec le temps. Les produits de la réaction continuent à augmenter jusqu'à ce que:

- les conditions d'entreposage changent;
- un ou plusieurs initiateurs soient épuisés;
- l'oxygène disponible soit consommé ;
- le substrat lipidique soit épuisé (ITERG, 2006a; ISEO, 2006; N-PAL, 2006).

Bien que l'oxydation soit un phénomène spontané, sa cinétique peut être accélérée ou ralentie sous l'effet de différents paramètres (ITERG, 2006a):

- La nature des lipides, en particulier des acides gras. Plus le lipide est insaturé, plus il est prédisposé au rancissement auto-oxydatif (ISEO, 2006).
- Vieilles huiles. Il ne faut jamais mélanger de l'huile « nouvelle » avec de l'huile « ancienne », car le processus d'oxydation de l'huile nouvelle serait considérablement accéléré. On veillera donc à ce que les pompes soient complètement vidées et l'on prendra soin d'incliner les tuyaux pour que l'huile ne puisse pas y stagner (Karlshamms, 2006).
- La température. L'oxydation est plus rapide à mesure que la température augmente; il convient donc d'effectuer chaque opération à la température la plus basse possible. Plus la température est élevée, plus le degré d'oxydation est élevé. A vue de nez, on peut dire qu'une augmentation de température de 10 à 15°C réduit de moitié la durée de conservation; inversement, si l'on abaisse d'autant la température, la durée de conservation est doublée. Une huile ne devrait jamais être entreposée à une température dépassant de plus de 10 à 15°C son point de fusion. En outre, la température externe des serpentins de chauffage ne devrait jamais dépasser 80°C pour prévenir une surchauffe locale de l'huile. Si l'on stocke l'huile à la plus basse température possible compte tenu de son point de figeage, on peut maintenir l'oxydation à un niveau minimal (CAC, 1987; Karlshamms, 2006).
- La durée. Le degré d'oxydation s'accroît avec la durée de l'entreposage. En minimisant le temps de stockage de l'huile, on maintiendra l'oxydation à un niveau minimal (Karlshamms, 2006).

- La lumière. La lumière, en particulier les UV, augmente le taux d'oxydation. Les graisses et les huiles devraient donc toujours être stockées et manipulées dans un endroit sombre (Karlshamms, 2006; ISEO, 2006).
- Métaux de transition. Le taux d'oxydation est considérablement augmenté par l'action catalytique du cuivre ou des alliages de cuivre. Ces métaux (alliages de cuivre exposés ou plaqués, laiton, bronze, bronze à canons) doivent donc être rigoureusement exclus des systèmes. D'autres métaux, comme le fer, ont aussi des effets catalytiques, mais moins marqués que le cuivre. Ces métaux devraient donc être proscrits pour la construction des pompes, des citernes, des tuyauteries, des vannes, des serpentins de chauffage et des autres installations ou éléments entrant en contact avec l'huile (CAC, 1987; MEIC, 2006).
- Éléments oxydants
- l'état d'hydrolyse des glycérides,
- l'activité de certaines enzymes initiatrices (lipoxydases et lipoxygénases)
- la présence d'accélérateurs, comme les pigments,
- la présence de produits à effet ralentisseur comme les antioxydants (ou antioxygènes), les chélateurs de métaux, les absorbeurs d'oxygène. Les graisses et les huiles peuvent être traitées avec des agents chélateurs, comme l'acide citrique pour les métaux de transition complexes (ce qui inactive leur effet pro-oxydant (ISEO, 2006).

Les cargaisons précédentes susceptibles d'induire ou d'accélérer l'auto-oxydation des graisses et des huiles comestibles sont:

- les substances capables de former des radicaux comme les peroxydes (composés de structure ROOR), par exemple, le peroxyde d'hydrogène;
- les solutions de métaux de transition (par exemple cuivre, fer, manganèse).

5.1.2 Hydrolyse

L'hydrolyse est une réaction de l'huile avec de l'eau qui produit des acides gras libres. Une hydrolyse partielle de triglycérides produit des mono et des diglycérides et des acides gras libres. Si l'hydrolyse est complétée avec de l'eau, en présence d'un catalyseur acide, les mono, di et triglycérides hydrolysent et produisent du glycérol et des acides gras libres (hydrolyse acide). Avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, on obtient du glycérol et les sels de sodium des acides gras composant (savons) (hydrolyse alcaline). Normalement, l'hydrolyse ne crée pas de problèmes si les produits sont manipulés conformément aux règles d'hygiène et n'ont pas été en contact avec l'eau (ISEO, 2006; Karlshamms, 2006; N-PAL, 2006). L'hydrolyse des graisses et des huiles comestibles est favorisée par (CAC, 1987; ISEO, 2006; N-PAL, 2006; MEIC, 2006):

- la présence d'eau, en particulier avec des températures élevées.
- L'action des enzymes (lipases): la présence de lipases est souvent associée à une contamination par de la matière organique; ces enzymes sont présentes dans les tubes digestifs des hommes et des animaux et dans les bactéries, ainsi que dans quelques sources d'huiles comestibles (palmiste, noix de coco); les éventuels résidus de ces enzymes lipolytiques (présentes dans certaines graisses et huiles comestibles brutes) sont désactivés par les températures élevées normalement utilisées pour le traitement des huiles.
- Les catalyseurs chimiques (acides, bases, métaux réactifs).

Les cargaisons précédentes susceptibles d'induire ou d'accélérer l'hydrolyse des graisses et des huiles comestibles sont:

- les acides et les bases (substances ayant un pK_a ou pK_b), tels que acide acétique, anhydride acétique, acides gras, acide phosphorique, acide sulfurique, solution d'acide citrique et solution d'hydroxyde de sodium.
- Les cargaisons précédentes contenant de l'eau (> 5 pour cent), telles que les jus de fruit et l'eau potable.
- Les graisses et les huiles comestibles brutes contenant des lipases (huile de palme, huile de coco, graisses animales); actuellement, près de 20 millions de tonnes d'huile de palme brute sont transportées par mer, dans le monde chaque année; le premier stade de la production d'huile de palme est le traitement à la vapeur pour tuer les lipases présentes dans le fruit.

Les réactions d'hydrolyse sont sans incidence pour l'évaluation, car des acides et/ou des bases sont ajoutés aux graisses et huiles comestibles durant le processus de raffinage. On ajoute de l'hydroxyde de sodium (base) durant la saponification pour éliminer les acides gras libres, et des acides phosphorique et citrique (acides) durant le stade de démulcination, pour éliminer les phospholipides.

5.1.3 Syndrôme de l'huile toxique espagnole

En 1981, en Espagne, de l'huile de colza qui avait été dénaturée à des fins industrielles par l'ajout d'aniline, a été frauduleusement réintroduite dans la chaîne alimentaire, après avoir subi un traitement visant à éliminer l'aniline. L'ingestion de cette huile a été à l'origine d'une épidémie dite du « syndrome de l'huile toxique », cliniquement caractérisée par d'intenses myalgies invalidantes, une éosinophilie périphérique prononcée et des infiltrats pulmonaires. Sur les 20 000 personnes touchées, environ 300 ont péri peu après que la maladie se soit déclarée, et davantage encore ont développé une maladie chronique. L'hypothèse généralement admise est que les composés toxiques qui se sont formés durant le processus de raffinage ont été utilisés pour éliminer l'aniline ajoutée pour dénaturer les huiles destinées à une utilisation industrielle. Pendant plus de 15 ans, un comité scientifique soutenu par l'OMS a conduit l'enquête visant à identifier le(s) agent(s) causal(s), à évaluer la toxicité et le mode d'action, à définir la pathogénèse de la maladie et à détecter ses effets tardifs. Les tentatives faites pour reproduire les conditions de la maladie chez des animaux de laboratoire ont échoué et aucune condition similaire au SHT n'a été signalée dans la littérature scientifique. Les résultats des tests de laboratoire indiquent que le SHT pourrait être dû à un mécanisme auto-immune, par exemple à des taux sériques élevés du récepteur soluble de l'interleukine 2. Des études épidémiologiques intégrées avec des analyses chimiques des huiles incriminées ont montré que la maladie était étroitement associée à la consommation d'huiles contenant des esters d'acides gras de 3-(N-phénylamino)-1,2-propanediol (PAP). Ces produits chimiques ont également été trouvés dans des huiles synthétisées, dans des conditions simulant celles qui sont censées s'être vérifiées quand l'huile toxique a été produite en 1981 (Gelpi *et al.*, 2002; WHO, 2004).

5.1.4 Autres réactions possibles

Les autres réactions possibles avec la double liaison dans les graisses et les huiles comestibles sont l'hydrogénation, l'hydroxylation, la scission oxydante, l'halogénéation, l'oxymercuration, la métathèse/isomérisation (stéréomutation), la métathèse, la migration de la double liaison, la cyclisation, la dimérisation et la polymérisation. Ces réactions supposent des températures élevées (plus de 200°C) et/ou des conditions précises avec des réactifs/catalyseurs spéciaux qui ne sont

pas disponibles dans les conditions de transport (Gunstone, 1996; ITERG, 2006a; ISEO, 2006).

D'autres réactions possibles avec le groupes d'esters carboxyliques des graisses et des huiles comestibles sont l'estérification et la décarboxylation. Ces réactions ont besoin de températures élevées (80-150°C) et/ou de conditions précises avec des réactifs/catalyseurs spéciaux qui ne sont pas disponibles dans les conditions de transport (Gunstone, 1996).

Il faut prendre en considération la réaction de la cargaison précédente avec des impuretés de triglycérides et d'acides gras présentes dans des huiles et des graisses comestibles, notamment l'éthylation et la méthylation. En ce qui concerne les produits de réaction, on pourrait adopter une solution simple, à savoir que « tous les produits de réaction devraient être conformes aux critères appliqués aux cargaisons précédentes ».

5.2 CONDITIONS NORMALES DURANT LE CHARGEMENT OU LE DÉCHARGEMENT ET LE TRANSPORT OU L'ENTREPOSAGE

La détérioration des graisses et des huiles comestibles dépend des conditions de transport ou d'entreposage (température), des matériaux entrant dans la fabrication des citernes (possibilité de lessivage des matériaux), de la forme du système (ratio air-huile et possibilité de mélange avec l'air) et du temps de séjour des graisses et des huiles comestibles dans le système de transport ou d'entreposage.

Les conditions suivantes sont supposées être réunies:

- Les citernes des navires sont généralement en acier doux, en acier doux revêtu ou en acier inoxydable. Les revêtements peuvent être organiques (résines époxydes ou polymères très réticulés) ou inorganiques (silicate de zinc). Les citernes ayant un revêtement au silicate de zinc ne sont pas utilisées pour stocker des graisses et des huiles comestibles, sauf si l'indice d'acidité est inférieur ou égal à 1 (CAC, 1987; FOSFA, 2005a). Pour les graisses et les huiles comestibles brutes, l'aluminium ou le fer noir sont aussi autorisées (MEIC, 2006).
- Les serpentins de chauffage à l'intérieur des citernes, les tuyaux et la calandre interne des échangeurs de chaleur sont en acier inoxydable. Les vannes et les conduites (tuyaux d'alimentation) qui sont en contact avec les graisses et les huiles comestibles sont en acier inoxydable ou en aluminium (CAC, 1987; FOSFA, 2005a; MEIC, 2006). L'aluminium n'est autorisé que pour les huiles à faible acidité (Hancock, 2006b).
- La température durant le chargement ou le déchargement varie entre 10° et 70°C, suivant le type de graisse ou d'huile. Pour le réchauffage, on veillera à ce que la température moyenne de l'huile n'augmente pas de plus de 5°C en 24 heures (CAC, 1987).
- La température durant l'entreposage ou le transport varie entre la température ambiante et 45°C, suivant le type de graisse ou d'huile (CAC, 1987).
- Dans une citerne de stockage, le ratio air-huile est de 20:80 (v/v), ce qui correspond à 5 tonnes d'huile (5,6 m³) dans un volume de 7 m³, car il faut laisser de l'espace pour le clapot (Karlshamms, 2006). Le rapport air-huile dans une citerne de transport varie entre 5:95 et 40:60, suivant le taux de remplissage de la cuve (95 à 60 percent).
- La possibilité de mélange avec l'air durant le chargement ou le déchargement et durant le transport ou l'entreposage devrait être minimisée. Une citerne de

stockage devrait être construite de façon à limiter le plus possible la surface d'huile ou de graisse exposée à l'air à tout moment. Le conteneur et les joints devraient être inspectés régulièrement pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuite d'air. Les agitateurs placés à l'intérieur des citernes devraient être conçus de manière à ne pas former de tourbillons, et être utilisés le moins possible. Il est également préférable de transvaser une quantité d'huile dans une citerne plus petite pour les usages quotidiens plutôt que de prélever constamment de l'huile ou de la graisse dans la principale citerne de stockage, et de remuer le liquide. On évitera de remettre la graisse ou l'huile qui a été prélevée dans la principale citerne de stockage. Il est préférable de remplir les citernes par le bas, plutôt que par le haut pour ne pas exposer à l'air le filet d'huile versé (CAC, 1987; Karlshams, 2006).

- Le risque de mélange avec des contaminants autres que les cargaisons précédentes (eau, micro-organismes, produits de nettoyage, etc.) durant le chargement ou le déchargement et le transport devrait être minimisé. Les citernes devraient toujours être propres et sèches avant d'être remplies (CAC, 1987).
- D'une manière générale, la durée ou le temps de séjour est estimé à 6 à 8 jours pour le transport routier, ferroviaire ou fluvial, 1 mois pour le transport maritime, et 7 jours à 6 mois pour les citernes de stockage (hypothèses d'experts).
- On estime que les niveaux maximaux des cargaisons précédentes sont compris entre 1 et 100 mg/kg (voir sections qui précèdent).

5.3 SÉCURITÉ SANITAIRE ET QUALITÉ DES HUILES ET DES GRAISSES COMESTIBLES

En ce qui concerne la question de la qualité, deux options doivent être envisagées:

Option 1. Ne pas prendre en compte la réactivité des cargaisons précédentes avec les graisses et les huiles comestibles

La détérioration de la qualité des graisses et des huiles comestibles due à l'oxydation, à l'hydrolyse, etc. n'entre pas en ligne de compte pour l'établissement des critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables. Si l'industrie des graisses et des huiles n'avait pas résolu ces problèmes au cours des 60 dernières années, elle n'expédierait pas 45 millions de tonnes chaque année. Il est admis dans la plupart des systèmes de vérification des produits alimentaires, que la qualité des aliments et la sécurité sanitaire sont deux questions bien différentes. L'établissement de critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables suppose d'étudier les aspects liés à la sécurité sanitaire des graisses et des huiles transportées par mer, en vrac. Les aspects liés à la qualité - comme le chargement par le fond de la citerne, l'ajout d'anti-oxydants avant le chargement, ou la mise sous azote des huiles de qualité supérieure durant le voyage - sont l'affaire des acheteurs, des expéditeurs et des vendeurs. Ces protocoles ont été établis il y a des années.

On a toujours constaté une perte de qualité due à l'oxydation (augmentation des indices de peroxyde) ou à l'hydrolyse (augmentation de la teneur en acides gras libres) pendant un voyage lors du transport de graisses et d'huiles comestibles par mer, en vrac. Si l'on expédie de Malaisie jusqu'en Europe, à une température d'environ 45°C, de l'huile de palme brute contenant au départ environ 5 pour cent d'acides gras libres, les acides gras libres n'augmentent que dans une proportion inférieure à 0,3 pour cent. En cas de besoin, cette augmentation peut être réduite, par exemple en créant une atmosphère d'azote dans la citerne, si la cargaison est de

l'huile raffinée, destinée à être utilisée directement dans la chaîne alimentaire, sans subir de nouveau raffinage. Étant donné que la protection de la qualité est normalement assurée dans l'industrie des graisses et des huiles comestibles et des transports maritimes, il n'y a pas lieu de prendre en considération d'autres réactions d'oxydation et d'hydrolyse résultant de cargaisons précédentes.

Il existe déjà des lignes directrices et des codes d'usages sur la manutention et l'inspection, qui ont été rédigées pour minimiser ces pertes de qualité, notamment ceux du CCFO (CAC, 1987) et de FOSFA, le Code d'usages de PORAM (Palm oil refiners association of Malaysia) et le *Standard Surveying Procedures and Practices for Palm Oil and its Derivatives* du MPOB (en cours de mise à jour).

Option 2. Définition de niveaux additionnels pour les produits de réaction

Étant donné que l'oxydation et l'hydrolyse sont des réactions normales durant le transport, il convient de proposer une approche expérimentale, pour définir des niveaux additionnels des produits de réaction dus à une contamination par des cargaisons précédentes.

6. Méthodes d'analyse

La déclaration de l'identité des cargaisons précédentes fait partie intégrante de la documentation contractuelle/sur les ventes prévue par FOSFA, et elle indique clairement le type d'analyse de laboratoire requis.

FOSFA prévoit que des échantillons de graisse ou d'huile sont prélevés à trois stades: avant l'expédition, au moment du chargement et au moment du déchargement. Au moins cinq échantillons sont prélevés avant l'expédition, au bastingage du navire ou au point praticable le plus proche, avant le chargement. Au moins cinq échantillons représentatifs de la graisse ou de l'huile sont prélevés dans chaque citerne du navire. Au moins cinq échantillons représentatifs de la graisse ou de l'huile sont prélevés durant le déchargement au bastingage du navire ou plus tard, au point praticable le plus proche. L'échantillonnage se fait conformément à la norme ISO 5555. En général, on analyse deux échantillons, dont un prélevé au moment du chargement et un au moment du déchargement, ce qui permet d'acquérir des informations sur la contamination et le changement de qualité de la graisse ou de l'huile durant le transport (FOSFA, 2005b).

Pour les paramètres de composition et de qualité inclus dans les spécifications commerciales, il existe des méthodes officielles - comme celles de l'American oil chemists society (AOCS), de l'AOAC INTERNATIONAL,⁷ de l'ISO, de l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA) et du Malaysian Palm Oil Board (MPOB) - qui permettent d'identifier et de quantifier le niveau de contamination des graisses ou des huiles. La plus couramment employée est la méthode CPG-SM (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse) qui est de plus en plus facilement accessible. L'ISO a plusieurs méthodes de détection des contaminants (ISO, 2006):

- ISO 6656 relative aux polymères de type polyéthylène;
- ISO 16035 relative aux hydrocarbures halogénés à bas point d'ébullition;
- ISO 15303 relative aux contaminants organiques volatils.

⁷ AOAC INTERNATIONAL est le nouveau sigle de l'ancienne Association of Official Analytical Chemists.

Pour les autres contaminants non couverts par des méthodes officielles, des méthodes doivent être mises au point ou modifiées (à partir d'autres documents publiés) en conformité avec les procédures de validation énoncées dans la norme ISO 17025 relative au système de gestion de la qualité en laboratoire, ou avec des directives agréées (par exemple, les protocoles UICPA ou la Démarche-critères du Codex Alimentarius [CAC, 2005]). Les méthodes d'analyse doivent être disponibles partout dans le monde (Gunstone, 1996; ITERG, 2006a; Mogerley, 2006; MEIC, 2006).

D'une manière générale, si l'on prévoit une concentration de résidus de 100 mg/kg, la limite de quantification (LQ) doit être de la moitié (50 mg/kg), et la limite de détermination (LD) d'un dixième (10 mg/kg). Les niveaux de concentration attendus dans le cas le plus défavorable sont de 10 mg/kg pour les citernes en acier inoxydable et de 100 mg/kg pour les citernes revêtues. Ainsi, une LD de 0,1 mg/kg et une LQ de 0,5 mg/kg seront suffisantes pour les deux types de citernes. Ces niveaux s'obtiennent aisément avec des techniques de CPG (chromatographie en phase gazeuse) ou CPL (chromatographie en phase liquide).

L'oxydation altère la couleur et la flaveur (goût, odeur) de l'huile et aboutit à son rancissement oxydatif. Les méthodes d'analyse de l'auto-oxydation se fondent sur la détermination des produits de dégradation formés. Les principales méthodes d'analyse sont basées sur la détermination des concentrations d'hydropéroxyde allylique (indice de peroxyde) pour la phase initiale de l'auto-oxydation; d'aldéhydes (indice d'anisidine, test de l'acide thiobarbiturique (TAT), indice de carbonyle, indice d'hexanal) pour la phase secondaire de l'auto-oxydation; et des acides courts (test Rancimat) pour le stade tertiaire de l'auto-oxydation. L'indice de peroxyde, l'indice d'anisidine, le test TAT et le test Rancimat sont les méthodes les plus diffuses. Les huiles insaturées raffinées sont les plus exposées à l'auto-oxydation (Gunstone, 1996; N-PAL, 2006; MEIC, 2006).

L'hydrolyse altère la couleur, la flaveur (goût, odeur) et l'acidité de l'huile et entraîne son rancissement hydrolytique. Les méthodes d'analyse de l'hydrolyse se fondent sur la détermination des produits de l'hydrolyse. Les tests d'hydrolyse sont basés sur la détermination de la teneur en acides gras libres, de l'humidité, de l'indice d'acidité (ou de saponification) ou de l'indice d'hydroxyle. L'indice d'acide est la technique de test la plus usitée. Les huiles raffinées destinées à la consommation humaine sont les plus exposées à l'hydrolyse (Gunstone, 1996; N-PAL 2006; MEIC, 2006).

Les graisses et les huiles comestibles devraient satisfaire aux critères de qualité indiqués dans les normes Codex (Codex Stan, 1981a, 1981b, 1981c, 1999a, 1999b). Dans les normes Codex, les valeurs normales indicatives d'un état de rancidité oxydative ou hydrolytique, pour les huiles raffinées, sont les suivantes :

- indice de préoxyde: jusqu'à 10 méq d'oxygène actif/kg d'huile;
- indice d'acide/indice de saponification: jusqu'à 0,6 mg de KOH/g d'huile.

Dans les graisses d'origine animale et les huiles comestibles pressées à froid, vierge et brutes, les niveaux sont plus élevés.

Les cargaisons précédentes ayant une couleur, une odeur ou un goût fort pourraient avoir un effet organoleptique sur les graisses et les huiles comestibles (par exemple, l'odeur de l'huile de poisson pourrait altérer l'odeur d'autres huiles). Tous les chefs d'entretien « sentent » les citernes avant le changement et le

déchargement et regardent à l'intérieur pendant ces deux opérations. L'odorat est un allié très utile.

7. Raffinage de l'huile

7.1 OPTIONS

Certains types de détérioration des huiles (dus à l'oxydation, à l'hydrolyse ou à la contamination par des cargaisons précédentes) peuvent être corrigés par le raffinage de l'huile.

La grande majorité des huiles végétales transportées par mer doivent être raffinées à l'arrivée pour satisfaire aux normes de qualité alimentaire. Il y a cependant aussi de rares cas où une huile raffinée est transportée par mer, et consommée en l'état. Certaines graisses et huiles comestibles, comme le beurre de cacao, l'huile d'olive et l'huile de palme, ne subissent pas de raffinage car cela leur ferait perdre leurs qualités organoleptiques. L'huile d'arachide et l'huile de soja sont raffinées avant le transport pour éviter l'allergénicité.

Option 1. Le raffinage de l'huile n'est pas un critère possible

Le raffinage de l'huile ne peut pas être considéré comme un critère d'acceptabilité des cargaisons précédentes, car certaines graisses et huiles sont consommées en l'état après le transport/entreposage.

Option 2. Le raffinage de l'huile est un critère possible

Le raffinage de l'huile doit être considéré comme un critère de l'acceptabilité des cargaisons précédentes.

7.2 LES PROCÉDÉS DE RAFFINAGE

On utilise principalement deux procédés de raffinage pour les graisses et les huiles comestibles brutes: le raffinage chimique/alcalin et le raffinage physique. Ces deux procédés se différencient essentiellement par le mode d'élimination des acides gras libres (FEDIOL, 2006).

- Le raffinage chimique comprend la démucilagination, la neutralisation, la frigélisation, la décoloration et la désodorisation.
- Le raffinage physique comprend la démucilagination, la frigélisation, la décoloration et la désodorisation.

7.2.1 Démucilagination

Les graisses et les huiles comestibles brutes ont une teneur relativement élevée en phosphatides (par exemple, l'huile de soja) et elles peuvent être démucilaginées avant le raffinage. Ce processus sert à éliminer les particules de graines, les impuretés, les phosphatides (phospholipides), les pigments, les hydrates de carbone, les protéines et les traces de métaux. Les graisses et les huiles comestibles brutes sont traitées avec des auxiliaires technologiques de qualité alimentaire (0,1 pour cent d'acide phosphorique) et de l'eau à une température comprise entre 60° et 100°C, ce qui aboutit à l'hydratation des phosphatides, des protéines, des hydrocarbures et des traces de métaux. Les matériaux hydratés précipitent dans l'huile et sont éliminés par centrifugation. Après le processus de démucilagination, les graisses et les huiles comestibles sont séchées (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

La démulcination enzymatique est un processus relativement nouveau. Les graisses et les huiles comestibles brutes, prétraitées avec un mélange d'hydroxyde de sodium et d'acide citrique sont brassées avec l'eau et l'enzyme phospholipase par un mélangeur à cisaillement élevé, ce qui donne une émulsion très stable. L'émulsion permet à l'enzyme de réagir avec les phospholipides, en les transformant en lysophospholipides solubles dans l'eau. L'émulsion est décomposée par centrifugation, qui sépare les mucilages et les phospholipides de l'huile. Ce processus permet d'avoir un meilleur rendement en huile que la démulcination ou le raffinage traditionnel. La démulcination enzymatique n'est pas encore largement commercialisée (ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.2 Neutralisation

Les graisses et les huiles comestibles sont généralement soumises à un processus de neutralisation (parfois appelé raffinage ou raffinage alcalin) pour réduire leur teneur en acides gras libres, en produits de l'oxydation des acides gras libres, en protéines résiduelles, en substances mucilagineuses, en phosphatides (phospholipides), en hydrates de carbone, en composés sulfurés, en traces de métaux, pigments, en produits insolubles dans l'huile et en produits solubles dans l'eau. La méthode la plus importante et la plus diffuse consiste à traiter les graisses et les huiles comestibles avec une solution alcaline (soude caustique). Ce traitement réduit considérablement les acides gras libres, en les convertissant en une pâte de neutralisation, qui se sépare de l'huile. La plupart des phosphatides et des substances mucilagineuses ne sont solubles dans la graisse ou dans l'huile que sous forme d'anhydride; une fois hydratés avec la solution alcaline, ils sont facilement séparés de la graisse ou de l'huile. La phase huileuse est ensuite séparée d'une couche de savon, de solution alcaline et d'autres impuretés. Pour finir, la graisse ou l'huile est lavée à l'eau pour éliminer les résidus de savon, de solution alcaline et d'autres impuretés, puis séchée pour éliminer l'eau restante. Les graisses et les huiles comestibles à faible teneur en phosphatides (huile de palme et de coco) peuvent subir un raffinage physique (distillation à la vapeur) pour éliminer les acides gras libres (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.3 Frigélisation

La frigélisation est un processus de réfrigération contrôlée des graisses et des huiles comestibles durant lequel les cires sont cristallisées et éliminées par filtration, pour éviter une opacification de la fraction liquide à basse température. La filtration est facilitée par l'utilisation de Kieselguhr, un minéral de sédimentation biogénique. Un processus similaire – le décirage – est utilisé pour clarifier les graisses et les huiles comestibles contenant des traces d'éléments opacifiants. (ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.4 Décoloration

Le processus de décoloration (ou blanchiment) a pour but de réduire la teneur en pigments, tels que caroténoïdes et chlorophylle, mais il sert aussi à éliminer les résidus de phosphatides, les traces de savon, les traces de métal, les produits de l'oxydation, les composés sulfurés et les protéines. La décoloration est le plus souvent obtenue par adsorption de ces substances sur un matériau spécifique. Le matériau adsorbant le plus largement utilisé est la terre ou l'argile décolorante activée par un acide (parfois appelée bentonite), principalement constituée de silicate d'aluminium hydraté. On utilise aussi parfois du gel de silice anhydre. Si

les graisses et les huiles comestibles contiennent trop d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), on ajoute du charbon activé pour les absorber et les éliminer. Le dosage de ces adsorbants est ajusté en fonction du type de substances à éliminer. L'argile ou la terre décolorante, le gel de silice ou le charbon activé sont séparés par filtration. La décoloration se fait en partie sous vide et à des températures comprises entre 90°C et 120°C (ou, parfois, entre 80° et 180°C) (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.5 Désodorisation

La désodorisation a pour but de réduire la teneur en acides gras libres et d'éliminer les odeurs, les saveurs étrangères et d'autres composants volatils, tels que les pesticides et les hydrocarbures aromatiques polycycliques légers. C'est aussi à cette étape que les protéines sont éliminées. La désodorisation des graisses et des huiles comestibles se fait par distillation, un processus réalisé sous vide (0,5–8 kPa) à des températures comprises entre 170° et 270°C, à l'aide d'un agent décapant, tel que la vapeur ou l'azote. En cas de besoin, les conditions sont ajustées à l'intérieur de ces fourchettes en fonction des substances à éliminer. La désodorisation se fait sous vide pour faciliter l'élimination des substances volatiles, éviter une hydrolyse excessive de la graisse ou de l'huile et utiliser au mieux la vapeur. La désodorisation n'a pas d'effet significatif sur la composition en acides gras de la plupart des lipides. Selon le degré d'insaturation du corps gras qui est désodorisé, de petites quantités d'acides gras trans peuvent être formées. Les huiles végétales finies après la désodorisation contiennent suffisamment de tocophérols pour assurer leur stabilité (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006). La désodorisation est une étape nécessaire de la fabrication d'une huile ou d'une graisse comestible destinée à être vendue à des fabricants ou à des consommateurs de produits alimentaires.

7.3 CAPACITÉ D'ÉLIMINATION DES RÉSIDUS DURANT LE RAFFINAGE

Le raffinage de l'huile à l'arrivée est le point de contrôle critique final dans la chaîne de transport maritime, pour la grande majorité des graisses et des huiles comestibles expédiées dans le monde.

Dans le cadre d'expériences, des graisses et des huiles comestibles dopées avec des pesticides ayant des propriétés physiques et chimiques différentes, ont subi un raffinage chimique ou physique, pour tester diverses étapes, telles que la démucilagination, la neutralisation, la décoloration et la désodorisation. Il ressort clairement de ces expériences que la désodorisation est l'étape la plus efficace pour débarrasser l'huile des contaminants. En outre, on peut conclure qu'une solubilité dans l'eau > 1 mg/litre (même si un niveau de 0,1 ou 0,01 peut être satisfaisant) et une pression de vapeur saturée > 1 mPa (mais là aussi 0,1 pourrait convenir) pourraient être des critères utiles pour l'acceptation d'une substance en tant que cargaison précédente, à condition que le raffinage soit retenu pour l'élaboration de critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables (ITERG, 2006b).

8. Comment protéger la santé publique?

8.1 GÉNÉRALITÉS

Les risques pour la santé humaine découlant de l'exposition à des résidus de cargaisons précédentes présents dans des graisses et des huiles comestibles peuvent être couverts par une évaluation du risque toxicologique. Cette évaluation portera sur toutes les cargaisons précédentes possibles, y compris de produits chimiques industriels, d'additifs alimentaires ou même de denrées alimentaires. Cette évaluation pourrait permettre d'établir que, si l'exposition à une substance chimique ne dépasse pas un certain niveau considéré comme « toxicologiquement sans danger », l'exposition associée à l'« utilisation » de cette substance chimique comme cargaison précédente, pourrait théoriquement être acceptable.

Pour chaque cargaison précédente possible, deux données importantes sont requises:

- Une dose de référence en dessous de laquelle l'exposition à la substance chimique concernée peut être considérée comme sans danger
- Une estimation de l'exposition

8.2 DOSE DE RÉFÉRENCE

En toxicologie, le principe fondamental est que toute substance est susceptible de déclencher une réponse toxique, à condition que l'exposition à cette substance soit suffisamment élevée pour la susciter. Autrement dit, on peut être exposé à une substance sans ressentir d'effets toxiques, si l'exposition à cette substance ne dépasse pas un certain seuil. Comme les données disponibles sont incomplètes, les « seuils humains » d'exposition à la grande majorité des substances ne sont pas connus. C'est pourquoi, on définit généralement des doses de référence – ordinairement désignées par le sigle DJA (dose journalière acceptable) ou DJT (dose journalière tolérable) – en extrapolant à partir de données concernant les animaux.

Pour dériver une dose de référence, il faut évaluer avec soin les données de toxicité disponibles chez l'animal. À partir des études qui ont été faites, on dérive une Dose sans effet indésirable observé (DSEIO) chez une espèce animale, censée couvrir toutes les réactions toxiques possibles. Une dose de référence est ensuite dérivée de cette DSEIO animale, en la divisant par des facteurs d'incertitude qui sont supposés couvrir la variabilité inter et intra spécifique de la sensibilité (PISSC, 1987, 2006).

Il est admis depuis plusieurs décennies que le « principe du seuil » ne s'applique pas à toutes les réactions toxiques. La mutagénicité (~ génotoxicité) peut notamment être déclenchée par des mécanismes sans seuil, et si cette mutagénicité est associée à une carcinogénicité, ce dernier effet est aussi considéré comme sans seuil d'exposition. Ainsi, pour les substances qui sont à la fois mutagènes et carcinogènes, on part du principe qu'il est impossible d'identifier une exposition à laquelle le risque de développer des tumeurs n'est pas augmenté. Toutefois, si les responsables de la gestion du risque décidaient de considérer comme acceptable un niveau *de minimis* de risque additionnel (par exemple, 1 sur un million d'individus exposés durant leur vie), ce niveau pourrait servir de référence pour évaluer l'acceptabilité des expositions à ces substances utilisées en tant que cargaisons précédentes. Si le niveau *de minimis* n'est pas considéré comme acceptable, les substances mutagènes et carcinogènes seront automatiquement exclues de la liste des cargaisons précédentes acceptables.

Pour dériver des doses de référence, il faut avoir une grande quantité de données de toxicité qui font souvent défaut. L'acceptabilité de l'exposition aux substances pour lesquelles on ne peut pas établir de dose de référence pourrait être évaluée sur la base du « seuil de préoccupation toxicologique » (à ne pas dépasser) (ILSI, 2005). En principe, cette méthode assigne les substances à une des trois catégories structurales pour lesquelles un seuil de préoccupation a été défini sur la base des données de toxicité concernant environ 600 produits chimiques différents. Pour les substances appartenant à plusieurs groupes étroitement définis, tels que les dioxines, les azoïques, les composés nitreux, ou pour celles qui présentent des structures d'alerte de génotoxicité, il faudrait définir un quatrième seuil de préoccupation spécial (avec un risque anticipé de cancer inférieur à 1 sur un million d'individus exposés durant leur vie), ou identifier une priorité quant à la nécessité de recueillir des données toxicologiques concernant spécifiquement ces composés.

Les points suivants ont été signalés à l'attention des participants:

- En ce qui concerne le seuil de préoccupation toxicologique, il n'y a pas de consensus sur les catégories spéciales mentionnées (dioxines et mutagènes puissants) et ces substances devraient être considérées comme inacceptables en tant que cargaisons précédentes. Les composés de type dioxine ont été exclus de l'approche d'évaluation basée sur le seuil de préoccupation toxicologique, non pas en raison d'un risque de cancer, mais parce qu'ils sont fortement accumulables. La bio-accumulation devrait être prise en compte dans les critères – les substances considérées comme persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT) sont déjà des contaminants très diffus dans la chaîne alimentaire et une contamination supplémentaire est à éviter.
- En ce qui concerne les dioxines et les mutagènes puissants, un débat a eu lieu à l'atelier de l'Institut international des sciences de la vie (ILSI, 2005). Ces substances en particulier sont mentionnées dans l'arbre de décision de l'ILSI basé sur le seuil de préoccupation toxicologique, pour déclencher des investigations sur la toxicité de composés spécifiques.
- Des catégories de PBT (persistance, bioaccumulation et toxicité) ont été établies pour les substances toxiques pour l'environnement mais la définition des termes « bioaccumulation » ou « persistance » est imprécise. En ce qui concerne les poissons, la bioaccumulation est simplement le rapport entre le corps et la concentration dans l'environnement, alors que la persistance est la résistance à la décomposition chimique ou biologique dans l'environnement. S'agissant de mammifères, les choses sont moins simples. En outre la bio-accumulation et la persistance ne sont pas en elles-mêmes des effets nocifs. Il n'y a pas de raison réellement valable de s'opposer à l'incorporation des critères de PB (persistance et bioaccumulation) à condition toutefois de définir un point-limite précis. La demi-vie biologique pourrait être un paramètre utile (par exemple, toute substance ayant une demi-vie supérieure à 30 jours chez les mammifères est bioaccumulable ou persistante), mais pour de nombreuses substances, on ne dispose pas de données cinétiques adéquates. Les critères toxicologiques peuvent être couverts par la DJA (ou la DJT) ou par le SPT.
- On a fait observer que ces critères toxicologiques (DJA, DJT ou SPT) ont été élaborés pour évaluer les expositions durant toute une vie. Or il est tout à fait improbable qu'un individu consomme le même type de graisse ou d'huile

contaminée par un résidu particulier d'une cargaison précédente chaque jour pendant toute sa vie. Il pourrait donc être nécessaire de calculer des doses de référence d'exposition à court terme, plutôt que des limites d'exposition durant une vie.

- D'autres sources d'exposition par le régime alimentaire doivent aussi être prises en compte et une DJA ou DJT ne devrait pas être allouée en totalité à la cargaison précédente. Aux fins de la discussion, une allocation de 10 pour cent est proposée, ce qui signifie que cette source particulière ne changerait pas grand-chose si une autre exposition par le régime alimentaire était proche de la DJA (ou de la DJT).
- L'allocation est une procédure relativement commune qui pourrait être applicable aux cargaisons précédentes. Il pourrait être nécessaire de faire des différences en fonction du type de cargaison précédente considéré. L'allocation pourrait, par exemple, ne pas être applicable à des produits chimiques purement industriels, alors qu'elle le serait pour des substances qui sont aussi couramment utilisées comme additifs alimentaires.

8.3 ESTIMATION DE L'EXPOSITION

L'exposition à un contaminant présent dans une graisse ou une huile peut être estimée en multipliant le niveau de contamination dans le lipide par la quantité de graisse ou d'huile ingérée. On suppose que la cargaison ne subit pas de raffinage ultérieur. Cependant, si l'huile doit être raffinée pour être transformée en un produit comestible, ce facteur pourrait être pris en compte.

La formule ci-après s'appliquerait:

$$\text{Dose} = \frac{C \times A \times R_f}{B_w} \quad (\text{formule 4})$$

où:

Dose = estimation de l'exposition (kg/kg bw/jour)

C = concentration du contaminant (kg/kg de graisse ou huile)

A = quantité journalière de graisse ou d'huile consommée (kg/personne/jour)

R_f = facteur de raffinage, à savoir 1 pour les graisses et les huiles comestibles utilisées sans raffinage ultérieur et (théoriquement) 0 pour celles qui sont complètement raffinées avant utilisation. (comme le raffinage n'est pas pris en compte pour les critères, dans tous les cas R_f est, par définition, égal à 1).

B_w = (body weight) = poids corporel (60 kg)

La quantité de graisse ou d'huile consommée peut être extraite du Tableau 4. On peut conclure qu'il est hautement improbable que la ration journalière d'huiles et de graisses comestibles d'un individu soit constituée d'un même type de graisse ou d'huile. Il serait donc plus approprié de se baser sur l'ingestion la plus élevée d'un même type de graisse ou d'huile: à savoir 22 g/personne/jour d'huile de soja raffinée. Cette estimation est extraite des Régimes alimentaires par module de consommation du GEMS/Food de l'OMS (Programme de surveillance et d'évaluation de la contamination des produits alimentaires/Système mondial de surveillance continue de l'environnement), qui sont établis sur la base des importations et des exportations et des quantités consommées de diverses graisses ou huiles dans 13 pôles régionaux. Les données moyennes sur cinq ans sur la consommation de graisses et d'huiles comestibles dans les 13 Régimes alimentaires par module de consommation du GEMS/Food sont extraites des bilans des disponibilités alimentaires de la FAO pour la période 1997-2001. L'ingestion moyenne de chaque produit alimentaire, au niveau du pôle, a été pondérée par la taille de la population du pays déclarant (OMS, 2006a).

Il serait certes plus approprié de se fonder sur des données sur la consommation alimentaire produites par le Royaume-Uni ou par les Pays-Bas, par exemple, mais ces données ne sont disponibles que pour un nombre de pays très restreint. C'est pourquoi on a préféré les Régimes alimentaires par module de consommation du GEMS/Food.

Pour les calculs, l'exposition à une substance provenant d'une cargaison suivante d'huile de soja raffinée a été choisie comme critère final, car au moment où l'on établit les listes de cargaisons précédentes acceptables, on ne dispose d'aucune indication sur le type d'huile que pourrait contenir la cargaison suivante. En outre, comme les cargaisons suivantes devraient être des huiles et des graisses adaptées à la consommation humaine partout dans le monde, il est justifié de se baser sur l'ingestion la plus élevée d'un type de graisse ou d'huile quelconque, du moment qu'il est consommé partout dans le monde (par exemple 22 g d'huile de soja raffinée/personne/jour pour le régime par module de consommation M).

Par exemple: un contaminant d'une cargaison précédente, présent à une concentration de 100 mg/kg de graisse ou d'huile (cas le plus défavorable décrit pour les citernes revêtues) se traduirait (selon la *formule 4*) par une dose journalière de 0,037 mg/kg de poids corporel par jour, en supposant que la consommation soit de 22g d'huile de soja raffinée par personne et par jour, et que les résidus ne soient pas éliminés par raffinage. Si l'on suppose en outre que cette dose est consommée chaque jour pendant toute la vie, une substance dont la DJA ou la DJT serait inférieure à cette dose serait considérée comme inacceptable en tant que cargaison précédente. Inversement, une substance dont la DJA (ou DJT) serait supérieure à 0,037 mg/kg de poids corporel par jour, serait acceptable en tant que cargaison précédente sur un plan toxicologique.

TABLEAU 4

Synthèse des données sur la consommation d'huile ou de graisse

Type d'huile ou de graisse	Quantité de graisse ou d'huile consommée (g/personne/j)	Données de référence	Source
– Bilans des disponibilités alimentaires –			
Total g. végétales (+ margarine et graisse alimentaire compacte)	78,5	La plus élevée des 13 régimes par module de consommation	Régimes par modules de consommation GEMS/Food de l'OMS
Total g. animales (laitages exclus)	27,4	La plus élevée des 13 régimes par module de consommation	Régimes par modules de consommation GEMS/Food de l'OMS
Huile végétale d'un même type (huile de soja raffinée)	22	La plus élevée des 13 régimes par module de consommation	Régimes par modules de consommation GEMS/Food de l'OMS
Graisse animale d'un même type (lard – de cochon)	10,4	La plus élevée des 13 régimes par module de	Régimes par modules de consommation GEMS/Food de

		consommation	l'OMS
– Enquêtes nationales sur la consommation alimentaire –			
Total h. végétales			
Population générale ^a :	27,0	Moyenne	Enquête sur la consommation alimentaire aux Pays-Bas
Enfants ^b :	16,4		
Total g. animales			
Population générale ^a :	2,1	Moyenne	Enquête sur la consommation alimentaire aux Pays-Bas
Enfants ^b :	1,2		
Total h. végétales > 18 ans:	19,9	Moyenne	Enquête sur la consommation alimentaire au Royaume-Uni
4–6 ans:	13,9		
Total g. animales > 18 ans:	2,2	Moyenne	Enquête sur la consommation alimentaire au Royaume-Uni
4–6 ans:	2,1		
Total h. végétales > 18 ans:	52,4	97,5 percentiles	Enquête sur la consommation alimentaire au Royaume-Uni
4–6 ans:	31,8		
Total g. animales > 18 ans:	13,0	97,5 percentiles	Enquête sur la consommation alimentaire au Royaume-Uni
4–6 ans:	8,8		

^a Population générale = 1–65 ans.

^b Enfants = 1–6 ans.

Si la cargaison suivante est un autre type de graisse ou d'huile comestible, l'exposition sera plus faible. Par exemple, à partir d'une cargaison suivante de lard, on peut dériver une dose journalière maximale de 0,017 mg/kg de poids corporel par jour, qui pour la même substance serait aussi considérée comme ne présentant pas de risque toxicologique, si sa DJA (ou DJT) est > 0,037 mg/kg de poids corporel par jour.

Les points suivants ont été discutés:

- L'hypothèse, énoncée plus haut, selon laquelle « la dose est consommée chaque jour pendant toute la vie », semble plutôt irréaliste. Une contamination est un événement très rare. Supposons que la quantité maximale la plus probable de graisse ou d'huile contaminée soit un réservoir de 3 000 tonnes. Si cette contamination n'est pas détectée par le raffineur et n'est pas éliminée au stade de la désodorisation, l'huile contaminée sera livrée à de nombreux fabricants de produits alimentaires dans des navires-citernes de 20 tonnes, et sera par conséquent présente dans de nombreux produits alimentaires différents. Or il est peu probable qu'un individu consomme plus d'un type de chaque produit au cours d'une même journée. Illustrons ceci par un exemple : quand un individu consomme 100 g de graisse ou d'huile contaminée, cela équivaut à environ 1,5 litre de glace ou à dix paquets de chips en un seul jour, ce qui est exagéré. Il se peut que la graisse ou l'huile soit convertie en margarine et que plusieurs confectios soient achetées en même temps dans un supermarché. Cela veut dire qu'une petite quantité, disons 50 grammes, pourrait être consommée chaque jour pendant environ 1 mois. Il s'agit là

d'une estimation réaliste de l'ingestion maximale journalière de graisses ou d'huiles contaminées et de la période de temps pendant laquelle cette dose serait consommée.

- Si l'on ne tient compte que des expositions occasionnelles, il est préférable de baser les calculs sur une « grosse portion », telle que 144 g de graisse de porc (2,15 g/kg de poids corporel pour une population générale d'un poids corporel de 67 kg); mais ensuite, il faudrait se baser sur une dose aiguë de référence (DAR) plutôt que sur la DJA (ou la DJT) (OMS, 2006b).
- Pour tenir compte des forts consommateurs et leur assurer une protection suffisante, il faudrait inclure un coefficient 3 dans l'évaluation de l'ingestion chronique (OMS, 1985). Toutefois, on estime que 5 pour cent seulement de la totalité des graisses et des huiles transportées par des navires de haute mer sont contaminées. Il est donc très peu probable que les consommateurs ingèrent pendant toute leur vie de grosses quantités d'une graisse ou d'une huile contaminée par une cargaison précédente spécifique. La pratique la plus courante consiste donc à comparer à la DAR l'ingestion la plus élevée des forts consommateurs (95^{ème} percentile) pendant un seul jour, au lieu d'introduire un facteur pour corriger une forte consommation pendant toute une vie. Les participants ont donc conclu qu'il n'était pas nécessaire d'inclure un coefficient 3 pour couvrir les forts consommateurs.
- L'utilisation de doses de référence d'exposition à court terme est controversée pour plusieurs raisons. Il est impossible de formuler des hypothèses sur la durée d'une exposition courte, d'autant qu'elle se produirait certainement plus d'une fois. Les effets génésiques se produisant *in utero* ne sont pas liés à une exposition pendant la vie entière. La tératogénicité ou l'inhibition de l'acétylcholinestérase peuvent être des effets à court terme pertinents et une dose de référence à court terme devrait être suffisamment basse pour couvrir ces effets ou d'autres effets similaires. Dans le cas contraire, le concept même des doses de référence à court terme perdrait toute utilité. Or il a été pris en compte (sous le nom de « doses aiguës de références ») dans les évaluations de pesticides de la JMPR (Réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides), et des conseils sur les méthodes de dérivation de ces doses ont été publiés (Solecki *et al.*, 2005). Ce concept ne peut donc pas être immédiatement écarté. La principale difficulté pourrait être de définir ce que l'on entend par « court terme » : une seule exposition de 24 heures, ou une exposition plus longue, par exemple d'un mois? L'autre problème est l'approche à adopter pour estimer les concentrations possibles des cargaisons précédentes dans les cargaisons suivantes de graisses et d'huiles. Il serait sans doute préférable, au nom de la sécurité, de ne pas utiliser le concept de la dose de référence à court terme.

9. Critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables

Il est matériellement difficile d'élaborer un système qui tienne compte de toutes les combinaisons possibles de cargaison précédente, de type de construction des citernes, de régime de nettoyage et de transformation ultérieure de la cargaison suivante de graisse ou d'huile. Le seul moyen pratique pour décider si une substance est acceptable en tant que cargaison précédente, devait être générique, en supposant les conditions les plus mauvaises, notamment l'application plus ou

moins garantie de méthodes normalisées de transport/entreposage et de nettoyage des citernes (conformément aux Procédures standard et aux bonnes pratiques d'hygiène) et les estimations par défaut de l'exposition.

On peut dériver un projet de liste de critères applicables pour évaluer l'acceptabilité d'une éventuelle cargaison précédente d'un chargement de graisses ou d'huiles comestibles. Pour établir cette liste, on a supposé que la graisse ou l'huile de la cargaison suivante transportée ou entreposée dans la citerne ne subissait pas de raffinage ultérieur. Il s'agit là de l'hypothèse la plus défavorable, mais on ne peut pas partir du principe que toutes les expéditions de graisses et d'huiles comestibles seront raffinées, après la livraison. Le projet de liste des critères proposé à l'attention des participants est présenté dans l'encadré 1.

Il a été noté que les critères de l'encadré 1 étaient vagues. Toute substance pertinente doit satisfaire à la liste finale des critères avant de pouvoir être incluse dans la liste des cargaisons précédentes acceptables. Le but devrait être d'établir une liste des paramètres physiques, chimiques et toxicologiques et des valeurs maximales ou minimales. Les critères figurant dans la liste ne sont assortis d'aucune valeur. Les valeurs proposées pourraient être proposées à part, comme indiqué dans le Tableau 5.

TABLEAU 5
Valeurs possibles des critères proposés

Paramètre	Valeur	Unités	Observations
Viscosité	< 100	mPa.s	à 80°C
Solubilité dans l'eau	> 1	mg/litre	à 20°C
Solubilité dans une solution détergente			
Pression de vapeur saturée	> 1	mPa	
DJA			
Limite de détection	≤ 0.1	mg/kg	dans l'huile

ENCADRÉ 1

Une substance peut être considérée comme acceptable, en tant que résidu d'une cargaison précédente reporté dans une cargaison suivante d'huiles et de graisses comestibles:

1. uniquement s'il est impossible de transporter la substance autrement que dans des citernes réservées aux denrées alimentaires.
2. à la condition qu'elle soit transportée/entreposée dans une installation bien conçue, avec un nettoyage de routine approprié et des procédures d'inspection efficaces (voir section 2.1.3 du Code d'usages [CAC, 1987]).
3. si elle peut être éliminée par un nettoyage efficace des citernes.
4. si les résidus de la substance présents dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile ne donnent pas lieu à une oxydation ou à une hydrolyse inacceptables de ces graisses et huiles
5. si la substance n'engendre pas d'autres réactions chimiques avec la cargaison suivante de graisses ou d'huiles.
6. si les résidus de la substance se trouvant dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile n'entraînent pas de changements organoleptiques inacceptables (odeur, couleur, goût).
7. si les résidus de la substance se trouvant dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile n'ont pas d'effets nocifs sur la santé humaine, tels que allergénicité, intolérance alimentaire, événements génotoxiques ou carcinogènes (les avis du JECFA ou d'autres organes reconnus pourraient être pris en compte) – à cet égard, le rapport entre la taille des citernes et les quantités totales restantes après le nettoyage a une importance cruciale.
8. si les substances ne sont pas bioaccumulables et persistantes dans les tissus humains.
9. si la substance restant dans la cargaison suivante de graisse ou d'huile est traçable par des méthodes d'analyse couramment disponibles et suffisamment sensibles pour détecter des traces de la substance chimique considérée ou vérifier l'absence de contamination.
10. si elle a été approuvée par les autorités compétentes du pays importateur (voir section 2.1.3 du Code d'usages [CAC, 1987]).

Références⁸

- AFOA (American Fats and Oils Association).** 2006. *AFOA news: IMO Annex II Révision*. AFOA (disponible à l'adresse: <http://www.afoaonline.news> – accédé le 11 mai 2006).
- Butterworth.** 2006. Product data sheet for tank cleaning machine LTG. Houston, Texas, États-Unis (disponible à l'adresse: <http://www.butterworth.com>).
- CAC (Commission du Codex Alimentarius).** 2005. *Manuel de procédure du Codex* (15^{ème} édition). Critères généraux régissant le choix des méthodes d'analyse à l'aide de la démarche-critères, p. 78-79.
- CAC.** 1987. *Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et des graisses comestibles en vrac* CAC/RCP 36-1987 (Rev. 3-2005).
- CAC.** 1969. *Code d'usages international recommandé – Principes généraux d'hygiène des denrées alimentaires* CAC/RCP 1-1969 (Rev. 4-2003).
- Chemserve.** 2006. Miracle tank cleaning database (disponible à l'adresse <http://www.chemserve-marine.com> – accédé en octobre 2006).
- CIW (Commissie Integraal Waterbeheer).** 2002. *Intégrale bedrijfstakstudie tankautoreiniging*. CIW, La Haye, Pays-Bas (disponible à l'adresse: <http://www.ciw.nl> or <http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/ciw/bibliotheek/documenten/werkgroep-4/CIW-integrale-bedrijfstakstudie-tankautoreiniging.pdf>).
- Codex Stan.** 1999a. *Norme Codex pour les huiles végétales portant un nom spécifique*. Codex Stan 210 (amendé 2003, 2005).
- Codex Stan.** 1999b. *Norme Codex pour les graisses animales portant un nom spécifique*. Codex Stan 211-1999.
- Codex Stan.** 1981a. Norme Codex pour les graisses et les huiles comestibles non visées par des normes individuelles. Codex Stan 19-1981, Rév. 2-1999.
- Codex Stan.** 1981b. *Norme Codex pour les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive*. Codex Stan 33-1981, Rév. 2-2003.
- Codex Stan.** 1981c. *Norme Codex pour le beurre de cacao*. Codex Stan 86-1981, Rév. 1-2001.
- Couts, J.** 1991. *Investigation into contamination of oils and fats by the absorption of previously carried cargo into the tank coating and subsequent release into oil or fat*. Information and Library Service, Felling, Report FLR 67/91R. Données confidentielles.
- De Rijke.** 2006. Brochure (disponible à l'adresse: <http://www.derijke.com> – accédé le 11 octobre 2006).
- UE (Union européenne).** 2004a. Directive 2004/4/CE de la Commission du 15 Janvier 2004 modifiant certaines dispositions concernant le transport par mer d'huiles et de graisses liquides en vrac, de la Directive 93/43/CEE du Conseil relative à l'hygiène des denrées alimentaires. OJ L 15, 22.1.2004, p. 25-30.
- UE.** 2004b. Rectificatif à la directive 2004/4/CE de la Commission du 15 janvier 2004 modifiant certaines dispositions concernant le transport par mer d'huiles et de graisses liquides en vrac, de la directive 93/43/CEE du Conseil relative à l'hygiène des denrées alimentaires. OJ L 81, 19.3.2004, p. 92.
- UE.** 2003. Directive 2003/89/CE du Parlement européen et du Conseil du 10 novembre 2003 modifiant la directive 2000/13/CE en ce qui concerne

⁸ Ces références sont celles qui sont citées dans le document d'information. Les sources des informations additionnelles fournies juste avant et pendant la réunion figurent à l'Annexe III.

- l'indication des ingrédients présents dans les denrées alimentaires. OJ L 308, 25.11.2003, p. 15–18.
- UE.** 1996. Directive 96/3/CE de la Commission du 26 Janvier 1996 instituant une dérogation en ce qui concerne le transport par mer d'huiles et de graisses liquides en vrac, à certaines dispositions de la directive 93/43/CEE du Conseil relative à l'hygiène des denrées alimentaires. OJ L 21, 27.1.1996, p. 42–46.
- UE.** 1993. Règlement (CEE) No 315/93 du Conseil du 8 février 1993 portant établissement des procédures communautaires relatives aux contaminants dans les denrées alimentaires. OJ L 37, 13.2.1993, p. 1–3.
- FEDIOL (EU Oil and Proteinmeal Industry).** 2006. *Processing* (disponible à l'adresse: <http://www.fediol.be>).
- FOSFA (Federation of Oils, Seeds and Fats Associations).** 2005a. FOSFA qualifications and operational procedures for ships engaged in the carriage of oils and fats in bulk for edible and oleo-chemical use, d.d. 1 October 2005, FOSFA International. Données confidentielles.
- FOSFA.** 2005b. Contract 54 for vegetable and marine oil in bulk. FOSFA International. Données confidentielles.
- Gelpí, E., Posada de la Paz, M., Terracini, B., Abaitua, I., Gómez de la Cámara, A., Kilbourne, E.M., Lahoz, C., Nemery, B., Philen, R.M., Soldevilla, L. & Tarkowski, S.** 2002. The Spanish toxic oil syndrome 20 years after its onset: a multidisciplinary review of scientific knowledge. *Environ. Health Persp.*, 110(5): 457–464.
- Gunstone, F.D.** 1996. *Fatty acid and lipid chemistry* (1st ed.). London, Blackie Academic and Professional.
- Hancock, J.N.S.** 2006a. Report of tank cleaning group. FOSFA International. Données confidentielles.
- Hancock, J.N.S.** 2006b. Part one, oils and fats. Communication privée.
- ILSI (International Life Sciences Institute).** 2005. *Threshold of Toxicological Concern (TTC). A tool for assessing substances of unknown toxicity present at low levels in the diet.* ILSI Europe Concise Monographs Series 2005: 1–31, ed. S. Barlow. Brussels, ILSI Europe (disponible à l'adresse: <http://europe.ilsa.org/activities/riskassessment/ThresholdToxicologicalConcern.htm>).
- OMI (Organisation maritime internationale).** 2006a. Circular Letter No 2730. Subject: Entry into force of the revised Annex II to MARPOL 73/78 and the amended IBC code. IMO, London, d.d. 3 July 2006. Données confidentielles.
- OMI.** 2006b. Chapter 17 of the IBC code. Summary of minimum requirements. MSC/79/23/add 1, Annex 10. IMO, Londres (disponible à l'adresse: <http://www.afoaonline.org> – accédé le 16 mai 2006).
- OMI.** 2002. Procédure GESAMP révisée d'évaluation des risques que présentent les substances chimiques transportées par les navires. Groupe mixte d'experts OMI/FAO/UNESCO-10C/OMM/OMS/AIEA/ONU/PNUE chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin (GESAMP), OMI, Londres. Données confidentielles.
- PISSC (Programme international sur la sécurité des substances chimiques).** 2006. *Chemicals in food.* PISSC, OMS, Genève, Suisse (disponible à l'adresse: <http://www.who.int/ipcs/food/en>).
- PISSC.** 1987. *Environmental Health Criteria (EHC 70). Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food.* PISSC, OMS, Genève, Suisse (disponible à l'adresse: <http://www.who.int/ipcs/food/en>).
- ISEO (Institute of Shortening and Edible Oils).** 2006. *Food fats and oils* (9th ed.). Washington DC, ISEO (disponible à l'adresse: <http://www.iseo.org>).

- ISO (Organisation internationale de normalisation).** 2006. *Liste de normes*. ISO (disponible à l'adresse : <http://www.iso.org>).
- ITERG (ITERG – Expertise corps gras).** 2006a. *L'auto-oxydation des corps gras et les phénomènes de rancissement* France, ITERG (disponible à l'adresse: <http://www.iterg.com> – accédé le 16 mai 2006).
- ITERG.** 2006b. Raffinage des matières grasses et élimination des résidus de pesticides. Conférence tenue par X. Pagès (ITERG) au 4ème Congrès d'Euro Fed Lipid, Madrid, 1-4 octobre 2006. France, ITERG (disponible à l'adresse: http://www.iterg.com/article.php3?id_article=844 – accédé le 26 janvier 2007).
- Karlshamms.** 2006. *Bulk handling of edible oils and fats* (disponible à l'adresse: <http://www.karlsham.com> – accédé le 15 mai 2006).
- Lloyd's Register.** 2005. The 2007 revisions to MARPOL 73/78 Annex II and the IBC code. Lloyd's Register EMEA, Rev. 1.2, January 2005. Données confidentielles.
- MEIC (Ministère de l'économie, de l'industrie et du commerce).** 2006. Development of criteria for the evaluation of substances for inclusion/exclusion on the list of acceptable cargoes. Observaciones de Costa Rica. MEIC, Dirección de Mejora Regulatoria y Reglamentación Técnica, Secretaria Técnica del Codex en Costa Rica. Données confidentielles.
- Mogerley, A.** 2006. Letter Dr Costarrica, FAO, d.d. 13 September 2006. Subject: Comments on criteria for the evaluation of substances for inclusion/exclusion on a list of acceptable previous cargoes on behalf of NIOP (National Institute of Oilseed Products). Données confidentielles.
- N-PAL (NP Analytical Laboratories).** 2006. *Measuring rancidity in fats and oils*. (disponible à l'adresse: <http://www.ralstonanalytical.com> – accédé le 16 mai 2006).
- OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques).** 2006. *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Pression de vapeur* disponible à l'adresse: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- OCDE.** 1995a. *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Densité des liquides et des solides* (disponible à l'adresse: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- OCDE.** 1995b. *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Solubilité dans l'eau* (disponible à l'adresse: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- OCDE.** 1981. *Lignes directrices de l'OCDE pour les essais de produits chimiques. Viscosité des liquides* (disponible à l'adresse: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- Scheldenet.** 2000. *Scheepvaart in de blauwe delta*. Rotterdam, The Netherlands (available at: <http://www.scheldenet.nl/upload-files/796-scheepvaart-in-de-blauwe-delta.pdf>).
- Solecki, R., Davies, L., Dellarco, V., Dewhurst, I., van Raaij, M & Tritscher, A.** 2005. Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food and Chemical Toxicology*, 43: 1569–1593.
- Tankers.** 2006. *Fleetlist of Jo Tankers* (disponible à l'adresse: <http://www.jotankers.com> – accédé le 12 mai 2006).
- Verwey, A.** 1998. *Tank cleaning guide, chemical laboratory "Dr A Verwey"*, Rotterdam (6th ed.) (disponible à l'adresse: <http://www.drverwey.nl>).
- OMS (Organisation mondiale de la santé).** 2006a. *Global Environmental Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food)*. GEMS/Food Consumption Cluster Diets (disponible à l'adresse:

<http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>).

- OMS.** 2006b. *Global Environmental Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food)*. GEMS/Food Short Term Diets (disponible à l'adresse: <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>).
- OMS.** 2004. *Toxic oil syndrome. Ten years of progress*. Ed. B. Terracini. Organisation mondiale de la santé (disponible à l'adresse: <http://www.euro.who.int>).
- OMS.** 1985. *Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants*. Publ. no. 87. Genève, Organisation mondiale de la santé.

Appendice 1

Projet de liste des cargaisons précédentes acceptables⁹

(à l'Étape 7 de la procédure)

Substance (synonymes)	Numéro du CAS
Acide acétique (acide éthanique; acide du vinaigre)	64-19-7
Anhydride acétique (anhydride éthanique)	108-24-7
Acétone (diméthylcétone; propan-2-one)	67-64-1
Huiles acides et acides gras (distillats) - dérivés d'huiles ou de graisses animales, marines ou végétales	
Hydroxyde d'ammonium (hydrate d'ammonium; ammoniacque; eau ammoniacale)	1336-21-6
Polyphosphate d'ammonium	68333-79-9
Huiles et graisses animales, marines et végétales (y compris les huiles et graisses hydrogénées) - à l'exception de l'huile du mésocarpe de la noix de cajou et de la résine liquide	
Cire d'abeille - blanche	8006-40-4
Cire d'abeille - jaune	8012-89-3
Alcool benzylique (qualité pharmaceutique et qualité "réactifs")	100-51-6
Butane-1,3-diol (1,3-butylèneglycol)	107-88-0
Butane-1,4-diol (1,4-butylèneglycol)	110-63-4
Acétate de n-butyle	123-86-4
Acétate de sec-butyle	105-46-4
Acétate de tert-butyle	540-88-5
Solution de chlorure de calcium	10043-52-4
Lignosulfonate de calcium liquide (solution de lignine; lessive sulfite)	8061-52-7
Cire de candelilla	8006-44-8
Cire de carnauba (cire de Carnaubeira)	8015-86-9
Cyclohexane (hexaméthylène; hexanaphthène; hexahydrobenzène)	110-82-7
Éthanol (alcool éthylique; alcool)	64-17-5
Acétate d'éthyle (éther acétique; ester acétique; naphte de vinaigre)	141-78-6
2-Éthylhexanol (alcool 2-éthylhexylique)	104-76-7
Acides gras	
Acide arachidique (acide eicosanoïque)	506-30-9
Acide béhénique (acide docosanoïque)	112-85-6
Acide butyrique (acide n-butyrique; acide butanoïque; acide éthylacétique)	107-92-6
Acide caprique (acide n-décanoïque)	334-48-5
Acide caproïque (acide n-hexanoïque; acide n-hexylique)	142-62-1
Acide caprylique (acide n-octanoïque)	124-07-2
Acide érucique (acide cis-docos-13-énoïque)	112-86-7

⁹ CAC/RCP 36-1987, Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac (CAC, 1987)

Établissement de critères relatifs aux cargaisons précédentes acceptables pour les huiles et les graisses

	Acide heptoiq ue (acide n-heptanoique)	111-14-8
	Acide laurique (acide n-dodécanoique)	143-07-7
	Acide lauroléique (acide dodécénoique)	4998-71-4
	Acide linoléique (acide octadéca-9,12-diénoique)	60-33-3
	Acide linoléique (acide octadéca-9,12,15-triénoique)	463-40-1
	Acide myristique (acide n-tétradécanoique)	544-63-8
	Acide myristolique (acide n-tétradécénoique)	544-64-9
	Acide oléique (acide n-octadécénoique)	112-80-1
	Acide palmitique (acide n-hexadécanoique)	57-10-3
	Acide palmitoléique (acide cis-hexadéc-9-énoique)	373-49-9
	Acide pèlargonique (acide n-nonanoique)	112-05-0
	Acide ricinoléique (acide cis-12-hydroxyoctadéc-9-énoique; acide d'huile de ricin)	141-22-0
	Acide stéarique (acide n-octadécanoique)	57-11-4
	Acide valérique (acide n-pentanoique; acide valérianique)	109-52-4
Alcools gras		
	Alcool butylique (butan-1-ol ; alcool butylique normal)	71-36-3
	Alcool caproylique (hexan-1-ol; alcool hexylique)	111-27-3
	Alcool caprylique (octan-1-ol; heptylcarbinol)	111-87-5
	Alcool cétylique (alcool en C-16; hexadécan-1-ol; alcool palmitique; alcool primaire hexadécylique)	36653-82-4
	Alcool décylique (décan-1-ol)	112-30-1
	Alcool isodécylique (isodécanol)	25339-17-7
	Alcool enanthylique (heptan-1-ol; alcool heptylique)	111-70-6
	Alcool laurylique (dodécan-1-ol; alcool dodécylique)	112-53-8
	Alcool myristylique (tétradécan-1-ol; tétradécanol)	112-72-1
	Alcool nonylique (nonan-1-ol; alcool pèlargonique; octylcarbinol)	143-08-8
	Alcool isononylique (isononanol)	27458-94-2
	Alcool oléylique (octadécénol)	143-28-2
	Alcool stéarylique (octadécan-1-ol)	112-92-5
	Alcool tridécylique (tridécan-1-ol)	27458-92-0
Esters d'acides gras - combinaison des acides gras et des alcools gras susmentionnés		
par exemple	Myristate de butyle	110-36-1
	Stéarate de cétyle	110-63-2
	Palmitate d'oléyle	2906-55-0
Mélanges d'alcools gras		
	Alcool cétylstéarylique (C16-C18)	67762-27-0
	Alcool laurylmyristylique (C12-C14)	
	Acide formique (acide méthanoique; acide métaformique)	64-18-6
	Glycérine (glycérol, glycérine)	56-81-5
	Heptane	142-82-5
	Hexane	110-54-3
	Acétate d'isobutyle	110-19-0
	Alcool isooctylique (isooctanol)	26952-21-6

Alcool isopropylique (isopropanol; diméthylcarbinol; propan-2-ol)	67-63-0
Limonène (dipentène)	138-86-3
Solution de chlorure de magnésium	7786-30-3
Méthanol (alcool méthylique)	67-56-1
Méthyléthylcétone (butan-2-one; méthylacétone)	78-93-3
Méthylisobutylcétone (4-méthyl-2-pentanone; isopropylacétone)	108-10-1
Éther méthyl-tert-butylique	1634-04-4
Mélasse	57-50-1
Cire de lignite	8002-53-7
Pentane	109-66-0
Paraffine	8002-74-2
Acide phosphorique (acide orthophosphorique)	7664-38-2
Eau potable - acceptable uniquement si la cargaison immédiatement précédente figure aussi sur la liste	7732-18-5
Polypropylèneglycol	25322-69-4
Solution d'hydroxyde de potassium (potasse caustique)	1310-58-3
Acétate de propyle	109-60-4
alcool propylique (propan-1-ol; propanol)	71-23-8
Propylèneglycol (1,2-propylèneglycol; propane-1,2-diol; 1,2-dihydroxypropane; monopropylèneglycol; triméthylèneglycol)	57-55-6
Propylène tetramère (tétrapropylène; dodécène)	6842-15-5
Dioxyde de silicium (microsilice)	7631-86-9
Solution d'hydroxyde de sodium (soude caustique; soude)	1310-73-2
Silicate de sodium (silicate de soude; verre soluble)	1344-09-8
Sorbitol (D-sorbitol; alcool hexahydrique; glucitol; glucohexitol; sorbite)	50-70-4
Huile de soja époxydée	8013-07-8
Acide sulfurique	7664-93-9
Solution de nitrate d'ammonium et d'urée	
Huiles minérales blanches	8042-47-5

**Avant-projet de liste de cargaisons précédentes acceptables¹⁰
(à l'étape 4 de la procédure)**

Substance (synonymes)	No de CAS
2,3-Butanédiol (2,3-butylène glycol)	513-85-9
iso-Butanol (2-méthyl-1-propanol)	78-83-1
Solution de nitrate de Calcium ammonium	6484-52-2
Solution de nitrate de Calcium (CN-9)	35054-52-5
Cyclohexanol	108-93-0
Cyclohexanone	108-94-1
Esters méthylés d'acides gras	
Ceux-ci comprennent par exemple:	
Laurate de méthyl (dodécanoate de méthyl)	111-82-0
Oléate de méthyl (octadécénoate de méthyl)	112-62-9
Palmitate de méthyl (hexadécanoate de méthyl)	112-39-0
Stéarate de méthyl (octadécanoate de méthyl)	112-61-8
Peroxyde d'hydrogène	
Boues de Kaolin	1332-58-7
1,3 –Propylène glycol	504-63-2
Mélange d'acides gras non fractionnés ou mélange d'acides gras d'huiles et graisses naturelles	
Mélange d'alcools gras non fractionnés ou mélange d'alcools gras d'huiles et graisses naturelles	
Mélange d'esters gras non fractionnés ou mélange d'esters gras d'huiles et graisses naturelles	
Huile végétale – époxydée	

¹⁰ CAC/RCP 36-1987, Code d'usages international recommandé pour l'entreposage et le transport des huiles et graisses comestibles en vrac (CAC, 1987)

Appendice III

Sources d'information additionnelles

Outre les références citées dans le rapport principal et celles incorporées dans le document d'information, des informations supplémentaires ont été fournies juste avant et pendant la réunion:

- Woods, B.** 2000. Cargo tank coatings and cargo contamination. Milbros Shipping AS. Données confidentielles.
- Moy, G.** 2006a. Courrier électronique adressé au Dr Costarrica, FAO, d.d. 1 Novembre 2006. Sujet: Consultation FAO/OMS sur les cargaisons précédentes. Contient des commentaires sur le document d'information.
- MVO (Dutch Production Board for Margarines, Fats and Oils).** 2006. Courrier électronique adressé au Dr Mennes, RIVM, d.d. 6 Novembre 2006 et télécopie d.d. 7 Novembre 2007. Sujet: Réunion d'experts FAO/OMS/RIVM sur les cargaisons précédentes pour les graisses et les huiles. Contient des commentaires sur le document d'information ainsi que des fiches d'information sur diverses substances figurant sur le projet de liste des cargaisons précédentes acceptables. Données confidentielles.
- SCF (Scientific Committee for Foods).** 2003. *Updated opinion of the Scientific Committee on Food on the potential risk to human health arising from the transport in ship's tanks of oils and fats from substances proposed as acceptable previous cargoes* (exprimée le 4 avril 2003). Commission européenne, Direction générale santé et protection des consommateurs, SCF, report SCF/CD/CNTM/CARGO/16Final.
- SCF.** 1996. *Opinion on the potential risk to human health arising from the transport in ships' tanks of oils and fats from substances proposed as acceptable previous cargoes* (exprimée le 20 septembre 1996). Commission européenne, Direction générale santé et protection des consommateurs, SCF, 40^{ème} série de rapports.
- Tritscher, A.** 2006. Courrier électronique adressé au Dr G. Moy, OMS, d.d. 7 novembre 2006, sujet Consultation FAO/OMS sur les cargaisons précédentes. Contient des commentaires sur le document d'information.

ISBN 978-92-5-205699-7



9 789252 056997

TC/M/A1090F/1/01.09/300