

20 Études de cas sur

COMMENT PRÉVENIR L'UTILISATION DE PRODUITS CHIMIQUES TOXIQUES

fréquents dans la région Méditerranéenne



Cette publication a été réalisée par le Centre d'Activités Régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC) dans le cadre du programme SwitchMed financé par l'UE. SwitchMed bénéficie d'une coordination conjointe de l'Union Européenne, l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONU/IDI), le Programme des Nations Unies pour l'Environnement - Plan d'Action pour la Méditerranée et son Centre d'Activités Régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC) et l'ONU Environnement.

Supervision et coordination : Magali Outters (SCP/RAC), Kimberley de Miguel (SCP/RAC)

Auteurs : Roland Weber (POPs Environnemental Consulting, Allemagne), Peter Fantke (Université Technique du Danemark), Amel Ben Hamouda et Borhane Mahjoub (Institution de la Recherche Agricole et de l'Enseignement Supérieur et Université de Sousse, Tunisie)

Traduction version française : Alexandre Avon

À des fins bibliographiques, cet ouvrage peut être cité de la façon suivante : 20 Études de cas sur comment prévenir l'utilisation de produits chimiques toxiques fréquents dans la région Méditerranéenne. Centre d'Activités Régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC). Barcelona, 2018.

Mise en page, graphisme et illustrations : Dalia Sciama

Photo de couverture : © Eduard Lysenko

Impression : GAM Digital, Barcelone, imprimé sur papier recyclé Cocoon Offset

Copyright : Cette publication peut être reproduite, en tout ou en partie, à des fins éducatives et non lucratives, sans autorisation spéciale du Centre d'Activités Régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC), à condition que la source soit citée. Le SCP/RAC souhaiterait recevoir un exemplaire de toute publication l'utilisant comme source. Cette publication ne peut être revendue ou utilisée à des fins commerciales sans l'autorisation écrite de SCP/RAC.

Exclusion de responsabilité : Cette publication a été réalisée avec l'aide de l'Union Européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité du Centre d'Activités Régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC) et ne reflète pas l'opinion de l'Union Européenne.

Remerciements : Les auteurs expriment leur gratitude aux personnes qui ont contribué à cette publication, et qui ont fourni de précieuses informations, en particulier à Dr. Simona Balan et Christine Herold pour la relecture.

Pour plus d'informations, veuillez contacter :

www.switchmed.eu

moutters@scprac.org

Version française 2018, également disponible en anglais

Dépôt légal : B 17824-2018

20 Études de cas sur


**COMMENT PRÉVENIR
L'UTILISATION DE PRODUITS
CHIMIQUES TOXIQUES**

fréquents dans la région Méditerranéenne



► SOMMAIRE

Liste des tableaux	6
Liste des figures	7
Acronymes et abréviations	8
AVANT-PROPOS	10
INTRODUCTION	12
Comment utiliser cette publication	14
Motif du choix des études de cas. Contexte et limitations	16
20 SUBSTANCES TOXIQUES : APERÇU	17
ANTIMICROBIENS ET TENSIOACTIFS	21
1. Triclosan dans les produits de soins personnels	22
2. Alkylphénols éthoxylés comme tensioactifs dans l'industrie textile	24
BISPHÉNOLS ET PHTALATES	27
3. Polycarbonate à base de bisphénol A dans les biberons	28
4. Bisphénol A développeur dans le papier thermique	30
5. Sacs en plastique polyéthylène	33
6. Le PVC contenant du DEHP dans les appareils médicaux	36
7. PVC dans les jouets et produits de soin infantiles	39



IGNIFUGEANTS ET PARAFFINES CHLORÉES À CHAÎNE COURTE	43
8. Décabromodiphényl éther commercial dans les textiles	44
9. Paraffines chlorées à chaînes courtes comme fluides pour le travail des métaux	49
10. Décabromodiphényl éther commercial dans l'électronique plastique et les transports	52
11. Paraffines chlorées à chaîne courte dans le nourrissage du cuir	55
SUBSTANCES HAUTEMENT FLUORÉES	59
12. Substances alkylées per- et polyfluorées dans les mousses extinctrices	60
13. Substances alkylées per- et polyfluorées dans le traitement hydrophobe des textiles	63
CERTAINS MÉTAUX (ET LEURS SELS)	67
14. Pigments au chromate de plomb dans les peintures	68
15. Oxyde de plomb dans les peintures d'apprêt antiroUILLES	72
16. Arséniate de cuivre et de chrome dans le traitement du bois	76
17. Le chrome dans le tannage du cuir	79
PESTICIDES	83
18. Pesticides de synthèse utilisés en agriculture	84
SOLVENTS	89
19. Perchloréthylène dans le nettoyage à sec	90
20. Perchloréthylène dans le nettoyage des métaux	93
NOTES ET RÉFÉRENCES	97

► LISTE
DES
TABLEAUX

Tableau 1	Identité chimique du triclosan	22
Tableau 2	Identité chimique de NPEOs couramment utilisés	24
Tableau 3	Exemples d'alternatives plus sûres disponibles pour les NPEOs	25
Tableau 4	Identité chimique du BPA et du PC	28
Tableau 5	Identité chimique du bisphénol A (BPA)	30
Tableau 6	Identité chimique du bisphénol A (US EPA 2014)	31
Tableau 7	Identité chimique du DEHP (phtalate de bis-(2-éthylhexyle))	36
Tableau 8	Principaux phtalates utilisés comme plastifiants dans les jouets en PVC souple	39
Tableau 9	Effets toxiques critiques et doses journalières admissibles (TDI) de plastifiants phtalates	40
Tableau 10	Identité chimique de c-DecaBDE et de son principal constituant, BDE-209	44
Tableau 11	Données Eurostat sur les importations EU27 DecaBDE (tonnes) pour les années 2000-2012	45
Tableau 12	Identité chimique des paraffines chlorées à chaînes courtes (Scops)	49
Tableau 13	Identité chimique du c-DecaBDE et de son synergiste oxyde d'antimoine (III) oxyde (ATO)	52
Tableau 14	Systèmes de résines alternatives avec ignifugeants non-halogénés	53
Tableau 15	Identité chimique des paraffines chlorées à chaîne courte	55
Tableau 16	Identité chimique des pigments chromates de plomb utilisés dans les peintures	68
Tableau 17	Substances utilisées comme alternatives à la famille des pigments au chromate de plomb	71
Tableau 18	Identité chimique de l'oxyde de plomb utilisé dans les peintures d'apprêt antirouille	72

Tableau 19	Identité chimique de l'arséniat de cuivre et de chrome	76
Tableau 20	Identité chimique des espèces de chrome utilisées et formées pendant le tannage au chrome	79
Tableau 21	Certains substituts biologiques aux pesticides synthétiques	86
Tableau 22	Identité chimique du perchloréthylène	90
Tableau 23	Identité chimique du perchloréthylène	93
Tableau 24	Alternatives au perchloréthylène dans le nettoyage des métaux	95

► LISTE
DES
FIGURES

Figure 1	Sacs réutilisables en alfa "Koffa"	34
Figure 2	Sac de transport à usage multiple	35
Figure 3	Classement des plastiques en fonction de considérations sur le cycle de vie (Greenpeace International)	41
Figure 4	Approches de substitution des agents ignifugeants	54
Figure 5	Carte des restrictions sur les peintures au plomb	69



ABS	Acrylonitrile butadiène styrène		de bis-(2-éthylhexyle)
ACQ	Cuivre alcalin quaternaire	DHPS	4,4'-Dihydroxydiphényl sulfone
AFFF	Mousse aqueuse filmogène	DIDP	Phtalate de diisodécyle
AFFF-AR	Mousse aqueuse filmogène résistante aux alcools	DINP	Phtalate de di-iso-nonyle
APEOs	Alkylphénol éthoxylés	DINCH	1,2-cyclohexanedicarboxylate de diisononyle
AR	Résistant aux alcools	DNOP	Phtalate de di-n-octyle
ATO	Trioxyde d'antimoine	DPS	Diphényl sulfone
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry	EAF	Four à arc électrique
BADP	Bisphénol-A diphényl phosphate	EALs	Lubrifiants adaptés à l'environnement
BAT	Meilleures techniques disponibles	EC	Communauté Européenne
BBP	Phtalate de butyle et benzyle	ECHA	Agence Européenne des Produits Chimiques
BEP	Meilleures pratiques environnementales	ECMO	Oxygénation par membrane extra-corporelle
BFR	Ignifugeant bromé	EDC	Perturbateur endocrinien
BiVa	Vanadate de bismuth	EFSA	Autorité européenne de sécurité des aliments
BPA	Bisphénol A	EPA	Environmental Protection Agency
BPADP	Bisphénol A diphosphate	ESIS	Système d'information européen sur les substances chimiques
BPF	Bisphénol F	EVA	Éthylène acétate de vinyle
BPS MAE	4-[[4-(2-propén-1-yloxy) phényl]sulfonyl]-phénol	F3	Mousses sans fluor
bw	Masse corporelle	FAO	Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation
CAA	Clean Air Act	FDA	Federal Drug Administration
CAS	Chemical Abstracts Service	FTAs	Acrylates de fluorotélomères
CCA	Arséniate de cuivre et de chrome	FTOHs	Alcools fluorotélomériques
CDC	Centres pour le contrôle et la prévention des maladies	GHG	Gaz à effet de serre
CEPA	Canadian Environmental Protection Act	HCB	Hexachlorobenzène
CICP	Pigments colorés minéraux complexes	HCWH	Health Care Without Harm
CMR	Carcinogène, mutagène, toxique pour la reproduction	HFC	Hydrofluorocarbures
CO₂	Dioxyde de carbone	HHPs	Pesticides particulièrement dangereux
COD	Demande chimique en oxygène	HIPS	Polystyrène choc
CoRAP	Community Rolling Action Plan	IARC	Centre International de Recherche sur le Cancer
CSTEE	Scientific Committee for Toxicity, Ecotoxicity and the Environment	IFOAM	International Federation of Organic Agriculture Movements
DALYs	Espérance de vie corrigée de l'incapacité	IHME	Institute for Health Metrics and Evaluation
DBO	Demande biologique en oxygène	IPM	Lutte intégrée contre les ravageurs
DBP	Phtalate de dibutyle	IV	Intraveineuse
DCPS	4,4'-Dichlorodiphényl sulfone	LCO₂	Dioxyde de carbone liquide
DecaBDE	Décabromodiphényl éther	LCCPs	Paraffines chlorées à longues chaînes
DecaBDPE	Décabromodiphényl éthane		
DEHP	Benzène-1,2-dicarboxylate		

MBHA	Bis-(4-hydroxyphényl) acétate de méthyle	PFCs	Substances per- et polyfluorées
MCCPs	Paraffines chlorées à chaînes moyennes	PFHxA	Acide perfluorohexanoïque
MENA	Moyen-Orient et Afrique du Nord	PFOS	Acide perfluorooctanesulfonique ; perfluorooctanesulfonate
MSDS	Fiche de sécurité	PFR	Ignifugeant phosphoré
m/m	Poids sec	PHA/PHB	Polyhydroxyalcanoates
MWF	Fluide pour le travail des métaux	PLA	Poly lactide
NICU	Nouveau-nés en unités de soins intensifs	POP	Polluant organique persistant
NPEO	Éthoxylates de nonylphénol	PP	Polypropylène
NPs	Nonylphénols	ppm	Parties par million
ODDs	Objectifs de développement durable	PPO	Polyoxyde de p-phénylène
ODS	Substances dangereuses pour la couche d'ozone	PTFE	Polytétrafluoroéthylène
OFPA	Organic Foods Production Act of 1990 (US)	PVC	Polychlorure de vinyle
OMS	Organisation Mondiale de la Santé	RDP	Bis-(diphénylphosphate) de résorcinol
PA	Polyamide	RDAs	Apports nutritionnels conseillés
PAA	Amines primaires aromatiques	REACH	Enregistrement, évaluation, autorisation et restriction des substances chimiques
PAH	Hydrocarbures polycycliques aromatiques	RoHS	Limitation des substances dangereuses
PAN	Pesticide Action Network	SAICM	Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques
PBAT	Polybutyrate adipate téréphtalate	SCCPs	Paraffines chlorées à chaînes courtes
PbB	Plombémie	SF	Sans solvant
PBDD/Fs	Dibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes polybromés	SVHC	Substances extrêmement préoccupantes
PBDE	Diphényl éther polybromé	TCE	Trichloréthylène
PBDF	Dibenzofuranes polybromés	TCP	Trichloropropane
PBS	Poly(butylène succinate)	TDI	Dose journalière admissible
PBT	Persistant, bioaccumulatif et toxique	TOTM	1,2,4- tricarboxylate de tris(2-éthylhexyle)
PC	Polycarbonate	TPEs	Élastomères thermoplastiques
PCBs	Biphényles polychlorés	TSCA	Toxic Substances Control Act
PCE	Perchloréthylène (perc)	UC	Classes d'utilisation
PCDD/Fs	Dibenzo-p-dioxines et dibenzofuranes polychlorés	UE	Union Européenne
PCL	Polycaprolactone	UNEA	Assemblée des Nations Unies pour l'environnement
PE	Polyéthylène	UNEP	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
PEBD	Polyéthylène basse densité	USA	États-Unis d'Amérique
PEHD	Polyéthylène haute densité	USD	Dollars américains
PES	Polyethersulfone	UU	Uréthane-urée
PERC	Perchloréthylène ; tétrachloréthane	%en masse	Pourcentage pondéral
PET	Polyéthylène téréphtalate	ZRPs	Apprêts au zinc
PFAA	Perfluoroalkyl alkyl acide		
PFASs	Substances alkylées per- et polyfluorées		



Entre 1930 et 2000, la production mondiale de produits chimiques manufacturés a augmenté de 1 million à 400 millions de tonnes par an.¹ Rien qu'en 2015, près de 22% des exportations chimiques mondiales provenaient de l'Union Européenne, ce qui en fait un la plus grande région exportatrice de produits chimiques au monde.² Il est évident que l'industrie chimique est une *success story* industrielle et un secteur créateur de richesses dans l'économie.

Alors que les produits chimiques apportent des avantages significatifs à la société, les preuves sont également massives de la vaste contamination qu'ils ont causée à notre planète. Nous sommes entourés de produits chimiques manufacturés, depuis les ingrédients des cosmétiques et des vêtements aux additifs plastiques et aux pesticides – notre société du 21^e siècle dépend plus que jamais de la chimie.

Chaque seconde, plus de 300 kg de produit chimiques nocifs sont libérés dans l'air, le sol et l'eau par des installations industrielles dans le monde, ce qui représente environ 10 millions de tonnes chaque année.³ Les produits émis sont absorbés par la vie sauvage et les êtres humains à travers la peau ou ingérés via l'alimentation et les eaux, et bien que leurs effets à long terme soient souvent inconnus, plus de 2 millions de tonnes sont des carcinogènes reconnus. Les effets associés à une exposition aux produits chimiques peuvent inclure allergies et hypersensibilité, dommages au système nerveux, troubles reproductifs et perturbations du système immunitaire. Les impacts négatifs de nos produits chimiques ont été mis en évidence dans les maisons, dans les régions industrielles, les écosystèmes marins, sous les tropiques et même dans l'Arctique.

Une recherche scientifique croissante sur la contamination chimique a exposé une triste réalité, en faisant ressortir le besoin d'entreprendre des actions urgentes pour combattre les émissions chimiques et l'exposition à un niveau national et mondial. C'est la raison d'être des conventions mondiales sur la gestion des produits hautement toxiques, comme la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants, ainsi que d'autres instruments internationaux légalement contingents. La mise en œuvre de tels instruments est conçue pour réduire graduellement la présence de produits chimiques connus pour être très toxiques, très persistants et bioaccumulatifs dans l'environnement.

Les récents Objectifs de Développement Durable des Nations Unies (ODDs) établissent également des objectifs liés à la pollution chimique. L'objectif sur la production et la consommation responsables vise à réaliser la gestion écologique des produits chimiques et de tous les déchets tout au long de leur cycle de vie et à réduire significativement leur libération dans l'air, dans l'eau et dans le sol pour minimiser leurs impacts négatifs sur la santé humaine et sur l'environnement d'ici 2020.

Conscientes des risques que la libération de produits chimiques toxiques pose à l'environnement, dans la région méditerranéenne, les 22 parties contractantes à la Convention de Barcelone pour la Protection de l'Environnement Marin et de la Région Côtière ont adopté un Plan Régional sur les Polluants Organiques Persistants (POPs) qui sont des substances chimiques particulièrement nocives. Le plan identifie une série d'actions que les pays s'engagent à mettre en œuvre pour garantir la prévention, la suppression et la bonne gestion de ces produits chimiques toxiques. Dans cette optique, un des objectifs stratégiques de la stratégie à moyen terme du Plan d'Action Méditerranéen 2016-2021 est de prévenir, réduire et contrôler des entrées choisies de polluants, déchargement et déversements d'huiles.

En outre, le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Plan d'Action pour la Méditerranée, adopté par les parties contractantes à la Convention, indique le besoin de promouvoir, utiliser et développer des outils tels que l'écoconception, la Gestion du Cycle de Vie, l'évaluation de risques des produits chimiques, la substitution de produits chimiques dangereux, et la conception Du berceau au berceau pour faciliter la conception et la production durables de biens manufacturés.

Dans ce contexte, le Centre d'activités régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC) est très impliqué dans la mise en œuvre de politiques et d'actions pilotes pour prévenir l'utilisation de produits chimiques toxiques dans les pays du sud de la Méditerranée. SCP/RAC est un centre de coopération internationale soutenant la mise en œuvre de la production et la consommation durables et les approches d'économie circulaire. Il développe ses activités à la fois selon la Convention de Barcelone pour la Protection de l'Environnement Marin et de la Région Côtière et la Convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants.

Pour s'attaquer à ce problème, SCP/RAC, avec le soutien du programme SwitchMed financé par l'UE (www.switchmed.eu), a identifié 20 études de cas sur comment prévenir et minimiser l'utilisation d'en sélection de produits chimiques toxiques qui sont largement utilisés dans la région méridionale de la Méditerranée.

Des alternatives saines et innovantes sont présentées ici comme une façon viable d'éliminer et de remplacer les produits chimiques toxiques qu'on trouve dans de produits de tous les jours tout en encourageant la consommation et la production responsables chez les consommateurs, commerces, entrepreneurs et organisations de la société civile dans la région méditerranéenne. Les solutions qui sont décrites sont également capables de générer des revenus de toutes les parties du globe et ont été prioritisées par une analyse multicritère de leur efficacité et leur répliquabilité au Moyen Orient et en Afrique du nord.

Tout au long de cette publication, SCP/RAC fait appel à des entrepreneurs verts, des responsables scientifiques impliqués, des innovateurs et des opérateurs du changement autour de la Méditerranée pour développer et mettre à l'échelle les solutions les plus adaptables et à des décideurs politiques pour mettre en œuvre plus avant des accords mondiaux et des plans d'action régionaux et pour développer un cadre réglementaire national en rapport.



Gaetano Leone
Coordonnateur
ONU Environnement/Unité
de Coordination du Plan d'Action
pour la Méditerranée
Secrétariat de la Convention de Barcelone



Enrique de Villamore Martín
Directeur
Centre d'Activités Régionales
pour la Consommation et la Production
Durables (SCP/RAC)
ONU Environnement/Plan d'Action
pour la Méditerranée



L'exposition aiguë à des produits chimiques nocifs peut entraîner la mort ou de graves maladies. Une exposition à long terme à ces substances peut augmenter le risque de troubles du développement et de la reproduction, du système immunitaire et de perturbations du système endocrinien, de troubles du système nerveux et de développement de certains cancers. Des exemples incluent des additifs utilisés pour améliorer les performances des plastiques, certains métaux et solvants, ainsi que comme pesticides et engrais, qui peuvent passer dans la nappe phréatique – pour finir comme déchets marins, contaminant l'eau potable et les espèces animales. Une telle contamination non seulement entraîne toute une gamme d'impacts à la santé publique et sur l'environnement, mais induit aussi d'importants coûts sociaux et économiques. Il existe toute une variété de produits chimiques synthétiques dangereux, qui sont particulièrement préoccupants et sont actuellement utilisés dans nos produits de tous les jours. Ils incluent :

1. Des produits chimiques très persistants et très bioaccumulatifs (vPvB), qui se décomposent lentement ou pas du tout, et s'accumulent dans les masses grasses des organismes vivants, y compris des êtres humains, et qui se retrouvent en concentrations plus en plus fortes à mesure qu'on remonte la chaîne alimentaire.
2. Les perturbateurs endocriniens (EDCs), qui interfèrent avec les systèmes hormonaux des animaux et/ou de êtres humains.
3. Des produits chimiques qui provoquent des cancers, des troubles de la reproduction ou endommagent l'ADN ; ils sont étiquetés CMR (carcinogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction).

Ce qui complique encore la situation, **c'est le manque général de fourniture d'informations claires de sécurité**, comme la toxicité et le potentiel d'exposition aux produits chimiques. Le système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH) n'est pas bien établi dans la région. Augmenter la mise en œuvre du marquage SGH sur les produits pourrait améliorer la sécurité et contribuer à réduire l'exposition de la population aux produits toxiques. Il est fréquent que des produits dangereux, qui ont été restreints ou interdits dans l'Union Européenne (EU) ou d'autres régions industrialisées, soient encore utilisés au sud de la Méditerranée. Une bonne gestion, une bonne utilisation et une bonne élimination des produits chimiques sont particulièrement importantes dans les pays en voie de développement, où l'économie peut fortement dépendre de ces industries, et où la conscience du risque des expositions aux produits chimiques est très faible ; l'importance du problème est souvent inconnue, et les politiques de bonne gestion des produits chimiques sont limitées ou inexistantes.

Quels sont les cadres politiques mondiaux et européens clés liés aux produits chimiques toxiques, pertinents pour la région méditerranéenne?

Il est largement reconnu que les réglementations sont les principaux moteurs du changement, en dotant les institutions publiques et privées

d'instruments légaux pour mener ce combat. La mise en œuvre de politiques au niveau national pour améliorer la réglementation et le contrôle de la vente, de la distribution et de l'utilisation, ainsi que les conventions mondiales sur la gestion des produits hautement toxiques est un point critique.

A une échelle plus globale, la Convention de Stockholm, un instrument légalement liant, interdit la commercialement de POPs dont les parties ont éliminé la production et l'utilisation, n'en permettant l'exportation que pour leur élimination écologique. La Convention permet aussi aux parties d'enregistrer des exemptions spécifiques pays par pays, ce qui est souvent le cas dans les pays du sud de la Méditerranée, où les pays peuvent demander des exemptions pour un usage particulier. Une réduction des émissions et de l'exposition à des produits chimiques nocifs à l'échelle mondiale est finalement promue par l'agenda mondial en faveur de la durabilité via 17 ODDs avec des cibles spécifiques contre la pollution chimique.

Certains exemples incluent la réalisation de la gestion écologique de produits chimiques et de tous les déchets tout au long de leur cycle de vie d'ici 2020⁴, la prévention et la réduction significative de toutes sortes de pollutions marines, en particulier à partir d'activités à terre, d'ici 2025⁵, et la réduction du nombre de décès et de maladies à cause de produits chimiques dangereux et la pollution et contamination de l'air, de l'eau et du sol d'ici 2030.⁶

Un des instruments clefs pour l'identification de l'utilisation et de la distribution de ces substances sont les registres chimiques nationaux, des inventaires de toutes les substances ou seulement des substances dangereuses présentes dans un pays, et leurs caractéristiques, ce qui contribue à leur gestion durable.

Un autre outil important pour améliorer la protection de la santé humaine et de l'environnement est le cadre législatif chimique européen. Il inclut le CLP (Règlement relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage) pour une identification meilleure et plus précoce des propriétés intrinsèques des substances chimiques, et REACH (Enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques), qui crée des procédures de restriction de l'utilisation de substances qui ne satisfont pas des normes de sécurité standard, encourageant le remplacement de produits chimiques nocifs par des alternatives plus sûres.

Quelles sont les approches les plus appropriées pour la substitution des composés chimiques toxiques dans les produits?

Le **remplacement de substances dangereuses** est commun à de nombreuses politiques concernant la santé et la sécurité des ouvriers, la sécurité des produits et l'environnement, et est expliqué et promu intensément dans l'étude européenne pour la stratégie pour un environnement non-toxique du 7^e EAP.⁷ Les experts recommandent une **approche préventive, basée sur l'état des connaissances, de la gestion des risques** tout au long de leur cycle de vie, pour réduire les risques pour la santé humaine et les écosystèmes.

Toutefois, il existe plusieurs défis et obstacles présents dans le procédé actuel d'élimination des substances chimiques⁸ : Le remplacement par des produits chimiques ayant des propriétés similaires a entraîné des substitutions regrettables, les accords de suppression sont souvent volontaires et ne couvrent pas tous les fabricants impliqués, ou ont une large gamme d'exemptions. Il est également problématique de trouver une alternative adéquate, fournissant les mêmes performances dans les applications, sans altérer d'autres fonctions, propriétés ou procédés.

C'est en soutien de l'agenda mondial en faveur de la durabilité et dans ce contexte régional que le programme SwitchMed (www.switchmed.eu) contribue à faire face au problème de la

Quel est l'objectif de cette publication SwitchMed ?

réduction de l'utilisation de produits toxiques. Cette publication a pour but de permettre une prise de conscience et de fournir un aperçu des alternatives sûres aux 20 substances dangereuses choisies utilisées dans la région méditerranéenne dans diverses applications, et d'impliquer les décideurs politiques et commerciaux, les détaillants, les universités, la société civile et les consommateurs pour redéfinir la façon dont les biens et les services sont produits et consommés.

Ceci étant, le Programme a pour but de faciliter la transition régionale et globale vers une consommation et une production durables (SCP) dans la région du sud de la Méditerranée, à savoir au Maroc, en Algérie, en Tunisie, en Libye, en Égypte, en Israël, en Palestine, en Jordanie et au Liban. Cette initiative régionale multidimensionnelle est financée par l'Union Européenne et mise en œuvre grâce à la collaboration entre l'UE, l'ONUDI, l'ONU Environnement/Plan d'Action pour la Méditerranée, le SCP/RAC et ONU Environnement DTIE.



Comment utiliser cette publication

Cette publication a été conçue comme un outil puissant et pratique pour les consommateurs, les entrepreneurs, les organisations commerciales et de la société civile dans le monde entier, qui désirent contribuer à combattre les produits chimiques dangereux et soutenir le développement socio-économique dans la région. Dans le même temps, afin de déclencher une action concrète, le programme SwitchMed a mis à disposition des fonds pour que certaines de ces initiatives soient reproduites et adaptées dans certains pays au Moyen Orient et en Afrique du nord.

Par souci de clarté, les 20 produits chimiques identifiés décrits dans ce rapport ont été regroupés en 7 classes différentes. Des stratégies de regroupement ont été proposées par des institutions et des organisations environnementales telles que Greenpeace et la Commission Européenne.⁹ C'est le cas du *Green Science Policy Institute*, qui a développé le programme *Six Classes* (www.sixclasses.org), dont le but est de réduire l'utilisation de classes entières de produit chimiques dangereux plutôt que d'éliminer un produit chimique problématique à la fois.

Un élément clef de l'approche consiste à rapprocher scientifiques et décisionnaires économiques, gouvernementaux, académiques et d'ONG pour développer des stratégies coordonnées de réduction de la production et de l'utilisation de produits chimiques problématiques. Traiter des groupes entiers de produits chimiques peut s'avérer plus efficace, parce qu'il y a beaucoup de produits chimiques utilisés dont la plupart n'ont pas bien été étudiés et dont l'impact sur la santé humaine et l'environnement n'est pas assez bien compris. De plus, quand un produit nocif est éliminé, souvent après des années de recherche et de préconisation, son remplaçant sera probablement un "cousin" de structure similaire et de risque de nocivité similaire. L'approche en *Six Classes* peut contribuer à prévenir de telles "substitutions regrettables" et accélérer la réduction de l'utilisation de produits toxiques.

Le tableau récapitulatif montre une brève description de chacun des produits chimiques choisis avec des informations clefs pour guider le lecteur. Cela permettra à l'utilisateur de cette publication de trouver les informations les plus pertinentes en fonction de deux critères :

► **L'application** : Les auteurs discutent d'études de cas sur une série de différentes utilisations et industries, y compris des procédés automobiles, agricoles, médicaux et industriels, comme le travail des métaux, les traitements du bois et des textiles. D'autres applications incluent les biens de consommation, comme les sacs en plastique, les produits d'hygiène personnelle ou de puériculture. Ainsi, par exemple, vous pouvez chercher des produits chimiques utilisés dans des articles de consommation, comme des jouets comportant des éléments en caoutchouc ou en plastique entrant en contact avec la peau humain ou la cavité orale.

► **Les 7 classes** : Le regroupement utilisé dans ce travail inclut les 6 classes décrites par le GSPI (www.greensciencepolicy.org) : Antimicrobiens, bisphénols et phtalates, ignifugeants, substances hautement fluorées, métaux et solvants ; plus un type supplémentaire qui fait ressortir un des premiers types de produits chimiques traités par la Convention de Stockholm et l'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM) : les pesticides dangereux. Les sept catégories ont été énumérées par ordre alphabétique et sont définies comme suit :

1. Antimicrobiens et tensioactifs

des produits chimiques qu'on ajoute à d'autres produits pour tuer ou inhiber la croissance de microbes. On les appelle aussi antibactériens ou biocides. Les antimicrobiens préoccupants incluent des composés aromatiques halogénés, comme le triclosan et le triclocarban, le nano-argent, et les sels d'ammonium quaternaire (quats) comme le chlorure de benzalkonium.

2. Bisphénols et phtalates

des produits chimiques polyvalents, dont l'augmentation de la résistance ou de la souplesse des plastiques. Les bisphénols sont présents dans certains produits plastiques polycarbonates (y compris bouteilles d'eau, récipients et emballages de stockage alimentaire, équipements de sport et disques compacts), gaines de résine époxy de cannettes en aluminium et reçus de caisses enregistreuses. On peut trouver des phtalates dans certains produits plastiques en polychlorure de vinyle (PVC) (y compris des sols en vinyle, des rideaux de douche, des jouets, des emballages plastiques, et des emballages et récipients alimentaires), des colles, des mastics, des peintures, des produits d'hygiène personnelle et des désodorisants.

3. Ignifugeants et paraffines chlorées à chaîne courte

des additifs conçus pour ralentir l'ignition et prévenir les incendies, utilisés pour satisfaire les législations sur l'inflammabilité. Les ignifugeants préoccupants incluent les organohalogénés et les organophosphates comme les diphenyl éthers polybromés (PBDEs) et le tris(1,3-dichloroisopropyl)phosphate (TDCPP). Les paraffines chlorées à chaîne courte sont utilisées dans certaines applications comme ignifugeants, mais aussi pour d'autres utilisations industrielles traitées dans ce chapitre.

4. Substances hautement fluorées

parfois appelées PFCs, elles sont utilisées dans de nombreux produits de grande consommation et applications industrielles à cause de leurs propriétés contre les taches, les huiles et l'eau. Des exemples de produits chimiques de cette classe incluent PFOA, PFOS, et plus de 4000 autres PFASs.¹⁰

5. Certains métaux (et leurs sels)

Le mercure, l'arsenic, le cadmium et le plomb sont des éléments qu'on

rencontre naturellement dans la croûte terrestre. L'extraction minière et la fusion des métaux, la combustion des carburants fossiles, les procédés industriels, et l'utilisation et l'élimination de produits qui les contiennent ont entraîné une vaste contamination environnementale, l'exposition humaine et des dommages à la santé.

6. Pesticides

Un pesticide est une substance utilisée pour contrôler des nuisibles, qui peuvent être des insectes, des végétaux, des champignons, etc. La plupart des pesticides contrôlent les nuisibles en les empoisonnant. Malheureusement, les pesticides peuvent être des poisons pour l'être humain aussi. Certains sont très dangereux ou toxiques et peuvent blesser voire tuer des humains.

7. Solvants

C'est une classe diverse de produits chimiques utilisés pour dissoudre ou disperser d'autres substances. Certains solvants préoccupants incluent les solvants hydrocarbures aromatiques (ex. toluène, xylène, benzène) et les solvants organiques halogénés (ex. chlorure de méthylène, perchloréthylène, trichloréthylène).

Après le tableau récapitulatif, on pourra trouver une description approfondie de chaque étude de cas, suivant la même structure. Un chapitre introductif décrit l'utilisation de la substance avec son marquage standard, sa classification et des produits où on peut la trouver, suivis du profil de dangerosité et de la distribution réglementaire dans la zone méditerranéenne, à chaque fois aidés de graphiques.

La seconde moitié de chaque étude de cas décrit les alternatives sûres proposées, avec leurs identifications et disponibilités dans la région méditerranéenne. Enfin, les substances choisies sont mises en perspective du point de vue de leur profil technique, économique et de risque, en prenant en compte leurs aspects de circularité aspects tels que des considérations de cycle de vie et d'impact environnemental.



Motif du choix des études de cas. Contexte et limitations

P our identifier un ensemble de cas pertinents de remplacement qui peuvent servir de première liste d'études de cas pour accélérer la suppression des produits chimiques dangereux dans diverses applications, nous avons systématiquement passé en revue plusieurs listes existantes de produits de substitution. Les listes de substitution qui ont été incluses dans le passage en revue sont celles du portail SUBSPORT, des rapports de substitution SwitchMed, des études de cas REACH, la *Plastics Ban List* du projet *Better Alternatives Now*, des rapports de substitution de la Commission OSPAR et des agences de protection de l'environnement américaines, suédoises et danoises, ainsi que des rapports d'autres institutions. Plus de 1100 cas rapportés de remplacement d'une substance dangereuse dans une application spécifique ont été passés en revue.

À partir de cet aperçu, on a choisi un sous-ensemble de case en fonction des critères suivants :

- pertinence économique, exposition et pertinence environnementale de la substance dangereuse,
- pertinence économique de l'application où la substance dangereuse est utilisée,
- applicabilité du cas de substitution à la région méditerranéenne,
- restriction en contexte international ou selon REACH,
- facilité de mise en œuvre de la substitution.

O n s'est concentré sur des alternatives existantes au moment de l'écriture de ce travail. Des solutions nouvelles ou meilleures pourraient apparaître à l'avenir. La recherche d'alternatives doit être encouragée et promue, associée à de meilleurs systèmes de réglementation, de façon que de plus grands changements puissent être opérés dans le cadre du système actuel de production et de consommation.

Toutes les informations sensibles contenues dans cette publication ont été référencées de façon adéquate. On les trouvera en annexe. Cette étude est basée sur des données actuellement disponibles concernant les substances et les procédés de fabrication ; les substances alternatives proposées avaient un profil toxicologique moins problématique au moment de la rédaction de cette publication. Toutefois, il est recommandé de vérifier les informations valides les plus récentes sur les considérations de danger, de risque et de cycle de vie avant d'opérer un remplacement par les alternatives décrites.

The background of the entire page is a repeating pattern of concentric hexagons. Each hexagon is formed by multiple parallel lines, creating a 3D effect of depth. The lines are light gray, and the overall pattern is dense and uniform across the page.

20 SUBSTANCES TOXIQUES : APERÇU

Page	Substance	Application	Aperçu
------	-----------	-------------	--------

ANTIMICROBIENS ET TENSIOACTIFS

22	Triclosan	dans des produits d'hygiène	Utilisé comme antimicrobien dans plus de 2000 produits de grande consommation, dont des savons, des dentifrices, des détergents, des vêtements, des jouets, des tapis, des plastiques et des peintures. Aucune preuve n'a été trouvée pour prouver que l'utilisation du triclosan améliore la santé du consommateur.
24	Alkylphénols éthoxylés comme tensioactifs	dans l'industrie textile	Cette étude de cas se concentre sur les éthoxylates de nonylphénol (NPEOs). Les NPEOs se biodégradent en nonylphénols dans les usines de traitement des eaux et dans l'environnement, causant des effets négatifs à long terme dans l'environnement aquatique et réduisant la fécondité humaine.

BISPHÉNOLS ET PHTALATES

28	Polycarbonates à base de bisphénol A	dans les biberons	Les biberons en polycarbonate (PC) sont produits à partir du monomère bisphénol A qui subsiste comme impureté dans le produit final ou dépolymérise et migre dans la nourriture du bébé. C'est un perturbateur endocrinien (EDC) reconnu, qui provoque des effets œstrogéniques.
30	Bisphénol A comme développeur	dans le papier thermique	Le bisphénol A (BPA) est un développeur de couleurs couramment utilisé pour le papier thermique, qu'on trouve dans des tickets, des reçus, des bordereaux et d'autres applications. C'est un perturbateur endocrinien (EDC) dont la principale voie d'exposition est le contact cutané.
33	Polyéthylène	dans les sacs en plastique	Les principaux plastiques utilisés dans les sacs sont le polyéthylène haute densité (PEHD) et le polyéthylène basse densité (PELD), qui dérivent de gaz nature et de pétrole non-renouvelables. À l'échelle mondiale, des millions de sacs de course en plastique jetables sont jetés chaque jour dans les flux de déchets mélangés.
36	DEHP dans le PVC	dans les appareils médicaux	Le DEHP est le plastifiant le plus largement utilisé dans les appareils médicaux à usage unique et est classé comme toxique pour la reproduction. Il existe de nombreux matériaux disponibles hors PVC qui ne nécessitent ni phtalates ni autre plastifiant.
39	PVC	dans les jouets et produits de soin infantiles	Les jouets en PVC et les produits de puériculture peuvent contenir des additifs toxiques, y compris des plastifiants tels que des phtalates, et des métaux lourds, qui entraînent une exposition des enfants du fait qu'ils les portent à la bouche. Les alternatives incluent d'autres plastiques, le bois ou les livres.

IGNIFUGEANTS ET PARAFFINES CHLORÉES À CHAÎNE COURTE

44	Décabromodiphényl éther commercial (c-DecaBDE)	dans les textiles	Ignifugeant largement répandu utilisé dans les textiles, il entraîne une exposition humaine à des diphenyl éthers polybromés (PBDEs) et à des dioxines bromées en intérieur et dans les véhicules, et on peut lui substituer des fibres ou des ignifugeants alternatifs.
49	Paraffines chlorées à chaîne courte (SCCPs)	fluides d'usinage du métal	Les fluides d'usinage des métaux servent à lubrifier des pièces qui subissent des pressions extrêmes et sont utilisés pour l'emboutissage, le pliage de tubes, la frappe, la découpe et le broyage à froid, et comme fluides de refroidissement dans le traitement des métaux. Plus de 90% des SCCPs sont libérés dans l'environnement.
52	Décabromodiphényl éther commercial (c-DecaBDE)	dans l'électronique plastique et les transports	Il a été largement utilisé comme ignifugeant en électronique, y compris pour des carters en plastique pour des appareils ménagers, des fers à repasser, des ventilateurs et d'autres pièces en plastique dans les véhicules et avions. Des alternatives et des éléments électroniques reconçus sont disponibles.
55	Paraffines chlorées à chaîne courte (SCCPs)	pour le nourrissage du cuir	C'est une application à ciel ouvert avec exposition des ouvriers et des consommateurs, et il est limité depuis les années 1990. De meilleures alternatives sont disponibles, y compris des huiles naturelles, comme les huiles végétales et les huiles de poisson.

Page	Substance	Application	Aperçu
------	-----------	-------------	--------

SUBSTANCES HAUTEMENT FLUORÉES

60	Substances alkylées per- et polyfluorées (PFASs)	dans les mousses anti-incendie	L'utilisation de mousses extinctrices contenant de l'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS) et d'autres substances alkylées per- et polyfluorées (PFASs) peut entraîner la contamination de la nappe phréatique, de l'eau potable et des eaux de surface, y compris de la mer Méditerranée.
63	Substances alkylées per- et polyfluorées (PFASs)	dans le traitement hydrophobe des textiles	On peut appliquer des polymères fluorés sur des textiles pour créer un revêtement hydrophobe. Les PFASs ou leurs produits de dégradation sont très persistants dans l'environnement, et plusieurs alternatives à moindres risques sont rapidement disponibles.

CERTAINS MÉTAUX (ET LEURS SELS)

68	Pigments au chromate de plomb	dans les peintures décoratives	Les principaux pigments au plomb dans les peintures décoratives sont très toxiques et sont utilisés dans les pays du sud de la Méditerranée, notamment pour colorer des récipients de cuisson. Des alternatives sont disponibles et sont largement utilisées dans les pays industrialisés.
72	Oxyde de plomb	dans les peintures d'apprêt antirouilles	De hauts niveaux de plombémie ont été rapporté chez les habitants de la région, y compris chez des enfants. Des niveaux élevés de plomb chez les enfants entraînent une baisse de l'intelligence et une augmentation des problèmes comportementaux.
76	Arséniate de cuivre et de chrome (CCA)	dans le traitement du bois	L'arséniate de cuivre et de chrome utilise dans le traitement du bois contient de l'arsenic et du chrome (VI) carcinogènes. Dans les pays du sud de la Méditerranée, les déchets de bois sont parfois utilisés pour cuire le pain et pour la cuisine en intérieur, ce qui entraîne des expositions.
79	Chrome	dans le tannage du cuir	Une des principales alternatives au tannage du cuir au chrome est l'utilisation de tannins végétaux. Cela peut prévenir des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine tout en favorisant l'emploi local et des opportunités économiques durables.

PESTICIDES

84	Pesticides de synthèse	en agriculture	Des centaines d'ingrédients actifs de pesticides synthétiques chimiques sont utilisés dans les pratiques agricoles, ce qui entraîne des expositions involontaires à des mélanges de pesticides qu'on ne peut pas évaluer de façon adéquate, tout en polluant l'environnement après leurs émissions en raison de leur dérive provoquée par le vent, leur ruissellement et leur lixiviation.
----	------------------------	----------------	--

SOLVANTS

90	Perchloréthylène	dans le nettoyage à sec	Perc est utilisé par les professionnels du nettoyage et a entraîné une vaste contamination de la nappe phréatique et du sol et des sols sur les sites de nettoyage à sec. L'exposition au perchloréthylène est associée à divers effets négatifs sur la santé humaine. On peut utiliser à la place la technologie du CO ₂ .
93	Perchloréthylène	dans le nettoyage des métaux	Le perchloréthylène est utilisé comme agent dégraissant sous forme de vapeur et de liquide. Les alternatives incluent les technologies de lavage aqueux et de projection de glace carbonique, dont les performances sont éprouvées avec de faibles impacts sur la santé et l'environnement.



ANTIMICROBIENS ET TENSIOACTIFS



1. Triclosan dans les produits de soins personnels

Origine, identité et utilisation

Le triclosan sert d'antimicrobien dans plus de 2000 produits de grande consommation, dont des savons, des dentifrices, des détergents, des vêtements, des jouets, des tapis, plastiques et des peintures.¹¹ À ce jour, aucune preuve n'a été trouvée pour prouver que l'utilisation du triclosan améliore la santé du consommateur ou du patient ni ne prévient des maladies dans les produits d'hygiène personnelle, comme les savons pour les mains, dentifrices ou cosmétiques.^{12,13,14} Par conséquent, pour certains produits, on peut simplement mettre un terme à l'utilisation du triclosan –comme récemment mis en exergue dans une publication scientifique.¹⁴

Profil de dangerosité

Triclosan est très toxique pour la vie aquatique et a des effets à long terme, en provoquant de graves irritations oculaires et cutanées. C'est un perturbateur endocrinien avec des effets antithyroïdiens, et des activités androgéniques et œstrogéniques.¹⁵ Il peut contribuer à la résistance aux antibiotiques/antimicrobiens.¹³ De plus, le triclosan utilisé dans les produits de grande consommation est libéré dans l'environnement, avec des effets nocifs sur les poissons et les biotes.¹³

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

En Europe, le triclosan est interdit dans l'hygiène humaine en application ou en contact avec la peau humaine ou le cuir chevelu dans le but principal de

désinfection de la peau ou du cuir chevelu, y compris dans des applications telles que savon, shampooing, déodorants, détergents ménagers et dentifrice.¹⁶

La Food and Drug Administration (FDA) américaine a interdit le triclosan, le triclocarban et toute une gamme d'autres antimicrobiens, dans des produits de lavage antiseptiques de grande consommation délivrés sans ordonnance, sur la base d'un manque de preuve de leur sécurité en cas d'utilisation quotidienne à long terme et de leur capacité à réduire la propagation des maladies et infections.¹³ Toutefois, dans la région sud-méditerranéenne, l'usage du triclosan n'est pas limité et est actuellement utilisé dans des produits d'hygiène personnelle.

PRODUIT	N° CAS/EC
IUPAC : 5-chloro-2-(2,4-dichlorophénoxy)phénol Formule brute : C ₁₂ H ₇ Cl ₃ O ₂	CAS n° 3380-34-5 Liste EC n° 222-182-2

Tableau 1 Identité chimique du triclosan

Profil de dangerosité

											
SGH01 Explosif	SGH02 Inflammable	SGH03 Comburant	SGH04 Gaz sous pression	SGH05 Corrosif	SGH06 Toxique	SGH07 Dangereux, nocif et irritant	SGH08 Dangereux pour la santé	SGH09 Polluant pour l'environnement	Cancérogène/ Mutagène/ Reprotoxique	Perturbateur endocrinien	Polluant organique persistant



Sélection d'alternatives

au triclosan dans les produits de soins personnels



Identification et disponibilité

Des savons traditionnels, shampooings, dentifrices et autres produits d'hygiène personnelle sans triclosan sont disponibles et peuvent être utilisés en lieu et place. On en a un exemple avec le savon dur, qui est suffisamment efficace et a des propriétés germicides. Par exemple, dans les produits d'hygiène personnelle, on peut simplement éliminer le triclosan sans qu'il soit besoin de lui substituer d'autres biocides. C'est le cas de certaines entreprises multinationales qui ont éliminé le triclosan de tous leurs produits,¹⁷ et on peut trouver des produits sans triclosan sur le marché. Le Centre for *Disease Control and Prevention* (CDC) américain recommande que lorsque le savon et l'eau ne sont pas disponibles, les consommateurs utilisent un produit nettoyant pour les mains à base d'alcool contenant au moins 60% d'alcool.¹¹

Faisabilité technique

Le lavage au savon et à l'eau courant reste un des procédés les plus efficaces que les consommateurs peuvent entreprendre pour éviter de tomber malades et pour éviter de faire passer les germes à autrui.¹²

Faisabilité économique

Puisque le triclosan contenu dans les savons, shampooings ou dentifrices peut simplement être éliminés sans substitution par d'autres biocides, cela réduit habituellement les coûts de fabrication, ce qui rend les produits sans additifs moins chers.

En outre, on évite des coûts externes, comme l'impact sur la vie aquatique et les pertes de biodiversité qui en découlent, tout comme les impacts négatifs sur la santé humaine, ce qui conduit à des économies dans le secteur des soins de santé.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Les savons, shampooings ou dentifrices sans triclosan et autres biocides n'entraînent pas de dangers ni de risques associés à cette substance toxique. Il n'a pas été rapporté d'effet de perturbateur endocrinien à l'alternative au triclosan, le chlorure de benzéthonium, bien qu'il soit un sensibilisant de la peau humaine et qu'il soit très toxique pour la vie aquatique.¹⁶ L'éthanol dans les produits nettoyants pour les mains n'entraîne pas de risque spécifique pour la santé ou l'environnement. Toutefois, les produits d'hygiène personnelle peuvent contenir d'autres additifs dangereux aux propriétés spécifiques (ex. siloxanes D4 ou D5).



2. Alkylphénols éthoxylés comme tensioactifs dans l'industrie textile

Origine, identité et utilisation

Les alkylphénol éthoxylés (APEOs) constituent une large classe de substances. Dans de nombreux cas, la chaîne alkyle comporte neuf atomes de carbone. Donc, cette étude de cas se concentre sur les éthoxylates de nonylphénol (NPEOs). Les NPEOs se biodégradent en nonylphénols (NPs) dans les usines de traitement des eaux et dans l'environnement. Les NPs sont très toxiques pour les organismes aquatiques, peuvent provoquer des effets néfastes à long terme dans l'environnement aquatique et peuvent aussi réduire la fécondité humaine et endommager le fœtus.

Dans certains pays comme l'Allemagne, la substitution des APEOs/NPEOs dans toutes leurs applications a débuté il y a 30 ans. À l'époque, des alternatives avec une bonne biodégradabilité et des performances techniques éprouvées étaient disponibles pour presque toutes leurs applications. De nos jours, des alternatives biodégradables bon marché avec des performances similaires sont facilement disponibles. Les éthoxylates

d'alcools d'acides gras sont les plus importants et sont des alternatives largement utilisées. Les nonylphénols et autres alkylphénols sont utilisés pour la fabrication d'antioxydants, les additifs d'huiles lubrifiantes, les détergents pour le linge et la vaisselle, les émulsifiants et les solubilisants.¹⁸ Ces composés sont des précurseurs des tensioactifs non-ioniques commerciaux alkylphénol éthoxylés (APEOs) et éthoxylates de nonylphénol (NPEOs). Les APEOs/NPEOs sont des tensioactifs ou émulsifiants courants dans de nombreuses formulations chimiques destinées à produire des matériaux pour vêtements et chaussures, comme détergents industriels pour le linge, abrasifs, agents mouillants, huiles d'ensimage, agents émulsifiants/dispersants pour teintures et impressions, agents d'imprégnation, préparations de colorants et pigments et préparations de finition du cuir. Toutefois, les APEOs/NPEOs sont utilisés pour de nombreux autres usages où on peut aussi les substituer. Les NPEOs couramment utilisés sont énumérés au Tableau 2.

Profil de dangerosité et problèmes

Les NPs, principaux métabolites des NPEO, sont très toxiques pour la vie aquatique. Ils sont également associés à des effets sur la reproduction et le développement chez les rongeurs¹⁹ et agissent comme perturbateurs endocriniens et xénoestrogènes chez l'être humain. Des NPs ont été détectés dans le lait maternel humain, le sang et l'urine et sont connus pour porter atteinte à la fécondité humaine et endommager le



NPEOS	N° CAS
alpha-(nonylphényl)-oméga-hydroxy-poly(oxy-1,2-éthanediyle)	9016-45-9
alpha-(4-nonylphényl)-oméga-hydroxy-poly(oxy-1,2-éthanediyle)	26027-38-3
alpha-(isononylphényl)-oméga-hydroxy-poly(oxy-1,2-éthanediyle)	37205-87-1
alpha-(nonylphényl)-oméga-hydroxy-poly(oxy-1,2-éthanediyle), ramifié	68412-54-4
alpha-(4-nonylphényl)-oméga-hydroxy-poly(oxy-1,2-éthanediyle), ramifié	127087-87-0

Tableau 2 Identité chimique de NPEOs couramment utilisés

Profil de dangerosité

											
SGH01 Explosif	SGH02 Inflammable	SGH03 Comburant	SGH04 Gaz sous pression	SGH05 Corrosif	SGH06 Toxique	SGH07 Dangereux, nocif et irritant	SGH08 Dangereux pour la santé	SGH09 Polluant pour l'environnement	Cancérogène/ Mutagène/ Reprotoxique	Perturbateur endocrinien	Polluant organique persistant

foetus.¹⁹ Les NPEOs peuvent aussi provoquer des irritations cutanées et oculaires.

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

La production et l'utilisation de NPs et NPEOs sont interdites dans l'Union Européenne depuis 2003.²⁰ Les NPEOs figurant sur la liste REACH Annexe XVII. Après février 2021, ils ne devront plus être mis sur le marché pour les articles textiles dont on peut raisonnablement attendre qu'ils soient lavés à l'eau pendant leur cycle de vie normal à des concentrations supérieures ou égales à 0,01%. Cette exigence ne s'applique pas aux articles textiles d'occasion produits exclusivement à partir de textiles recyclés et sans NPEOs ajoutés.

Beaucoup de distributeurs et marques du secteur des textiles (ex. REWE, LIDL, NIKE, ADIDAS, Levi Strauss, Puma, Tchibo) exigent de leurs fournisseurs d'éviter et

*I*l y a environ 30 ans, quatre associations industrielles allemandes (TEGEWA, FIR, IKW et IPP) se sont volontairement engagées à remplacer les APEO dans les applications domestiques et commerciales, encourageant la substitution des APEO dans les produits ménagers et dans divers secteurs industriels: pétrolier, photographique, traitement des métaux, fabrication du cuir et de fourrure, papier et nettoyage à l'échelle industrielle.

de trouver des substituts aux APEOs/NPEOs.

Dans les pays nord-africains, aucune législation en rapport n'a été identifiée. Toutefois, des laboratoires du Maroc et de Tunisie ont participé²¹ à un récent test d'aptitude de laboratoire pour AP & APEO dans les textiles, ce qui indique que les industries ou les autorités sont conscientes des restrictions et mettent en œuvre des activités de contrôle.

Sélection d'alternatives

aux alkylphénols éthoxylés comme tensioactifs dans l'industrie textile

Identification et disponibilité

Les substances suivantes ont été identifiées comme exemples d'alternatives plus sûres dans le secteur des textiles, mais elles pourraient aussi s'appliquer à d'autres secteurs. Les éthoxylates d'alcools d'acides gras (les deux premiers composés du Tableau 3) sont les alternatives les plus importantes.

Faisabilité économique

Les alternatives disponibles sont économiques et ont des performances techniques similaires. En outre, leur utilisation évite des impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine. L'Allemagne a pu démontrer il y a 30 ans que la substitution des APEOs/NPEOs dans tous les secteurs industriels concernés est possible, techniquement faisable et économiquement viable.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Les rejets dans l'environnement découlant de l'application des alternatives aux APEO/NPEO n'entraînent pas de dangers ou de risques particuliers. Ces substituants potentiels sont facilement biodégradables et ne forment pas de méta-bolites toxiques.

CAS N°	Caractérisation chimique
68439-46-3	C ₉₋₁₁ -alcools, éthoxylés (6EO)
68131-39-5	C ₁₂₋₁₅ -alcools, éthoxylés (9EO)
64366-70-7	Polymère d'oxyde d'éthylène et d'oxyde de propylène avec mono(2-éthylhexyl éther)-oxirane : Ecosurf EH 9
68515-73-1	Oligomère de gluco-pyranose, décyl octyl glycosides
68411-30-3	C ₁₀₋₁₃ -alkyl benzènesulfonate de sodium
151-21-3	Lauryl sulfate de sodium
9004-82-4	Sel sodique d'alpha-sulfo-oméga-dodecyloxy-polyoxy(1,2-éthanediyle)
1338-41-6	Monostéarate de sorbitan

Tableau 3 Exemples d'alternatives plus sûres disponibles pour les NPEOs²²



BISPHÉNOLS ET PHTALATES



3. Polycarbonate à base de bisphénol A dans les biberons

Origine, identité et utilisation

Les biberons en polycarbonate (PC) sont produits à partir du monomère bisphénol A (BPA) utilisé comme unité de base du polymère PC. Du BPA est généré et libéré par dépolymérisation par suite du lavage continu ou fréquent par des détergents, la stérilisation et l'utilisation. Le BPA est un perturbateur endocrinien (EDC) reconnu, qui provoque des effets oestrogéniques in vivo (xénoestrogène) et d'autres effets endocrines. La libération à partir de bouteilles en PC peut dépasser la dose journalière admissible (TDI) de 0,01 mg/kg masse corporelle.

Le bisphénol A (BPA) est un des produits chimiques les plus vendus au monde, principalement utilisé pour fabriquer du polycarbonate (PC).²³ On utilise le PC pour fabriquer des biberons, d'autres matériaux alimentaires, des jouets et une large gamme d'autres applications. Le PC se caractérise par ses bonnes propriétés physiques, comme sa transparence, sa grande résistance mécanique et sa résistance à l'usure, et par sa bonne stabilité thermique, de sorte qu'on peut, par exemple, le stériliser dans l'eau bouillante. Par conséquent, dans le monde entier, le PC a été utilisé pendant des décennies comme composant majeur des biberons, et il reste largement utilisé pour les biberons dans la région sud-méditerranéenne.²⁴

Profil de dangerosité et problèmes

Le BPA est un perturbateur endocrinien bien décrit, qui provoque des effets reproductifs, neurocomportementaux, sur le développement cérébral, le système immunitaire et métabolique.²⁵ L'exposition humaine

au BPA peut augmenter le risque d'obésité, de diabète et de maladies cardio-vasculaires.²⁶ Il a également été mis en évidence que le BPA affectait la masse rénale et hépatique chez l'animal.^{25, 26} Le BPA pénètre dans le corps par ingestion ou contact dermique.

Le monomère BPA résiduel peut migrer du matériau PC pendant la durée de vie du produit. La quantité de BPA présente dépend de la qualité du PC. De plus, le PC est sensible aux effets hydrothermaux, ce qui entraîne une libération supplémentaire de BPA du polymère. Le taux de libération du BPA par dégradation du polymère et directement corrélée au pH (conditions alcalines).²⁷ Par conséquent, la libération de BPA du PC résulte de deux mécanismes différents : (1) libération contrôlée par diffusion du BPA résiduel, et (2) hydrolyse/dégradation du polymère à la surface du matériau, suivie d'une augmentation de la migration du BPA. La libération à long terme du BPA depuis le PC est fondamentalement due à la dégradation du polymère plutôt qu'à la diffusion.²⁷

La libération depuis les biberons peut dépasser la dose journalière admissible (TDI) de 0,01 mg/kg de masse corporelle.²⁷

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

L'Union Européenne et le Canada ont interdit l'utilisation du BPA dans les biberons. La *Food and Drug Administration* (FDA) américaine a mis un terme à son autorisation d'utilisation du BPA dans les biberons et les emballages de produits pour enfants. À quelques exceptions près, les restrictions légales ou volontaires du BPA (y compris les biberons en PC)

PRODUIT	N° CAS/EC
4,4'-isopropylidène-diphénol (BPA)	CAS n° 80-05-7 EC n° 201-245-8
Polycarbonate (PC)	CAS n° 25037-45-0

Tableau 4 Identité chimique du BPA et du PC

Profil de dangerosité





sont virtuellement absentes dans la plupart des pays en voie de développement d'Afrique, du SE asiatique et d'Amérique centrale et du sud. À ce jour, seule l'Afrique du Sud, le Brésil et la Colombie ont promulgué une législation sur l'utilisation du BPA dans les matériaux en contact alimentaire.²⁸ Actuellement, il n'existe aucune réglementation dans les pays du Sud de la Méditerranée pour limiter le BPA ou l'utilisation du PC dans les biberons, ce qui signifie qu'ils y sont encore largement utilisés.²⁴



Sélection d'alternatives au polycarbonate dans les biberons

Identification et disponibilité

Il existe une gamme de matériaux utilisés comme alternatives pour les biberons, comme plastiques, le verre et l'inox. Les alternatives plastiques incluent le polyamide (PA), la polyéthersulfone (PES), le polypropylène (PP), le polyéthylène (PE) et les copolyesters.²⁹

Faisabilité technique

Une gamme de plastiques est disponible sur le marché et est utilisée pour les biberons depuis de nombreuses années. Les bouteilles en verre étaient utilisées avant les bouteilles en plastique et il est établi depuis des décennies qu'on peut les utiliser de façon appropriée. Des biberons en inox sont également disponibles sur le marché. Ces deux options sont plus lourdes que les bouteilles en plastique et les petits bébés peuvent avoir des difficultés à les tenir. Toutefois ces bouteilles peuvent être manipulées de façon appropriée par des bébés de plus de 5-6 mois, comme elles l'ont été pendant des générations.

Faisabilité économique

La plupart des bouteilles en plastiques ne contenant pas de BPA sont compétitives en termes de prix avec les bouteilles en PC. Les bouteilles en verre et en inox sont un peu plus chères que les biberons en PC, toutefois elles sont bien plus durables. Certaines bouteilles en verre et en inox ont des couvercles utilisables aussi en tant que tasses, gobelets ou bouteilles d'eau. Par conséquent, la différence de prix peut se compenser.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Les bouteilles en verre et en inox ne libèrent pas de polluants et sont faciles à nettoyer. Les bouteilles en plastique sont plus difficiles à nettoyer, car elles ont tendance à se rayer et peuvent abriter des bactéries si elles ne sont pas correctement nettoyées.

Le laboratoire EU JRC a détecté une large gamme de produits chimiques libérés dans le substitut de lait dans un échantillon de 449 biberons en alternatives au plastique sur le marché européen.²⁹ Le BPA a été détecté et quantifié dans 20 sur 27 bouteilles en polyamide, avec des concentrations entre 0,5 et 250 µg/kg dans 19 bouteilles. Une bouteille a libéré plus de 1000 µg/kg à la première migration.²⁹ Cette valeur est supérieure à celles trouvées dans la même étude pour des bouteilles en PC³⁰. Aucune des 30 bouteilles en polyéthersulfone (PES) testées n'a libéré de quantités détectables de 4,4'-dichlorodiphénylesulfone (DCPS) ni de 4,4'-dihydroxydiphénylesulfone (DHPS ; bisphénol S) et seulement deux bouteilles ont libéré de très faibles quantités de diphénylesulfone (DPS) (env. 1 µg/kg, comparé à une limite réglementaire de 3000 µg/kg). Les niveaux de contaminants trouvés dans les bouteilles en PP étaient conformes aux limites établies dans la législation européenne. Aucun composé dangereux n'a été détecté dans les bouteilles en copolyester.²⁹



4. Bisphénol A développeur dans le papier thermique

Origine, identité et utilisation

Le bisphénol A (BPA) est un perturbateur endocrinien (EDC) bien connu ; sa principale voie d'exposition étant le contact cutané. Le BPA est un développeur de couleurs couramment utilisé pour le papier thermique, qu'on trouve dans des tickets, des reçus, des bordereaux, etc. Par conséquent, l'exposition humaine, y compris des enfants, à ce produit chimique est répandue. L'exposition humaine totale aux EDCs est préoccupante et toute exposition supplémentaire non-indispensable doit être évitée.

Des alternatives sont utilisées sur le marché européen et certaines d'entre elles n'ont montré aucune activité EDC. En adoptant ces substances, on peut réduire l'exposition aux EDC. Le développeur alternatif le plus adéquat et le plus largement utilisé dans le papier thermique dans l'UE semble être le Pergafast 201, qui n'a pas de propriétés oestrogéniques ni aucune autre activité EDC documentée. Toutefois, pendant sa production, son utilisation et son traitement de fin de vie, les libérations de Pergafast 201 dans les plans d'eau doivent être contrôlées en raison de la forte toxicité aquatique du produit.

Il existe un nouveau papier thermique innovant, Ökobon®, qui ne contient pas de développeur chimique. Dans ce système, le revêtement réagit à la chaleur de la tête d'impression thermique. Le papier est sur le marché européen et est utilisé depuis début 2017.

Le BPA est utilisé comme développeur de couleur dans l'impression des papiers thermiques à des concentrations entre environ 0,9 et 2,1%.³¹ Le papier



thermique est largement utilisé dans la vie de tous les jours et inclut reçus, bordereaux, tickets de caisse, tickets, papiers bancaires, papier pour fax, etc.

Profil de dangerosité et problèmes

Le BPA est un perturbateur endocrinien bien décrit, qui provoque des effets reproductifs, neurocomportementaux, sur le développement cérébral, le système immunitaire et métabolique.³² L'exposition humaine au BPA peut augmenter le risque d'obésité, de diabète et de maladies cardio-coronariennes.³³ Il a également été mis en évidence que le BPA affectait la masse rénale et hépatique chez l'animal.^{32,33} Le BPA pénètre dans le corps par ingestion (ex. alimentation, poussière) ou contact dermique (ex. cosmétiques, papier thermique). Le BPA appliqué sur le papier thermique n'est pas lié, donc des expositions relativement importantes peuvent survenir pendant sa manipulation normale.³⁴ On pense que l'absorption cutanée de BPA pendant la manipulation de papier thermique est une voie significative d'exposition³⁴, en particulier pour

PRODUIT CHIMIQUE/PIGMENT	N° CAS/EC
4,4'-isopropylidène diphénol (BPA)	CAS n° 80-05-7 EC n° 201-245-8

Tableau 5 Identité chimique du bisphénol A (BPA)

Profil de dangerosité

											
SGH01 Explosif	SGH02 Inflammable	SGH03 Comburant	SGH04 Gaz sous pression	SGH05 Corrosif	SGH06 Toxique	SGH07 Dangereux, nocif et irritant	SGH08 Dangereux pour la santé	SGH09 Polluant pour l'environnement	Cancérogène/ Mutagène/ Reprotoxique	Perturbateur endocrinien	Polluant organique persistant



les caissiers, dont on estime qu'ils ont des niveaux plus élevés par rapport à la population générale.³⁵ En raison de l'utilisation de papier thermique dans la vie de tous les jours, la plupart des gens sont exposés au BPA, y compris les enfants.

L'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) estime que l'exposition typique au BPA est inférieure à sa TDI temporaire de 4 µg/kg masse corporelle/jour. Toutefois, l'exposition humaine totale aux EDCs est préoccupante et toute exposition supplémentaire non-indispensable doit être évitée. Par conséquent, la substitution du BPA dans le papier thermique doit être encouragée, compte tenu que des alternatives sont largement utilisées dans certains pays européens.³⁶

Profil de dangerosité et problèmes

Le BPA a été inscrit par l'UE comme substance extrêmement préoccupante selon REACH. En décembre

2016, la Commission Européenne a décidé de restreindre le BPA dans le papier thermique dans l'UE. Cette interdiction prendra effet en 2020. Par conséquent, les commerçants européens, les banques et autres institutions qui utilisent du papier thermique substituent des papiers thermiques contenant du BPA.

Il n'existe aucune activité légale ni volontaire pour restreindre le BPA en Afrique, excepté pour l'Afrique du Sud.³⁷ Par conséquent, actuellement, il n'existe aucune réglementation ni motivation dans les Pays du Sud de la Méditerranée pour restreindre le BPA, y compris dans le papier thermique. L'essentiel du papier thermique actuellement utilisé dans les Pays du Sud de la Méditerranée contient probablement du BPA comme développeur. Les exceptions sont les commerçants et autres institutions ayant une politique globale d'exclusion de l'utilisation du BPA dans leur entreprise (ex. IKEA en Égypte ou au Maroc).

Sélection d'alternatives au bisphénol A dans la production de papier thermique

Identification et disponibilité

► Développeurs alternatifs pour le papier thermique

Les produits chimiques suivants ont été identifiés par la base de données SUBSPORT (<http://www.subsport.eu/>) comme de possibles alternatives au BPA dans le papier thermique :

NOM CHIMIQUE	N° CAS
bis-(4-hydroxyphényl) acétate de méthyle (MBHA)	5129-00-0
4,4'-(1-phényléthylidène) bisphénol (bisphénol AP)	1571-75-1
4-hydroxyphényl sulfone (bisphénol S)	80-09-1
4-[[4-(2-propén-1-yloxy) phényl] sulfonyl]phénol (BPS MAE)	97042-18-7
4-[4'-[(1'-méthyléthoxy) phényl] sulfonyl]phénol (D-90)	191680-83-8
N-(p-toluènesulfonyl)-N'-(3-p-toluènesulfonyloxyphényl) urée (Pergafast 201)	232938-43-1
4-hydroxyphényl 4-isoprooxyphénylsulfone (D-8)	95235-30-6
bis-(4-hydroxyphényl)méthane (bisphénol F ; BPF)	620-92-8
Uréthane-urée (UU)	321860-75-7

Tableau 6 Identité chimique du bisphénol A (US EPA 2014)³⁸

▶ *Papier thermique sans développeurs chimiques*

Il existe un nouveau papier thermique innovant, Oekobon® (<http://www.oekobon.com/>), le premier papier thermique qui n'a pas besoin de développeur. Oekobon® a été développé spécialement pour ce type innovant de technologie thermique. Dans ce système, le revêtement réagit à la chaleur de la tête d'impression thermique. Contrairement aux papiers thermiques existants, il contient de fines bulles qui implosent par suite du transfert thermique sélectif de l'imprimante thermique. Grâce à cette réaction purement physique, une couche noire sous-jacente est rendue visible, ce qui crée le caractère sur le reçu sans développeur chimique. Ce papier est disponible sur le marché depuis 2017.

Faisabilité technique et économique

▶ *Développeurs alternatifs pour le papier thermique*

Une gamme de développeurs (BPS, Pergafast 201, D-8, D-90, BPS-MAE) est déjà utilisée dans plusieurs pays européens (y compris l'Espagne),³⁶ et par conséquent a prouvé sa faisabilité technique et économique. Les alternatives sont un peu plus chères (d'environ 70%) que le papier thermique contenant du BPA. Toutefois, puisque le papier thermique est une dépense mineure pour un magasin, le surcoût est insignifiant, comme démontré par le passage aux alternatives dans l'UE.

▶ *Papier thermique sans développeurs chimiques*

Oekobon GmbH propose le papier thermique sans développeur Oekobon® comme alternative innovante. Ce papier peut s'utiliser avec le même équipement et de la même façon que les autres papiers thermiques avec développeurs. Le système est stable aux UV avec une durée de vie de plus de 25 ans.

Actuellement, le prix de ce papier est environ deux fois celui d'un papier thermique contenant du BPA et est comparable aux papiers thermiques avec développeurs alternatifs. Puisque le papier thermique est une dépense mineure pour un magasin, le surcoût est également mineur. Compte tenu de l'absence de restriction du BPA dans la région sud-méditerranéenne, il y a besoin de sensibiliser à l'exposition des clients au BPA.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

On a découvert que certaines des alternatives au bisphénol A de structure similaire présentent aussi des propriétés EDC (par exemple bisphénol S, bisphénol F)³⁹. Par conséquent, on ne peut pas les considérer comme des alternatives adéquates.

Pergafast 201, D-8, D-90, TGSA et BPS-MAE ont montré une activité œstrogénique nulle ou minimale.³⁶ Toutefois, TGSA et D-8 ont induit des effets tératogéniques similaires au BPA chez des embryons de poissons zèbre.³⁶

On peut aussi réduire l'exposition et le risqué en minimisant la libération du composé du papier thermique. Parmi les alternatives susmentionnées, Pergafast 201 et le bisphénol AP ont le plus bas potentiel de libération. Donc, de ce point de vue, Pergafast 201 semble être une alternative adéquate malgré sa forte toxicité aquatique³⁸ qui doit être prise en compte pour la gestion du cycle de vie du papier thermique traité au Pergafast 201. La libération de Pergafast 201 dans les plans d'eau doit être contrôlée pendant la production et le traitement de fin de vie.



5. Sacs en plastique polyéthylène

Origine, identité et utilisation

Les sacs de course font désormais partie de notre vie de tous les jours. Les sacs en plastique polyéthylène jetables sont les sacs les plus courants dans de nombreux pays. À l'échelle mondiale, des millions de sacs de course en plastique jetables sont jetés chaque jour dans des flux de déchets mélangés sont jetés dans l'environnement comme déchets plastiques post-consommation. On estime que la côte de la mer Méditerranée voit s'échouer chaque année 25 millions de sacs en plastique tous les 1.000 kilomètres, soit plus de 1.000 milliards de sacs pour 46.000 kilomètres de côte. Les sacs en plastique et les emballages représentent 56% du total des déchets échoués et 83% des déchets flottants⁴⁰. Des sacs traditionnels réutilisables en alfa, en coton ou en jute sont facilement disponibles sur le marché, comme les sacs en papier et en plastiques biodégradables.

Les consommateurs utilisent des sacs de course en plastique depuis les années 1960. Les principaux plastiques utilisés sont le polyéthylène haute densité (PEHD) et le polyéthylène basse densité (PEBD). La production du monomère éthylène dérive de pétrole et de gaz naturel non-renouvelables. À l'échelle mondiale, des millions de sacs de course en plastique jetables sont jetés chaque jour dans les flux de déchets mélangés.⁴¹ Une fois sortis du magasin, les sacs de course en plastique deviennent habituellement des sacs à ordures. Nous faisons donc face à la nécessité de chercher une alternative aux sacs en plastique jetables.

Environ 100.000 milliards de sacs en plastique sont produits chaque année et sont mis sur le marché



rien que dans l'Union Européenne (UE). Les sacs en plastique sont largement utilisés dans les pays du Sud de la Méditerranée. Par exemple, les Tunisiens consomment environ 1 milliard de sacs en plastique par an, soit 30.000 tonnes de déchets de plastique.

Profil de dangerosité et problèmes

Les sacs en plastique ont des impacts environnementaux négatifs en devenant une source de déchet plastique post-consommateur et en raison de leur consommation de ressources non-renouvelables et de l'utilisation de produits chimiques (comme des encres et d'autres additifs).⁴² Les sacs en plastique sont un des types de déchets les plus répandus dans les mers et les océans, représentant jusqu'à 75% de la teneur en plastique des déchets marins. Les sacs en plastique sont dangereux pour l'environnement et pour la vie sauvage. Ils ont été identifiés comme le type de déchet macro plastique le plus dangereux pour le biotope marin, tuant des milliers d'animaux chaque année.^{43,44} Il peut falloir des centaines d'années au plastique pour se décomposer dans l'environnement.

Les sacs en plastique peuvent boucher les tuyaux, et donc contribuer à inonder les villes. Leur pollution des paysages dans la région méditerranéenne a causé

* Le polyéthylène n'est pas classé comme dangereux pour l'environnement dans SGH. Cependant, il est très dangereux pour le milieu marin et la faune.

Profil de dangerosité



des dommages économiques au secteur du tourisme. Les taux de recyclage des déchets plastiques sont bas dans la Région méditerranéenne en raison, par exemple, d'un manque de collecte ménagère et de tri, de la volatilité des prix des produits de base et de la compétition pour les plastiques vierges.⁴⁵

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

L'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (UNEA) 3 a adopté une résolution sur les déchets marins micro plastiques et enjoint les pays et autres parties prenantes à utiliser les matières plastiques de façon responsable, tout en les encourageant à réduire leurs usages non-indispensables et à promouvoir la recherche et l'application d'alternatives écologiques.⁴⁶

Dans l'UE, les déchets plastiques doivent être collectés séparément. Le *Circular Economy Action Package* adopté en décembre 2015 fait du plastique un sujet prioritaire. Ce *Package* propose d'augmenter l'objectif de recyclage pour les emballages en plastique à 55% et de réduire l'enfouissement à pas plus de 10% d'ici 2030. En 2015, l'UE a émis la Directive 2015/720 pour réduire la consommation de sacs en plastique légers. Certains pays méditerranéens (France et Maroc) ont pour objectif une interdiction totale des sacs en plastique, exceptés ceux qui sont biodégradables et compostables. D'autres (Croatie, Malte, Israël et certaines municipalités ou districts d'Espagne, de Grèce et de Turquie) introduisent une taxe sur les sacs en plastique jetables. La Tunisie a interdit les sacs en plastique non-biodégradables dans les supermarchés des grandes enseignes, mais permet encore leur utilisation dans les petits magasins.

Sélection d'alternatives aux sacs en plastique polyéthylène

Identifications, disponibilité et faisabilité technique

Des alternatives écologiques aux sacs en plastique non-dégradables sont des sacs réutilisables à base de matériaux naturels et des sacs en papier ou en plastique biodégradable.

A) Sacs réutilisables

Les sacs réutilisables incluent des sacs en coton, en jute ou en alfa. Le tunisien "Koffa" (Figure 1) désigne des sacs traditionnels faits de feuilles de palme ou d'alfa (*Stipa tenacissima*), une herbe courante en Afrique du nord qui couvre environ 3 millions d'hectares en Algérie et plus de 400.000 hectares en Tunisie. Les sacs en coton organique peuvent aussi être une alternative plus durable aux sacs en plastique non-dégradables, en particulier si l'agriculture bio contribue à une nouvelle génération de sols fertiles, comme démontré par la ferme SEKEM en Égypte, qui produit aussi du coton bio.⁴⁷ Les sacs de jute sont une autre alternative écologique, parce que le matériau dérive d'une fibre végétale, constituée principalement de cellulose, et donc biodégradable après usage.

B) Sacs en papier

Les sacs en papier sont constitués de carton et sont une alternative couramment utilisée aux sacs de course en plastique pour conditionner les fruits ou les produits de



Figure 1 Sacs réutilisables en alfa "Koffa"



Figure 2 Sac de transport à usage multiple

boulangerie. On peut aussi produire des sacs en papier à partir de papier recyclé ; toutefois, tous les papiers ne conviennent pas au recyclage en sacs en papier conditionnant des articles alimentaires en raison de possibles problèmes de contamination croisée (des résidus chimiques dans le papier recyclé qui peuvent entraîner une augmentation de l'exposition des consommateurs).

C) Sacs en plastique biodégradables

Les sacs en plastique biodégradables sont une autre alternative aux sacs en plastique non-dégradables. Ils peuvent être constitués de bioplastiques à base de matériaux bio et biodégradables comme le polyacide lactique (PLA),

les polyhydroxyalcanoates (PHA et PHB) et des mélanges d'amidons. Les sacs peuvent aussi être constitués de plastiques biodégradables à base de carburants fossiles comme le polybutyrate adipate téréphtalate (PBAT), la polycaprolactone (PCL) et le poly(butylène succinate) (PBS).^{48,49} Le PLA est un polyester aliphatique thermoplastique biodégradable et bioactif dérivé de l'amidon de maïs, de la racine de manioc, des copeaux, de l'amidon ou du sucre de canne, et il faut quelques mois aux sacs en plastique pour se dégrader complètement quand on les enterre dans le compost.⁴⁹

Toutefois, les bioplastiques biodégradables, et en particulier les bioplastiques non-dégradables, comme les polyéthylène (PE), polyéthylènetéréphtalate (PET) et nylon (polyamide ; PA) d'origine bio, ne présentent aucun avantage en termes de pollution marine, puisque la biodégradation, dans ce contexte, se limite habituellement à des conditions industrielles (ex. avec des températures très supérieures à celles de l'environnement naturel, comme l'eau de mer). Par conséquent, les sacs plastiques biodégradables sont une alternative adéquate aux sacs en plastique non-dégradables quand on les composte après usage pour réduire efficacement la pollution marine ou garantir que le bio-plastique se dégrade même en conditions marines.

Les décideurs politiques, les industriels, les commerçants, les entrepreneurs et les consommateurs doivent tous contribuer au passage aux alternatives durables.⁵⁰ Le changement de comportement en faveur de l'utilisation de sacs de courses plus durables est très important. Les consommateurs peuvent réduire leur utilisation de sacs en plastique par divers comportements : apporter leurs propres sacs réutilisables (réduction et réutilisation), choisir un sac biodégradable (substitution), réunir tous leurs achats dans un seul sac biodégradable/réutilisable ou l'ajouter à un sac existant reçu d'un autre vendeur (réduction). Les municipalités peuvent en outre aider en veillant à ce que tous les sacs biodégradables soient compostés pour faciliter une gestion efficace des déchets. Combiner l'éducation sur les impacts des sacs de course avec une éducation générale sur la consommation durable peut changer le comportement du consommateur et augmenter considérablement la conscience environnementale des citoyens.



6. Le PVC contenant du DEHP dans les appareils médicaux

Origine, identité et utilisation

Le PVC souple avec DEHP (benzène-1,2-dicarboxylate de bis-(2-éthylhexyle)) est un plastifiant. C'est le plastique le plus utilisé dans les appareils médicaux jetables. Le PVC souple avec DEHP comme plastifiant est utilisé dans des appareils médicaux jetables, comme les tubulures et poches pour intraveineuses, les cathéters pour intraveineuses, les tubes nasogastriques, les poches et tubulures de dialyse, les poches de sang, les tubes de transfusion et les tubes d'air. Le PVC médical représente environ 40% de tous les appareils médicaux à base de plastiques utilisés à l'hôpital.⁵¹

Profil de dangerosité et problèmes de PVC souple/DEHP dans les produits de soin de santé

Le DEHP est classé comme toxique pour la reproduction (classe 1B), ce qui signifie qu'il peut porter atteinte à la fertilité et à l'enfant avant la naissance.⁵² Sur la base de la toxicité testiculaire du DEHP, l'*European Food Safety Authority (EFSA) Panel* a fixé une dose journalière admissible (TDI) de 0,05 mg/kg masse corporelle, rapportée à une 'Dose sans effet nocif observé' (NOAEL) de 5 mg/kg masse corporelle/jour et à un facteur d'incertitude de 100 utilisé pour les évaluations de risque.⁵³

La TDI de l'EFSA est significativement dépassée dans certains groupes de patients en raison de leur exposition à des appareils médicaux en PVC contenant du DEHP. Pour les adultes, la plus forte exposition aiguë ou à court terme peut résulter de la transfusion de composants sanguins, pour atteindre des doses de DEHP jusqu'à environ 8.000-10.000 µg/kg masse corporelle/jour chez des patients victimes de trauma et



chez des patients sous ECMO, alors que le traitement le plus chronique est l'hémodialyse, pendant laquelle l'exposition maximale rapportée est de 2200 µg/kg/j.⁵² Les nouveau-nés prématurés en unité de soins intensifs (NICU), étant dépendant de multiples procédures médicales, peuvent subir des expositions au DEHP encore plus élevées (jusqu'à 6000 µg/kg masse corporelle/j).⁵² De tels niveaux d'exposition peuvent survenir sur une période de quelques semaines voire de quelques mois, avec un risque associé pour le développement.

Par conséquent, le PVC souple contenant du DEHP doit être exclu dans les articles pouvant provoquer une exposition, comme les appareils médicaux.^{54,55,56}

En outre, le PVC peut induire la formation de dioxine (PCDD/F) et d'autres POP indésirables dans les incinérateurs non-BAT.⁵⁷ Les incinérateurs de déchets hospitaliers dans les pays du Sud de la Méditerranée sont généralement de petits incinérateurs, avec une mauvaise qualité de combustion⁵⁸ où la formation de

CHEMICAL	N° CAS
DEHP ; benzène-1,2-dicarboxylate de bis-(2-éthylhexyle) phtalate de bis-(2-éthylhexyle)	CAS n° 117-81-7 EC n° 204-211-0

Tableau 7 Identité chimique du DEHP (phtalate de bis-(2-éthylhexyle))

Profil de dangerosité

											
SGH01 Explosif	SGH02 Inflammable	SGH03 Comburant	SGH04 Gaz sous pression	SGH05 Corrosif	SGH06 Toxique	SGH07 Dangereux, nocif et irritant	SGH08 Dangereux pour la santé	SGH09 Polluant pour l'environnement	Cancérogène/ Mutagène/ Reprotoxique	Perturbateur endocrinien	Polluant organique persistant



PCDD/F est corrélée à la teneur en chlore/PVC. Ces incinérateurs de déchets hospitaliers peuvent avoir un fort impact sur l'environnement.⁵⁹ En outre, les déchets hospitaliers peuvent être traités en four de cimenterie, où la teneur en chlore est un facteur limitant pour l'acceptation et le traitement des déchets.^{60,61}

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Plusieurs pays ont déjà pris des mesures,⁶² y compris l'UE qui a récemment actualisé le cadre réglementaire pour les appareils médicaux, y compris l'arrêt de l'utilisation d'appareils contenant des EDC comme le DEHP (et les CMR) à hauteur de plus de 0,1%⁶³. Le DEHP est inscrit comme substance extrêmement préoccupante dans REACH et comme perturbateur endocrinien. L'UE a récemment actualisé le cadre réglementaire pour les appareils médicaux. L'Annexe I.II.10.4.1 du MDR inclut une limite de concentration de 0,1%⁶⁴ pour les substances carcinogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR) de catégories

1A et 1B et les EDCs dans les appareils invasifs ou en contact direct avec le corps.⁶⁵

Au Danemark, selon la loi danoise d'imposition du PVC (loi n° 253 du 19 mars 2007), les biens qui contiennent des phtalates sont imposés en fonction du poids de phtalates qu'ils contiennent.⁶² Cette taxe a stimulé l'utilisation d'alternatives. Entre 1998 et 2011, l'utilisation de 17 différents phtalates a été réduite de moitié. À la demande de l'Agence Danoise de Protection de l'Environnement (EPA), les autorités locales et provinciales donnent la priorité aux alternatives sans phtalates dans toutes les commandes publiques.⁶⁶

Plus de 100 institutions de soin dans le monde réduisent ou font disparaître le PVC et les phtalates. Cependant, dans les pays du sud de la Méditerranée, aucune activité de substitution des appareils médicaux contenant du PVC/DEHP n'a été menée à ce jour. Aucune réglementation n'a été développée non plus pour limiter le DEHP dans les appareils médicaux. Toutefois, l'Égypte a limité le DEHP dans les jouets et les articles de soin pour enfants.

Sélection d'alternatives au PVC contenant du DEHP dans les appareils médicaux

Identification et disponibilité

1) Matériaux alternatifs au PVC

Il existe de nombreux matériaux non-PVC disponibles, convenant à une grande variété d'applications médicales, et qui ne nécessitent pas de phtalates ni d'autres plastifiants. Ces matériaux incluent le polypropylène (PP), le polyéthylène (PE), d'autres polyoléfines, l'éthylène acétate de vinyle (EVA) ou les silicones, entre autres.⁶⁶ Des listes d'alternatives non-PVC ont été compilées par *Health Care Without Harm* (HCWH) pour les États-Unis/Canada pour les appareils médicaux généraux⁶⁷ et

pour les unités de soins intensifs néonataux (NICU)⁶⁸ ou par les autorités suédoises.⁶⁶ En outre, HCWH Europe a développé *The Safer Medical Devices Database* (<http://safermedicaldevices.org/about>) avec actuellement approx. 200 appareils médicaux en produits alternatifs au PVC.

Certaines alternatives majeures et domaines d'utilisation sont :

- Sacs : les sacs sans PVC en éthylène acétate de vinyle (EVA), polyéthylène ou polypropylène multicouches sont peu coûteux et techniquement compétitifs avec les sacs en PVC.
- Des poches pour intraveineuse et autres poches sans PVC sont disponibles pour toutes les applications.
- Tubulures : des tubulures sans PVC en polyuréthane ou en silicone sont sur le marché pour la plupart des applications médicales.
- Gants : des alternatives en nitrile pour des gants jetables sont facilement disponibles.

2) PVC avec plastifiants alternatifs

Les produits en PVC plastifiés avec des plastifiants autres que le DEHP sont disponibles sur le marché. Les plastifiants alternatif utilisés incluent, par exemple, Hexamol DINCH (1,2-cyclohexanedicarboxylate de diisononyl),



le DINP (phtalate de di-iso-nonyle), TOTM (1,2,4- tricarboxylate de tris(2-éthylhexyle)), des citrates, adipates, trimellitates.^{52,56}

Faisabilité technique

Dans certaines cliniques, le PVC a été entièrement remplacé par des alternatives dans les applications invasives.⁶⁹ En outre, il y a des exemples où des cliniques ont presque totalement éliminé⁷⁰ le PVC il y a déjà une décennie, ce qui démontre que la substitution du PVC (y compris PVC/DEHP) est techniquement faisable pour les hôpitaux.⁶⁷ Les fabricants d'appareils médicaux en Europe proposent généralement à la fois des versions avec et sans PVC du même appareil. Des PVC avec des plastifiants alternatifs (ex. Hexamoll® DINCH® ou DINP) sont également disponibles depuis plusieurs années comme alternatives dans les appareils médicaux.⁶⁶ Techniquement, le DINCH® peut être traité sur des machines existantes, ne nécessitant que des ajustements mineurs des paramètres de formulation et de procédé.⁷¹

Faisabilité économique

Les matériaux alternatifs au PVC sont souvent plus chers que le PVC. La différence de prix, quand il y en a, dépend fortement des marchés nationaux et des contrats individuels entre hôpitaux et fournisseurs. Les hôpitaux peuvent réduire les coûts unitaires en achetant de grandes quantités : Ici, les différences de prix peuvent se négocier à un minimum. Le cas du Danemark, avec une taxe écologique et de santé sur le DEHP et le PVC, a été un moteur pour les produits alternatifs⁵⁶ et a pu être évalué et pris en compte pour les pays méditerranéens. Il faut souligner qu'il y a souvent des avantages matériels aux produits alternatifs. Par exemple, les poches IV sans PVC ne se rigidifient pas à l'usage, car les plastifiants ne sont pas extraits du plastique par les contenus de la poche. Et bien que les gants en nitrile soient plus chers que les gants en PVC, ils sont aussi plus durables. Les bénéfices pour la santé peuvent l'emporter sur la hausse des coûts, en particulier quand on considère les avantages à long terme pour la société dans son ensemble. Le coût de santé externe total de l'utilisation/exposition du DEHP en raison de l'effet endocrine est estimé à 16.200 milliards Euro par an en Europe.⁷²

Les prix des plastifiants alternatifs sont pour la plupart plus chers par rapport au DEHP (prix 800 à 1300 USD/t). Le prix du DINCH® (07/2017) est de 3000 à 3500 USD/t comparé aux phtalates.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

A) Alternatives non PVC

Les polymères alternatifs ne lixivient pas de DEHP ni d'autres plastifiants. Les principaux polymères alternatifs utilisés (ex. polypropylène, polyéthylène, autres polyoléfines, éthylène acétate de vinyle) ont des potentiels de libération faibles ou nuls, car ils n'utilisent pas de plastifiants ni d'autres additifs en grande quantité. Quand c'est possible, il faut utiliser des matériaux à faible potentiel de libération.⁵² En fin de vie, ces polymères non-chlorés peuvent être incinérés ou récupérés thermiquement sans génération supplémentaire de dioxines.

B) Plastifiants alternatifs

Pour les plastifiants alternatifs, le point critique pour la toxicité est généralement différent des effets reproductifs. Le DINCH n'exerce aucune

toxicité reproductrice, aucune génotoxicité ni aucune carcinogénicité. Le point critique est les effets observés sur les reins et ne sont pas considérés comme pertinents pour l'être humain. L'évaluation GreenScreen™ a attribué au DINCH une classification de référence 2° (toxique modéré) en raison d'un niveau modéré d'activité endocrine, d'irritation cutanée et de persistance.⁷³ Globalement, on préfère la substitution du PVC par un autre plastique avec une meilleure performance sur son cycle de vie (Figure 3) et de meilleures propriétés d'empreinte chimique. En fin de vie, le PVC augmente le risque de libération de PCDD/F et d'autre UPOP dans les incinérateurs de déchets hospitaliers non-BAT dans les pays du sud de la Méditerranée et la teneur en chlore entraîne des problèmes avec la co-incinération en fours de cimenterie.



7. PVC dans les jouets et produits de soin infantiles



Origine, identité et utilisation

Le PVC souple contenu dans les jouets et les produits de soin pour enfants contient des additifs toxiques, y compris des plastifiants comme les phtalates, et des métaux lourds (plomb et cadmium). Les jouets en PVC entraînent une exposition des enfants du fait qu'ils les portent à la bouche. Le niveau de produits chimiques dangereux ingérés par le bébé ou l'enfant peut dépasser les marges d'exposition sans danger. Une gamme d'alternatives aux jouets en PVC est disponible, y compris en d'autres plastiques ou en bois. En outre, une meilleure alternative aux jouets en plastique est fournie par les livres, qui encouragent les bébés à interagir avec leurs parents/personnels soignants et favorisent le développement du langage dès le plus jeune âge, ce qui améliore les compétences en communication, avec des implications positives

durables pour le succès scolaire. Moins de jouets et plus de temps à jouer dehors peuvent réduire la future addiction à la consommation.

Les jouets en PVC souple sont largement utilisés, y compris dans les anneaux de dentition, les tétines, les pièces de poupée, les figurines et les jouets gonflables. Le PVC souple contient jusqu'à 50% en masse de plastifiants, habituellement des esters de phtalate, comme le phtalate de bis-(2-éthylhexyle) (DEHP), le phtalate de dibutyle (DBP), le phtalate de butyle et benzyle (BBP), le phtalate de diisononyle (DINP), le phtalate de diisodécyle (DIDP) et le phtalate de di-n-octyle (DNOP) (Tableau 8).

Profil de dangerosité et problèmes

Le PVC souple contient jusqu'à 50% en masse de plastifiants, habituellement des esters de phtalate, qui ne sont pas chimiquement liés au plastique et qui, par conséquent, sont soumis à lixiviation. Les phtalates les plus couramment utilisés comme plastifiants ont des propriétés dangereuses (Tableau 9). En outre, on ajoute au PVC du plomb, du cadmium,

PRODUIT	N° CAS/EC
DEHP ;benzène-1,2-dicarboxylate de bis-(2-éthylhexyle) Phtalate de bis-(2-éthylhexyle)	CAS n° 117-81-7 EC n° 204-211-0
Phtalate de dibutyle (DBP)	CAS n° 84-74-2 EC n° 201-557-4
BBP ;Phtalate de butyle et benzyle	CAS n° 85-68-7 EC n° 201-622-7
DINP, phtalate de diisononyle	CAS n° 28553-12-0; and 68515-48-0 EC n° 249-079-5
DIDP ;phtalate de diisodécyle	CAS n° 26761-40-0 EC n° 247-977-1
DNOP ;phtalate de di-n-octyle	CAS n° 117-84-0 EC n° 204-214-7

Tableau 8 Principaux phtalates utilisés comme plastifiants dans les jouets en PVC souple⁷⁴

Profil de dangerosité



du baryum/zinc, ou des composés organo-stanneux comme stabilisants. Une étude a dépisté les métaux lourds dans les jouets en Tunisie (2012) et a trouvé que de nombreux jouets en PVC contenaient de hautes teneurs en plomb et en cadmium.⁷⁵

Les jouets en PVC mettent les enfants qui les mâchent ou les lèchent en danger de grave exposition, supérieure aux niveaux de sécurité, à des plastifiants tels que les phtalates.⁷⁶ Les métaux lourds, comme le plomb ou le cadmium, peuvent aussi se lixivier du PVC, ce qui entraîne des risques de santé associés. Le PVC est difficile à recycler.⁷⁷ Bien que le recyclage du PVC se soit un peu amélioré en Europe, des produits dangereux comme le DEHP ou le plomb sont recyclés en nouveaux produits nécessitant, par exemple, une exemption d'enregistrement REACH.⁷⁸

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Dans l'UE, la restriction aux termes de la General Product Safety Directive a interdit l'utilisation de

phtalates dans les jouets après une série d'évaluations de risques incluant les trois phtalates classifiés : phtalate de bis-(2-éthylhexyle) (DEHP), phtalate de dibutyle (DBP), phtalate de butyle et benzyle (BBP); et les trois phtalates non-classifiés: phtalate de diisononyl (DINP), phtalate de diisodécyle (DIDP) et phtalate de di-n-octyle (DNOP). L'interdiction est maintenant incluse dans l'Annexe XVII de REACH couvrant les jouets et articles de soin pour enfants que les enfants pourraient porter à la bouche.

Des jouets bon marché en PVC sont largement commercialisés et utilisés dans la région sud-méditerranéenne sans restriction réglementaire dans la plupart des pays. Seule l'Égypte a limité en 2013 l'utilisation dans les jouets et articles de soin pour enfants des 6 phtalates inscrits dans REACH (Tableau 8). De hautes teneurs en plomb et en cadmium ont été trouvées dans des jouets en Tunisie.

Tableau 9 Effets toxiques critiques et doses journalières admissibles (TDI) de plastifiants phtalates

Phtalate	Effet toxique critique sur	Dose journalière admissible (en mg par kg masse corporelle et par jour)	Interdiction UE
DEHP	Reproduction	0.05	Interdiction dans tous les jouets et articles de soin pour enfants et dans les cosmétiques
BBP	Reproduction et développement	0.5	
DBP		0.01	
DINP	Foie	0.15	Interdiction dans tous les jouets et articles de soin pour enfants que les enfants pourraient porter à la bouche
DIDP			
DNOP	Foie et thyroïde	Aucune TDI disponible	
DIBP	Reproduction et développement		

Sélection d'alternatives

au PVC
dans les jouets
et produits
de soin infantiles

Identification, disponibilité et faisabilité technique

Plusieurs matériaux naturels, comme des textiles organiques ou le bois, sont utilisés traditionnellement pour fabriquer des jouets, des anneaux de dentition et des tétines. Ces matériaux ont été bien testés au cours des années et sont habituellement durables, réparables et disponibles sur le marché. Ces matériaux sont préférables à tout plastique d'origine pétrochimique à cause de l'impact environnemental global des carburants fossiles non-renouvelables. Il existe sur le marché une large gamme de jouets en bois et en d'autres plastiques.

Les principaux plastiques utilisables en lieu et place du PVC souple

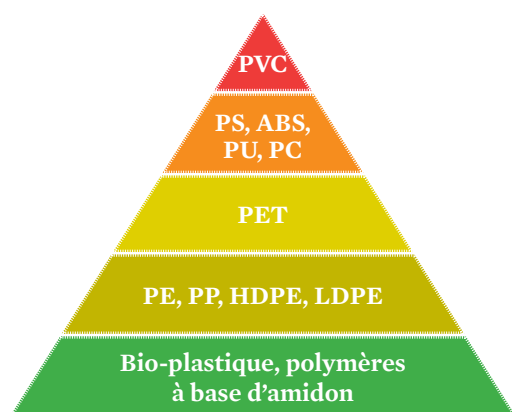


Figure 3 Classement des plastiques en fonction de considérations sur le cycle de vie (Greenpeace International)

contrairement aux jouets en plastique et aux jouets électroniques, ils encouragent les interactions avec les parents/personnels soignants⁸³ et favorisent le développement du langage dès le plus jeune âge, ce qui améliore les compétences en communication, avec des implications positives durables pour le succès scolaire.⁸⁴ L'adoption croissante des livres peut contribuer au "Programme Régional Arabe pour l'Amélioration de la Qualité de l'Éducation," qui prend également en compte le développement précoce dans l'enfance.

Faisabilité économique

Le PVC est le moins cher des plastiques. Par conséquent, les jouets en plastique fabriqués en matériaux alternatifs sont un peu plus chers. Compte tenu de la faible performance de cycle de vie du PVC (Figure 3), l'empreinte chimique du PVC est élevée,⁸⁵ ce qui entraîne des coûts externes. On peut souvent emprunter des livres gratuitement dans les bibliothèques.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Des matériaux renouvelables, comme des textiles organiques ou du bois, sont préférables à tout plastique d'origine pétrochimique à cause de l'impact environnemental global des carburants fossiles non-renouvelables. Les plastiques alternatifs n'ont pas besoin de plastifiants phtalates pour devenir souples et flexibles. Tous les plastiques alternatifs nécessitent de plus petites quantités d'additifs (0-2% du mélange de polymères) par rapport au PVC souple (jusqu'à 50%), d'où un potentiel d'exposition beaucoup plus faible. En outre, un classement des plastiques en fonction de considérations sur le cycle de vie indique que tous les autres types de plastique sont meilleurs que le PVC (Figure 3). Des évaluations d'empreinte chimique pour les plastiques conduisent à conclusion similaire.⁸⁵

Le papier utilisé dans les livres est constitué de ressources renouvelables et est idéalement produit à partir de bois certifié. Les livres peuvent se prêter à la bibliothèque, ce qui réduit encore leur empreinte écologique.

dans les jouets sont les élastomères thermoplastiques (TPEs), l'éthylène acétate de vinyle (EVA) et les polyoléfinés (polyéthylène/polypropylène).⁷⁹ Les trois matériaux remplissent les exigences de sécurité, de facilité de traitement (si possible sur le même équipement que le PVC), d'attrait esthétique et d'impacts environnemental et de santé réduits.⁷⁹ On utilise aussi des plastiques d'origine biologique pour certains jouets. Les premiers plastiques biodégradables ont été introduits pour les jouets de plage.⁸⁰

Une autre solution consiste à réduire globalement la production de jouets en modifiant les schémas de consommation de la société. Cette approche est mise en pratique dans des jardins d'enfant sans jouets en Allemagne⁸¹ et dans les jardins d'enfant en extérieur et en forêt, qui sont de plus en plus populaires.⁸²

En outre, on préférera les livres aux jouets puisque,





IGNIFUGEANTS ET PARAFFINES
CHLORÉES À CHAÎNE COURTE



8. Décabromodiphényl éther commercial dans les textiles

Origine, identité et utilisation

Le décabromodiphényl éther (DecaBDE) a été inscrit en 2017 comme polluant organique persistant (POP) aux termes de la Convention de Stockholm, avec des exemptions. Le DecaBDE reste utilisé dans la région méditerranéenne et continue à générer des stocks de POPs difficiles et coûteux à gérer dans les pays du sud de la Méditerranée à qui il manque des capacités de destruction de POPs. L'utilisation de DecaBDE dans les textiles peut entraîner une exposition de l'être humain à des diphényl éthers polybromés (PBDEs) et à des dioxines bromées en intérieur et dans les voitures/véhicules.

On peut remplacer le DecaBDE dans les textiles en utilisant des fibres alternatives ou des ignifugeants alternatifs. Bien que certaines alternatives puissent être un peu plus chères, la substitution est économiquement préférable quand on prend en compte le coût élevé de gestion de fin de vie des déchets contenant du DecaBDE et le risque associé au recyclage.

Le décabromodiphényl éther (c-DecaBDE) commercial (cf. Tableau 10) a été et éventuellement reste un ignifugeant courant dans les textiles. Les principaux textiles traités au c-DecaBDE semblent être utilisés dans des meubles rembourrés commerciaux, des éléments rembourrés pour automobiles et avions, des rideaux, des draperies et des toiles à matelas, en particulier dans les hôtels et autres bâtiments publics.⁸⁶ D'autres applications de niche incluent des tentes, stores et des applications en tissu du même genre.

Le DecaBDE s'applique typiquement au dos du tissu dans un revêtement au trioxyde d'antimoine (ATO) qui agit en synergie avec un copolymère acrylique ou éthylène-acétate de vinyle.⁸⁶ On peut utiliser les revêtements au dos des tissus en DecaBDE sur divers tissus, y compris le nylon, le polypropylène, les acryliques et d'autres mélanges comme nylon-polyester. Le DecaBDE commercial (c-DecaBDE) consiste principalement en congénères de BDE-209 (≥97%), avec de bas niveaux d'autres congénères diphényl éthers polybromés (PBDE), comme le nonabromodiphényléther (0,3-3%) et l'octabromodiphényléther (0-0,04%).^{87,88} La somme des tri-, tetra-, penta-, hexa- et heptaBDEs présents dans le mélange est typiquement inférieure à 0,0039% m/m.⁸⁸

Profil de dangerosité et problèmes

En mai 2017, DecaBDE a été inscrit comme POP à l'Annexe A de la Convention de Stockholm, avec une série d'exemptions incluant son application dans les textiles. Par conséquent, cette utilisation va se poursuivre à l'avenir. Le DecaBDE peut être relargué des textiles par des (micro)fibres libérées ou sous forme de particules depuis le revêtement dorsal et peut s'accumuler dans la poussière des maisons. L'exposition en intérieur, y compris par la poussière des maisons, est un mode majeur d'exposition humaine aux PBDEs.⁸⁹ On ne peut pas contrôler ni gérer l'exposition au DecaBDE par les textiles sans marquage des produits. Pour autant, aujourd'hui, les produits contenant du DecaBDE ne sont pas étiquetés.

Le DecaBDE est utilisé avec l'ATO en synergie. L'ATO est suspecté de provoquer des cancers par inhalation. Les dibenzo-p-dioxines polybromées et les dibenzofuranes polybromés (PBDD/Fs) sont des impuretés de

PRODUIT	N° CAS/EC
Décabromodiphényl éther (DecaBDE)	CAS n° 1163-19-5 EC n° 215-693-7

Tableau 10 Identité chimique de c-DecaBDE et de son principal constituant, BDE-209

Profil de dangerosité



Tableau 11Données Eurostat sur les importations EU27 DecaBDE (tonnes) pour les années 2000-2012
Source : Eurostat (2013)

Année	Belgique	Allemagne	RU	Irlande	Italie	Pays-Bas	Autres	Union Européenne
2000	6,935	415.5	1968.5	1583.6	262	37.2	15.3	11,290
2004*	6,354	205.1	1799.6	1244.7	839.8	88.8	92.6	10,624
2008	5,145	271.6	983.1	21.7	2470.2	787.1	209.3	9,888
2012	2,352	183.7	86	5.4	732.1	634.2	139.1	4,133

*Huit pays d'Europe centrale et orientale – République Tchèque, Estonie, Lettonie, Lituanie, Hongrie, Pologne, Slovaquie et Slovaquie – ont rejoint l'UE. Chypre et Malte sont également devenues membres.

"Autres" incluent : Bulgarie, République Tchèque, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Pologne, Roumanie, Suède, Slovaquie et Slovaquie.

fabrication du c-DecaBDE.⁹⁰ Les PBDD/Fs se forment également à partir du DecaBDE tout au long de son cycle de vie par suite de stress thermique et d'exposition aux UV. On détecte de hauts niveaux de PBDFs dans la poussière de maison, probablement formés à partir de PBDEs libérés par les textiles (et peut-être des éléments électroniques) dans l'environnement intérieur.^{91, 92}

Selon la Convention de Stockholm, les matériaux contenant du DecaBDE ne sont pas habilités au recyclage et peuvent impacter le recyclage des textiles. Actuellement, les pays du sud de la Méditerranée soit n'ont pas de capacité de destruction des déchets POPs, soit ne disposent que d'une capacité très limitée. Par conséquent, il est possible qu'il faille exporter les déchets contenant des POPs. Cela peut entraîner des frais de gestion élevés pour les déchets fortement halogénés, approximativement 250 à 2000 USD/t en fonction de la teneur en halogènes.

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Suite à l'inscription du DecaBDE à l'Annexe A de la Convention de Stockholm avec une série d'exemptions, les signataires de la Convention ont l'obligation de prendre des mesures pour gérer la production et l'utilisation du DecaBDE au niveau national. Cela inclut de prendre des mesures législatives et réglementaires, d'en inventorier et gérer les stocks et les déchets. S'il y a besoin d'exemptions, les parties doivent évaluer les alternatives les plus appropriées et les plus faisables au DecaBDE.

Certains pays de la région méditerranéenne ont demandé des exemptions pour l'utilisation du DecaBDE comme ignifugeant à la conférence des signataires de la convention en 2017.

Le 10 février 2017, le c-DecaBDE a été inclus dans REACH à l'Annexe XVII de la Réglementation (EC) n°1907/2006. Aux USA, l'EPA pense que les fabricants locaux et les importateurs de DecaBDE ont volontairement supprimé c-DecaBDE. En mai 2017, DecaBDE a été inscrit comme POP à la Convention de Stockholm à l'Annexe A, avec une série d'exemptions. Des données sur les quantités utilisées de DecaBDE sont disponibles dans l'UE. En 2012, l'UE importait encore 4133 tonnes de DecaBDE. La Turquie et l'Italie faisaient partie des pays qui utilisent le DecaBDE (cf. Tableau 11). L'Italie représentait la majorité des importations de DecaBDE dans la région méditerranéenne (732 tonnes), avec des importations mineures également en France, en Espagne et en Grèce.⁹³ 8,5 tonnes de DecaBDE ont été exportées de l'UE vers la Turquie en 2012. Des exportations antérieures de DecaBDE de l'UE vers la Tunisie et le Maroc ont également été rapportées. Cela indique que le DecaBDE est utilisé dans la région méditerranéenne et que les textiles en sont probablement une utilisation majeure.

Les pays méditerranéens d'Afrique manquent de capacité de mesure et de suivi du DecaBDE. Par conséquent, le contrôle des produits sur le marché est nul ou très limité. Compte tenu du manque de contrôle et de capacité de destruction, sa gestion écologique n'est actuellement pas faisable dans la région.



Sélection d'alternatives

aux ignifugeants au c-DecaBDE dans les textiles

Identification et disponibilité

Différents ignifugeants, fibres et barrières sont disponibles comme alternatives au DecaBDE pour les applications textiles.⁹⁴ Différentes technologies doivent être choisies en fonction de l'application.

A) Alternative fibres

On peut utiliser des fibres ignifuges par elles-mêmes, comme les fibres d'aramide, comme alternatives aux fibres synthétiques traitées par DecaBDE, qui nécessitent une grande durabilité.

Certaines fibres synthétiques sont rendues intrinsèquement ignifuges en leur appliquant des additifs non-halogénés pendant le procédé de filage à l'état fondu. Des exemples courants incluent l'utilisation d'additifs à base de phosphore dans les fibres de polypropylène et de polyester.⁹⁴ Certaines fibres naturelles peuvent être ignifuges sans halogènes. La laine est la fibre naturelle ayant la plus grande résistance au feu, avec une haute température d'ignition de 570 à 600°C et un fort Indice Limite d'Oxygène de 25.⁹⁵

Certaines applications utilisent des mélanges de fibres naturelles et synthétiques. Pour d'autres applications, des fibres naturelles peuvent suffire pour satisfaire les normes d'inflammabilité. Par exemple, les matelas de Coco-mat (www.coco-mat.com) ne sont faits que de fibres naturelles qui satisfont les normes d'inflammabilité des hôtels européens⁹⁶ et les strictes normes d'inflammabilité des USA.⁹⁷ Les matelas Cottonsafe®, qui sont également faits uniquement de coton et d'autres matériaux naturels, satisfont les strictes normes anglaises.⁹⁸ Le coton peut se substituer à certaines de ces fibres synthétiques ou mélanges dans certains produits et nécessite moins d'ignifugeants ou, dans certaines applications comme les matelas ou meubles, aucun ignifugeant ajouté du tout.⁹⁸

B) Ignifugeants alternatifs

Plusieurs substituts chimiquement appliqués au DecaBDE sont couramment disponibles sur le marché si des fibres naturelles cellulosiques, comme le coton, la laine, la rayonne et le lin, ont besoin d'un traitement supplémentaire. Les substituts non-halogénés les plus courants au DecaBDE pour les matériaux cellulosiques incluent le diméthylphosphono (N-méthylol) propionamide (acide phosphonique) et le composé sel (ou chlorure) de tetrakis-(hydroxyméthyl) phosphonium avec l'urée.⁹⁴ Pour des fibres synthétiques comme les fibres acryliques, acétates, nylon et polypropylène, on peut utiliser d'autres ignifugeants halogénés, comme le DecaBDPE (CAS n°84852-53-9) dans un revêtement polymère acrylique. Pour les polyesters, qui représentent 30% de la production mondiale de fibres, le substitut non-halogéné le plus courant est le polyéthylène téréphtalate avec phosphore incorporé sur le polyester. Ce polyester modifié est utilisé dans la majorité des applications textiles, résiste au lavage et est réputé être un bon substitut aux ignifugeants DecaBDE/antimoine.

C) Tissus pare-feu

Les tissus pare-feu sont une autre approche de substitution au DecaBDE. Les fabricants utilisent des technologies pare-feu entre le tissu de surface et le cœur interne en mousse dans des meubles et des matelas. Les fabricants lient également thermiquement ou mécaniquement des stratifiés ignifuges au dos des tissus pour se plier aux normes anti-feu.⁹⁴ Toutefois, alors que les barrières pare-feu peuvent être vues comme des alternatives aux textiles ignifugés du point de vue des fabricants de meubles, ce n'est pas le cas pour l'industrie du textile. Par conséquent, cette technologie n'est pas prise en compte dans cette évaluation des alternatives textiles.

Faisabilité technique

Chaque technologie énumérée ci-dessus était déjà en usage en 2005⁹⁴, Cela prouve la faisabilité technique des fibres alternatives (y compris les fibres naturelles et synthétiques) et des ignifugeants. Ces technologies étaient ou sont toujours appliquées dans des pays avec des normes d'inflammabilité plus strictes, comme les USA. Par conséquent, elles sont applicables dans la région méditerranéenne, qui a typiquement des normes d'inflammabilité moins strictes, y compris pour des produits destinés à l'exportation dans des pays aux normes d'inflammabilité plus strictes.

Toutefois, il faut noter, que des normes d'inflammabilité plus strictes ne signifient pas nécessairement une plus grande sécurité.⁹⁹ Parfois, ces normes d'inflammabilité conduisent à l'utilisation de davantage d'ignifugeants sans gain significatif de sécurité mais avec un risque d'exposition plus élevé¹⁰⁰ et plus de toxicité en cas de feu.⁹⁸ Certains des substituts chimiques au DecaBDE disponibles sur le marché ont une durabilité limitée en raison de leur solubilité dans l'eau et de leur tendance au lessivage.⁹⁴ Dans ces cas, un nettoyage à sec peut s'avérer nécessaire.

Faisabilité économique

Quand on estime le coût des alternatives, les options de traitement en fin de vie et le coût des déchets contenant du DecaBDE doivent être pris en compte. Actuellement, les pays d'Afrique du nord n'incinèrent probablement pas les déchets contenant du DecaBDPE ou d'autres retardants de flamme bromés (BFR) en raison de leur capacité limitée de destruction des déchets. La récupération de l'énergie en four de cimenterie peut être une option dans ces pays, mais doit être encore évaluée en ce qui concerne l'accumulation de brome.¹⁰¹ Il peut être nécessaire d'exporter les déchets POPs, avec des coûts élevés de gestion associés pour ces déchets à forte teneur en halogènes (env. 250 à 2000 USD/t en fonction de la teneur en halogènes). Si l'on considère qu'une tonne de DecaBDE impacte 10 à 20 tonnes de textiles, la gestion écologique de 1 tonne de DecaBDE dans des textiles traités peut coûter 5.000 à 40.000 USD.

L'agriculture bio a entraîné l'apparition de sols fertiles en Égypte, ce qui est extrêmement important compte tenu du fait que les sols fertiles sont rares dans tous les pays méditerranéens (hormis la France) pour assurer la consommation alimentaire locale. En outre, étant donné que l'Afrique du nord et le Moyen Orient pourraient devenir partiellement inhabitables d'ici 50 ans à cause du changement climatique, la réduction des émissions de gaz à effet de serre sont une priorité et doivent être pris en considération dans les évaluations économiques pour la région.

A) Fibres alternatives

Les fibres d'aramide sont brevetées (Keflar et Twaron) et sont relativement chères (8 à 40 USD/m²). Les fibres naturelles, comme la laine, sont produites dans la région et peuvent, par conséquent, être relativement bon marché. La production de laine de mouton en Europe dépasse la demande et devient parfois des déchets. Recycler ces déchets de laine pourrait devenir une opportunité commerciale et le matériau satisfaire les exigences d'inflammabilité pour une gamme d'applications. Déjà pour certaines applications, le coton peut satisfaire les exigences des normes d'inflammabilité. La production de coton bio économise 3 tonnes de CO₂ par hectare, mais ces avantages ne sont actuellement pas inclus dans les calculs de coûts.

Le coton bio est actuellement plus cher que le coton conventionnel ou que des fibres synthétiques bon marché, comme le polyester, mais pourraient devenir compétitif dans le cadre réglementaire proposé dans l'*Action Plan for Sustainable Consumption and Production*.¹⁰²

B) Ignifugeants alternatifs

Ignifugeant bromé : Décabromodiphényl éthane (DecaBDPE)

Le prix du DecaBDPE (4500 à 5500 USD/t) dépasse celui du DecaBDE (1300 à 2500 USD/t).

Du fait de leurs structures similaires, il faut utiliser le DecaBDPE dans les mêmes quantités que le DecaBDE pour ignifuger les textiles, ce qui augmente le coût de production global. La teneur en halogène des déchets impactés entraînera des coûts de gestion des déchets élevés qu'il faut prendre en compte.

Ignifugeants non-halogénés

Les ignifugeants non-halogénés sont un peu plus chers que le DecaBDE. Toutefois, la gestion en fin de vie des déchets non-halogénés n'induit aucun coût supplémentaire. Par conséquent, le coût global sur la durée de vie de ces alternatives est probablement plus faible que celui du DecaBDE et autres ignifugeants halogénés.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

A) Fibres alternatives

Les fibres naturelles ignifuges, comme la laine, ne posent habituellement pas de risque inacceptable pendant le cycle de vie du produit, y compris pendant la gestion de leur fin de vie. La production de coton industriel implique d'utiliser de grandes quantités de pesticides synthétiques et peut entraîner l'exposition des ouvriers et de l'environnement.¹⁰³ Toutefois, alors que dans la production de coton bio et d'autres fibres bio, l'utilisation de pesticides d'origine naturelle (ex. nicotine) est courante, les expositions associées sont habituellement inférieures aux pesticides synthétiques. L'agriculture bio peut contribuer à la séquestration du CO₂ dans le sol et à la production de nouveaux sols fertiles, comme démontré par la ferme SEKEM en Égypte,¹⁰⁴ qui produit aussi du coton bio.¹⁰⁵

B) Ignifugeants alternatifs

Les dangers et risques des substituts aux ignifugeants sont variables. La toxicité au feu peut augmenter en raison de l'utilisation d'ignifugeants.^{98, 106} Le DecaBDPE a un facteur de bioaccumulation élevé (1000 – 5000)¹⁰⁷ et une forte persistance.¹⁰⁷ Alors que les BFRs sont des ignifugeants efficaces, en cas de feu, ils peuvent augmenter la toxicité au feu en formant CO, HBr et PBDD/Fs.^{98,106} Le DecaBDPE est également utilisé en synergie avec ATO, qui est suspecté de provoquer des cancers par inhalation. Cela doit être pris en compte pour la fabrication de plastiques.

Actuellement, les déchets de plastique contenant des BFRs sont séparés et non pas recyclés dans l'UE en raison de la restriction RoHS. Au lieu de cela, il faut qu'ils soient convenablement détruits. Certains ignifugeants contenant du chlore et du phosphore (PFRs) sont considérés comme carcinogènes,¹⁰⁸ et certains ont d'autres effets négatifs sur la santé humaine, similaires au trichloropropane (TCP), ce qui suggère qu'ils ne conviendraient pas comme alternatives aux BFRs. Du point de vue environnemental, le bis-(diphénylphosphate) de résorcinol (RDP), le diphényl phosphate de bisphénol A (BADP) et le polyphosphate de mélamine pourraient constituer de bonnes alternatives aux BFRs.¹⁰⁸



9. Paraffines chlorées à chaînes courtes comme fluides pour le travail des métaux

Origine, identité et utilisation

Les paraffines chlorées à chaîne courte (SCCPs) ont été inscrites aux termes de la Convention de Stockholm en mai 2017, avec une gamme d'exemptions incluant des fluides pour le travail des métaux (MWFs).¹⁰⁹ Les MWFs sont une utilisation majeure des Scops pour lubrifier des pièces qui subissent des pressions extrêmes et sont utilisés pour l'emboutissage, le pliage de tubes, la frappe, la découpe et le broyage à froid, et comme fluides de refroidissement dans le traitement des métaux. Plus de 90% des Scops utilisées dans les MWF sont libérés dans l'environnement.¹¹⁰

Cette utilisation des Scops avait déjà été restreinte dans l'UE depuis les années 1990 et a été arrêtée en 2004. Des alternatives sont utilisées depuis plus de 20 ans, y compris une gamme de lubrifiants adaptés à l'environnement (Eaux) avec une forte biodégradabilité et une faible toxicité, comme des lubrifiants à base d'huiles végétales, des huiles contenant du soufre, de l'azote et du phosphore, des huiles minérales et leurs mélanges. Les paraffines chlorées à chaînes courtes sont parmi les fluides les plus utilisés dans pour le travail des métaux (MWF), comme lubrifiants et liquides de refroidissements. En général, les lubrifiants sont conçus pour lubrifier des pièces qui subissent des pressions extrêmes et sont utilisés pour l'emboutissage, le pliage de tubes, la frappe et la découpe à froid.¹¹¹ L'application pour le traitement des métaux a été listée comme exemption à la Convention de Stockholm et peut, par conséquent, continuer.

Profil de dangerosité et problèmes

Les SCCPs sont des produits chimiques persistants qui s'accumulent et ont des propriétés toxiques, et ont, par conséquent, été listés comme polluants organiques persistants (POPs) à l'Annexe A de la Convention de Stockholm en mai 2017.¹⁰⁹ Les SCCPs ont été classées comme toxiques aux organismes aquatiques et carcinogènes pour les rats et les souris. Les SCCPs (longueur moyenne de chaîne C12, degré de chloration de 60% en masse) ont été catégorisées dans le groupe 2B comme possibles carcinogènes pour l'être humain par le Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC).

L'utilisation des SCCPs comme MWF entraîne l'exposition des ouvriers aux fluides par inhalation d'aérosols générés au cours du procédé d'usinage, ou par contact cutané quand ils manipulent des pièces couvertes de fluides. Plus de 90% des SCCPs des MWF sont libérés dans l'environnement.¹¹⁰ Les SCCPs des MWF peuvent aussi contaminer des produits de grande consommation contenant des pièces en métal.¹¹² L'utilisation répandue des SCCPs dans les produits de grande consommation entraîne la contamination de l'environnement intérieur.¹¹³ Des études récentes ont également montré de hauts niveaux de SCCP dans le lait humain et les biotes.

Selon la Convention de Stockholm, on ne peut pas recycler les matériaux contenant des SCCP. Les huiles SCCP peuvent contaminer et gêner le recyclage des huiles usagées.

PRODUIT	N° CAS*
IUPAC : chloroalcanes, C _{10-13'} Paraffines chlorées à chaînes courtes (SCCPs)	CAS n° 85535-84-8; CAS n° 68920-70-7; CAS n° 71011-12-6; CAS n° 85536-22-7; CAS n° 85681-73-8; CAS n° 108171-26-2.
*Ces n° CAS peuvent contenir des paraffines chlorées à chaîne courte	

Tableau 12 Identité chimique des paraffines chlorées à chaînes courtes (Scops)

Profil de dangerosité



Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Suite à l'inscription des SCCPs à l'Annexe A de la Convention de Stockholm avec une série d'exemptions, tous les signataires de la Convention ont l'obligation de prendre des mesures pour gérer la production et l'utilisation des SCCPs au niveau national. Cela inclut de prendre des mesures législatives et réglementaires, d'en inventorier et gérer les stocks et les déchets. S'il y a besoin d'exemptions, les parties doivent évaluer les alternatives les plus appropriées et les plus faisables aux SCCPs.

Les SCCPs figurant sur la liste de la réglementation EU POP depuis 2004. Cela interdit la production, la mise sur le marché et l'utilisation des SCCPs, et de préparations contenant des SCCPs à des concentrations supérieures à 1% en masse et d'articles contenant des SCCPs à des concentrations supérieures à 0,15% en masse. Ces restrictions limitent la présence de SCCPs dans les produits (1,0%) et les articles (0,15%). Depuis mai 2017, les SCCPs sont listées comme POPs aux termes de la Convention de Stockholm (Annexe A).

Quand les SCCPs ont été inscrites à la Convention de Stockholm, des pays en voie de développement, y compris des pays du sud de la Méditerranée, ont demandé une série d'exemptions, comme leur utilisation comme MWF. Cela indique que les SCCPs sont probablement



utilisés dans la région méditerranéenne dans ce but. Puisque l'amendement n'entre en vigueur qu'en 2018 et que la conformité ne sera exigée qu'en 2020, les SCCPs sont encore utilisées comme MWF sans restriction.

Les pays du sud de la Méditerranée n'ont pas la capacité de mesurer les SCCPs, par conséquent le contrôle de la longueur de chaîne (courte ou moyenne) des paraffines chlorées est faible ou nul sur le marché. Compte tenu du manque de contrôle réglementaire, de suivi et de capacité de destruction, aucune bonne gestion environnementale n'est actuellement possible dans la région.

Sélection d'alternatives

pour les SCCPs
comme fluides
pour le travail
des métaux

Identification et disponibilité

Pour la substitution des SCCPs dans le MWF, une gamme de lubrifiants adaptés à l'environnement (EALs) a été développée et est déjà utilisée. Les EALs ont été définis selon l'ébauche d'écolabel de l'UE comme lubrifiants de haute biodégradabilité, faible toxicité et aux performances supérieures ou égales aux alternatives conventionnelles.¹¹⁴ Plusieurs EALs, y compris les ingrédients à base d'huiles végétales (oléochimiques) peuvent s'utiliser dans des formulations traditionnelles à base d'eau et d'huiles linéaires en lieu et place des SCCPs.¹¹⁵

D'autres alternatives aux SCCPs incluent des composés à base de soufre (ex., dialkyl dithiophosphates de zinc, acides gras sulfonates, sulfonates de calcium hyperbasiques), des composés à base de phosphore (ex., tributyl phosphate, phosphates d'alkyle, esters de phosphate, phosphites d'hydrogène), des composés à base d'azote, des esters d'acides limites et des esters complexes.^{109,116,117,118} Les paraffines chlorées à chaînes moyennes (MCCPs) et les paraffines chlorées à longues chaînes (LCCPs) sont également utilisées comme alternatives aux SCCPs.

D'autres procédés alternatifs et émergents incluent l'usinage à sec, qui ne nécessite pas de fluide de coupe, et l'usinage cryogénique, qui utilise des gaz liquéfiés.¹¹⁹



Faisabilité technique

Depuis que des alternatives ont remplacé les SCCPs depuis plus de 20 ans dans de nombreux pays, leur utilisation a déjà été optimisée pour ces applications. L'adéquation technique de produits chimiques et de procédés alternatifs dépend des exigences de chaque procédé spécifique. Les MFWs alternatifs peuvent ne pas convenir à toutes les applications ni tous les procédés. Le transfert de compétences est important et doit être pris en compte dans la mise en place de la Convention de Stockholm.

Actuellement, la plupart des pays du sud de la Méditerranée n'ont pas la capacité de détruire des déchets POPs halogénés. Par conséquent, ces pays ne peuvent pas gérer les SCCPs en fin de vie, et leur utilisation conduit finalement à une contamination environnementale au niveau du site d'utilisation ou d'élimination des déchets. La gestion de fin de vie des MFWs alternatifs, comme les huiles végétales et les huiles minérales, est techniquement faisable dans ces pays, puisque ces huiles peuvent être incinérées dans des chaudières ou des fours de cimenterie et puisque les huiles végétales se dégradent quand elles sont libérées dans l'environnement en prenant en compte les limites de BOD/COD.

Faisabilité économique

Les informations sont limitées concernant le prix de chaque alternative.¹¹⁶ Puisque les SCCPs ont été remplacés ces 20 dernières années dans de nombreux pays, les alternatives sont commercialement disponibles et économiquement faisables dans de nombreuses régions, y compris l'UE.

Les SCCPs sont des MFWs très bon marché, donc leurs alternatives sont normalement plus chères. Les SCCPs peuvent même être moins chères que des MFWs à base d'huiles minérales, puisque les huiles minérales sont souvent taxées. Pour totalement comprendre la compétitivité du prix des alternatives, il faut ajouter les coûts externes de l'utilisation des SCCPs, y compris les coûts environnementaux, les taxes ou politiques similaires. Une gestion écologique des déchets contenant des SCCPs doit être exigée et mise en œuvre, y compris un traitement des eaux usées et une gestion/destruction des boues impactées et autres déchets. Puisqu'actuellement, une telle capacité de destruction n'existe pas dans la plupart de ces pays, cela peut nécessiter de coûteuses exportations de déchets de SCCPs. En outre, le coût de l'impact négatif sur le recyclage des huiles usagées doit être pris en compte et inclus dans les prix. Compte tenu de tous ces facteurs de coûts externes, les alternatives doivent être moins chères ou au moins compétitives.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

A) Lubrifiants adaptés à l'environnement (EALs) à base d'huiles bio

Les formulations à base d'huiles bio ont le potentiel de réduire les coûts de traitement des déchets d'effluents de MWF. Les huiles bio présentent les plus petits risques de maladie du travail par rapport aux autres MFWs si les bactéries sont contrôlées. Comparées aux additifs CP contenant des huiles de découpe dérivées de pétrole, les alternatives végétales, comme les huiles de colza, les huiles de tournesol et de soja non chlorées, fournissent une meilleure dissipation thermique et produisent moins de fumée pendant l'usinage.¹²⁰

B) Alternatives à base d'huiles minérales

Les MFWs à base d'huiles minérales peuvent également entraîner une contamination environnementale s'ils ne sont pas correctement gérés.

C) Huiles contenant du soufre, de l'azote et du phosphore

Les composés à base de soufre, de phosphore et d'azote ont des applications spécifiques en tant que MFWs. Ils forment divers groupes de lubrifiants avec des usages spécifiques et ont remplacé les SCCPs dans la plupart des applications.

D) MCCPs and LCCPs

Les MCCPs et LCCPs sont également persistants et peuvent s'accumuler dans l'environnement. Les MCCPs s'accumulent dans les biotes, y compris le lait humain. Les déchets contenant des MCCPs ou des LCCPs sont également difficiles à gérer dans les pays du sud de la Méditerranée. Par conséquent, ces alternatives ne sont pas recommandées.



10. Décabromodiphényl éther commercial dans l'électronique plastique et les transports

Origine, identité et utilisation

Le décabromodiphényl éther commercial (c-DecaBDE) (cf. Tableau 13) a été un ignifugeant largement utilisé dans l'électronique. En 2017, il a été inscrit comme POP aux termes de la Convention de Stockholm avec une série d'exemptions incluant les carters en plastique et les pièces en plastique utilisées pour les appareils de chauffage ménagers, les fers à repasser, les ventilateurs, les thermoplongeurs et d'autres pièces en plastique dans les véhicules et les avions.

Le c-DecaBDE consiste principalement en le congénère BDE-209 ($\geq 97\%$), avec de faibles teneurs en d'autres congénères du PBDE comme le nonabromodiphényl éther (0,3-3%) et l'octabromodiphényl éther (0-0,04%).^{121, 122} Dans les plastiques, on l'utilise normalement avec de l'oxyde d'antimoine (III) (ATO) en synergie.

Profil de dangerosité et problèmes

Le DecaBDE peut être libéré de composants électroniques ou de matériaux de construction et s'accumuler dans la poussière domestique. L'exposition en intérieur, y compris via la poussière domestique, est une voie majeure d'exposition humaine aux PBDEs.¹²³ Les dibenzo-p-dioxines et les dibenzofuranes polybromés (PBDD/Fs) sont des impuretés de fabrication du c-DecaBDE.¹²⁴ Les PBDD/Fs se forment aussi à partir de DecaBDE tout au long de son cycle de vie en raison du stress thermique, d'une incinération non-BAT



(meilleures techniques disponibles) ou d'une exposition aux UV. De hauts niveaux de PBDFs sont détectés dans la poussière domestique, formée probablement à partir de PBDEs libérés de composants électroniques, de matériaux de construction et de textiles dans l'environnement intérieur.^{125, 126} Le DecaBDE est utilisé en synergie avec le trioxyde d'antimoine (ATO), qui est suspecté de provoquer des cancers par inhalation.

L'utilisation de DecaBDE dans les plastiques est difficile à contrôler ou gérer dans des produits qui ne sont normalement pas étiquetés. On a trouvé du DecaBDE dans des matériaux recyclés en contact alimentaire, comme des outils de cuisine ou des couvercles de tasse à café. Selon la Convention de Stockholm, on n'a pas le droit de recycler les matériaux contenant du DecaBDE.

Actuellement, les pays du sud de la Méditerranée soit n'ont pas de capacité de destruction des déchets POPs,

PRODUIT	N° CAS/EC
Décabromodiphényl éther (DecaBDE)	CAS n° 1163-19-5 EC n° 215-693-7
Trioxyde d'antimoine (ATO) ; oxyde d'antimoine (III) ; Sb ₂ O ₃	CAS n° 1309-64-4 EC n° 215-474-6

Tableau 13 Identité chimique du c-DecaBDE et de son synergiste oxyde d'antimoine (III) oxide (ATO)

Profil de dangerosité



soit ne disposent que d'une capacité très limitée. Par conséquent, les déchets contenant des POPs doivent être exportés. Cela entraîne des frais de gestion élevés pour les déchets fortement halogénés, approximativement 250 à 2000 USD/t en fonction de la teneur en halogènes.

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Tous les signataires de la Convention ont l'obligation de prendre des mesures pour gérer la production et l'utilisation du SCCPs au niveau national. Cela inclut de prendre des mesures législatives et réglementaires, d'en inventorier et gérer les stocks et les déchets. S'il y a besoin d'exemptions, les parties doivent évaluer les alternatives les plus appropriées et les plus faisables au DecaBDE.

L'UE a cessé d'utiliser le DecaBDE dans les nouveaux composants électroniques dès 2008 par la Directive de Limitation des substances dangereuses (RoHS). En outre, le c-DecaBDE a été inclus dans REACH à l'Annexe XVII de la Réglementation (EC) n°1907/2006 le 10 février 2017. Les données d'importation et d'exportation de l'UE indiquent que le DecaBDE est utilisé dans la région méditerranéenne (c.f. Chapitre 8 et Tableau 11).¹²⁷

L'UE a cessé d'utiliser le DecaBDE dans les nouveaux composants électroniques dès 2008 par la Directive de Limitation des substances dangereuses (RoHS). En outre, le c-DecaBDE a été inclus dans REACH à l'Annexe XVII de la Réglementation (EC) n°1907/2006 le 10 février 2017.¹²⁸ L'EPA américaine pense que les fabricants domestiques et les importateurs ont volontairement supprimé le c-DecaBDE.¹²⁹

Sélection d'alternatives au DecaBDE dans l'électronique plastiques et les transports

Identification, disponibilité et faisabilité technique

Des alternatives au DecaBDE dans les carters en plastique sont disponibles et sont utilisées depuis plus de 10 ans, depuis que le DecaBDE a été interdit dans l'électronique dans l'UE. Certains producteurs ont arrêté d'utiliser le c-DecaBDE au début des années 2000, avant même la mise en place des réglementations. Par conséquent, des alternatives sont disponibles et ont prouvé leur faisabilité technique depuis plus d'une décennie. La substitution peut se faire à trois niveaux : reconception du produit, substitution de matériau et substitution de l'agent ignifugeant seulement (Figure 4).^{130,131}

A) Substitution de l'ignifugeant

DecaBDPE (CAS n°84852-53-9) est un substitut majeur au DecaBDE comme ignifugeant dans toutes les applications du plastique, y compris le polystyrène choc (HIPS), bon marché et fréquemment utilisé. Une gamme d'autres ignifugeant bromés est également utilisée.¹³²

B) Substitution de matériau (et d'ignifugeant)

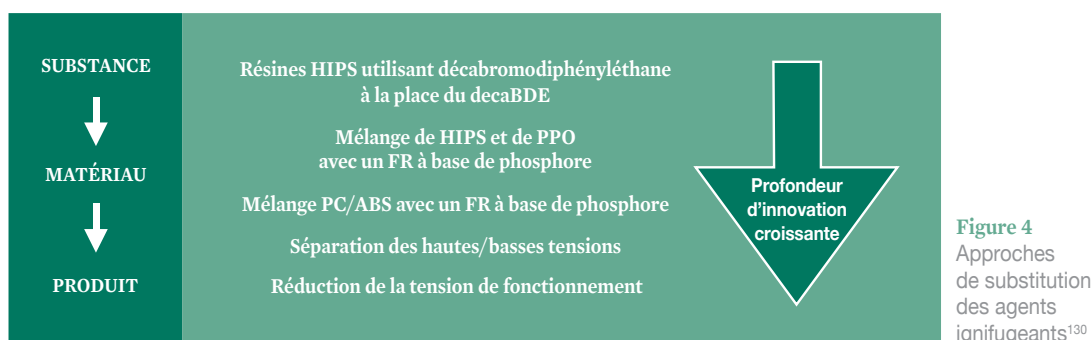
Les substituts non-halogénés les plus économiques impliquent de changer le système de résine et d'utiliser des ignifugeants à base de phosphore. De ces trois systèmes de remplacement, seul HIPS/polyoxyde de p-phénylène (PPO) est 100% sans halogène. Les systèmes polycarbonate (PC)/acrylonitrile butadiène-styrène (ABS) et PC contiennent typiquement une très

SYSTÈME DE RÉSINE	Ignifugeant
Mélanges de polystyrène choc et de polyoxyde de phénylène (HIPS/PPO)	bis diphényl phosphate (RDP) de résorcinol
Mélanges de polycarbonate et d'acrylonitrile-butadiène-styrène (PC/ABS)	diphosphate de bisphénol A (BPADP)
Polycarbonate (PC)	esters de phosphate
Poly lactide (PLA)	hydroxyde métallique

Tableau 14 Systèmes de résines alternatives avec ignifugeants non-halogénés¹³⁰

faible quantité de fluoropolymère (environ 0,3%) pour la résistance au ruissellement.

D'autres alternatives, comme un métal ou du bois, sont possibles mais ne sont pas largement employées en raison de leur coût et de problèmes de performances.



C) Reconception de produit

L'électronique peut subir une reconception pour séparer l'alimentation en énergie ou l'alimentation en chaleur des plastiques combustibles. Blinder l'alimentation énergétique avec des composants métalliques abaisse les exigences d'ignifugation, ce qui fait du HIPS sans ignifugeant une alternative viable.¹³⁰ Avec une telle approche d'éco-design, les pièces en polymère n'ont pas besoin d'ignifugeants ou peuvent être soumises à des normes de sécurité incendie plus basses.

Faisabilité économique

► DecaBDPE

Le prix du DecaBDPE (4500 à 5500 USD/t) dépasse celui du DecaBDE (1300 à 2500 USD/t). Le DecaBDPE doit être utilisé dans les mêmes quantités que le DecaBDE, ce qui augmente le coût global du produit. Quand on calcule le coût sur tout le cycle de vie, le prix de la gestion des déchets contenant des halogènes doit être pris en compte, ainsi que la difficulté de traiter ces déchets dans les pays du sud de la Méditerranée.

► Polymères avec ignifugeants non-halogénés

Le prix des alternatives polymères avec ignifugeants non-halogénés est de 40 à 100% plus élevé que le polymère bon marché HIPS avec DecaBDE, ce qui entraîne un coût du produit 1,5 à 2,5% plus cher.¹³⁰ Toutefois, le coût sur la durée de vie des alternatives est inférieur, compte tenu de leur recyclabilité par rapport au coût élevé de la gestion écologique des déchets contenant du DecaBDE. Les économies sur les coûts de gestion des déchets font plus que compenser le prix légèrement plus élevé des alternatives.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

► DecaBDPE

Le DecaBDPE a un facteur de bioaccumulation élevé (1000 – 5000) et une très forte persistance.¹³² DecaBDPE is also used with the synergist ATO, which is suspected of causing cancer. e DecaBDPE est également utilisé avec l'ATO en synergie, qui est suspecté de provoquer le cancer. Actuellement, les plastiques contenant des BFRs sont séparés et éliminés, mais pas recyclés en raison de la restriction RoHS et de l'inscription des PBDEs à la Convention de Stockholm. Bien que les BFRs soient des ignifugeants efficaces, ils peuvent augmenter la toxicité du feu en cas d'incendie (CO, HBr, PBDD/Fs).¹³³

► Polymères avec ignifugeants non-halogénés

Ces polymères (Tableau 14) ont des performances en fin de vie supérieures. La possibilité de séparer les plastiques contenant des ignifugeants phosphorés (PFR) pour le recyclage a été démontrée à taille réelle pour PC/ABS.¹³⁴

Le bioplastique composite polyacide lactique ignifugeant contient >75% de polyacide lactique végétal. Sa durabilité, sa résistance chimique, sa résistance à la lumière et sa dureté de surface sont adéquates.¹³⁵



11. Paraffines chlorées à chaîne courte dans le nourrissage du cuir

Origine, identité et utilisation

Les paraffines chlorées à chaîne courte (SCCP) ont été inscrites à l'Annexe A de la Convention de Stockholm avec des exemptions spécifiques. Une des exemptions spécifiques est la production et l'utilisation de SCCP dans l'industrie du cuir, en particulier le nourrissage du cuir.¹³⁶ C'est une application à ciel ouvert avec exposition des ouvriers et des consommateurs, et il est limité depuis les années 1990. De meilleures alternatives sont disponibles, y compris des huiles naturelles, comme les huiles végétales et les huiles de poisson. Au regard de l'évaluation sur le cycle de vie, on préfère l'utilisation d'huiles végétales. Les SCCPs sont des mélanges de paraffines chlorées (Tableau 15) qui constituent des huiles visqueuses, denses, incolores ou jaunâtres.¹³⁷ Les SCCPs ont été et continuent à être utilisées principalement comme fluides pour le travail des métaux et comme additifs dans les plastiques au PVC ou le caoutchouc.¹³⁸ L'application pour le nourrissage du cuir a été inscrite comme exemption à la Convention de Stockholm¹³⁶ et, par conséquent, son utilisation continuera vraisemblablement à l'avenir si aucune autre alternative écologique n'est promue.

Profil de dangerosité et problèmes

Les SCCPs sont des produits chimiques persistants qui se bio-accumulent et ont des propriétés toxiques. Par conséquent, les SCCPs ont été inscrits à l'Annexe A de la Convention de Stockholm comme POPs en mai 2017.¹³⁶ Chez les mammifères, les SCCPs affectent

le foie, le système hormonal thyroïdien et les reins.¹³⁸ Les SCCPs sont particulièrement toxiques pour les invertébrés aquatiques et sont des substances endocrines.¹³⁸

Les SCCPs sont également carcinogènes pour les rats et les souris. Les SCCPs (longueur de chaîne moyenne C₁₂, degré de chloration de 60% en masse) ont été catégorisés dans le groupe 2B comme possibles carcinogènes pour l'être humain par le Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC). Les SCCPs sont présents dans le lait humain dans les populations des régions tempérées et arctiques.¹³⁸ Des libérations dans l'environnement surviennent pendant la production, l'utilisation, la durée de service et l'élimination des SCCPs et des produits contenant des SCCPs. Leurs vastes applications industrielles ont fourni une source majeure de contamination environnementale.¹³⁸

L'utilisation des SCCPs dans le nourrissage du cuir entraîne l'exposition des ouvriers aux fluides par contact cutané quand ils manipulent les fluides et le cuir. Les consommateurs peuvent aussi être exposés aux SCCPs à partir du cuir traité.¹¹⁰ La large utilisation des SCCPs dans des produits de grande consommation entraîne une contamination de l'environnement intérieur.¹³⁹

Selon la Convention de Stockholm, les matériaux contenant des SCCPs ne peuvent pas être recyclés. Les SCCPs peuvent contaminer et éventuellement gêner le futur recyclage du cuir.

PRODUIT	CAS N°*
IUPAC : C ₁₀₋₁₃ -chloroalcanes Paraffines chlorées à chaîne courte (SCCP)	CAS n° 85535-84-8 ; CAS n° 68920-70-7 ; CAS n° 71011-12-6 ; CAS n° 85536-22-7 ; CAS n° 85681-73-8 ; CAS n° 108171-26-2 .
*Ces n° CAS peuvent contenir des paraffines chlorées à chaîne courte	

Tableau 15 Identité chimique des paraffines chlorées à chaîne courte

Profil de dangerosité



Actuellement, les pays du sud de la Méditerranée soit n'ont pas de capacité de destruction des déchets POPs, soit ne disposent que d'une capacité très limitée. Par conséquent, les déchets contenant des POPs doivent être exportés. Cela entraîne des frais de gestion élevés pour les déchets fortement halogénés, approximativement 500 à 2000 USD/t en fonction de la teneur en halogènes.

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Avec l'inscription des SCCPs à l'Annexe A de la Convention de Stockholm, tous les signataires de la Convention ont l'obligation de prendre des mesures pour gérer la production et l'utilisation du SCCP au niveau national. Cela inclut des actions législatives et réglementaires, d'inventaire, de gestion de stocks et de déchets. En cas de besoin d'exemptions, cela inclut d'évaluer les alternatives les plus appropriées et les plus faisables pour abandonner les SCCPs.

L'utilisation des SCCPs a été limitée, notamment, au Canada, dans l'UE, en Norvège et aux États-Unis

depuis plus d'une décennie.¹⁴⁰

Les SCCPs étaient initialement réglementés au niveau de l'UE en 2002 dans la Directive 2002/45/EC qui amendait la Directive de la Commission 76/769/EEC (relative aux restrictions sur la commercialisation et l'utilisation de certaines substances et préparations dangereuses), restreignant leur utilisation à des concentrations >1% pour des applications dans le travail des métaux et le nourrissage du cuir. Les SCCPs ont été restreints par la réglementation sur les POPs depuis leur inscription à l'Annexe 1 de la réglementation en 2012 (Réglementation de la Commission (UE) n°519/2012). La Réglementation des POPs autorise généralement de faibles concentrations dans les substances et préparations (1%). En outre, la Réglementation fournit une exemption générale des mesures de contrôle si une substance apparaît comme un contaminant trace involontaire dans les substances et préparations ou articles. Cette exemption s'appliquerait aux SCCPs présents comme contaminants involontaires dans les MCCPs.¹⁴¹

Sélection d'alternatives

au paraffines chlorées à chaîne courte dans le nourrissage du cuir



Identification, disponibilité et faisabilité technique

Les substances alternatives potentielles pour se substituer aux SCCPs dans le nourrissage du cuir disponibles et utilisées sont des huiles animales, des huiles végétales, des huiles minérales et des paraffines chlorées à longues chaînes (C_{18+}) (LCCPs).¹⁴²

A) Huiles animales et/ou végétales

Les huiles animales et végétales sont techniquement faisables et commercialement disponibles et sont utilisées comme graisse pour le cuir depuis longtemps dans le nourrissage du cuir même avant l'utilisation de SCCPs. En particulier, des huiles de poisson raffinées ont été utilisées par le passé

B) Huiles minérales

Des huiles minérales sont disponibles sous forme d'huiles hautement raffinées ou d'huiles de qualité inférieure.

C) Paraffines chlorées à longues chaînes (C_{18+}) (LCCPs)

Cette alternative potentielle est techniquement faisable et commercialement disponible.

Faisabilité économique

Toutes les alternatives sont économiquement faisables. Il est probable que les alternatives soient env. 15% plus chères que les SCCPs mais cette hausse de coût est considérée comme négligeable.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

► *Huiles animales et végétales :*

Les huiles animales et végétales sont non-toxiques et non bioaccumulées pas. En prenant en compte l'évaluation sur le cycle de vie, les huiles végétales sont plus durables que les huiles de poisson.¹⁴³

► *Huiles minérales :*

Les huiles minérales hautement raffinées ont une faible toxicité aiguë par ingestion et contact cutané. Elles peuvent provoquer une légère irritation de la peau et des yeux. Des huiles moins raffinées peuvent contenir des hydrocarbures polycycliques aromatiques (PAH) ; certains sont des carcinogènes connus. Les huiles minérales sont nocives pour la vie aquatique. Elles peuvent se bioaccumuler.¹⁴⁴

► *Paraffines chlorées*

à longues chaînes (C18+) (LCCPs):

Une évaluation Canadienne a conclu que les LCCPs (C₁₈₋₂₀) sont hautement persistantes et bioaccumulatives et toxiques pour les espèces aquatiques à de faibles concentrations. On a établi que les LCCPs à plus de 20 atomes de carbone étaient persistantes mais pas bioaccumulatives.¹⁴⁵ L'EPA américaine stipule que les C₁₈₋₂₀ (40-55% en masse Cl) sont probablement persistantes à très persistantes ; de plus fortes chlorations peuvent contribuer à une plus grande persistance dans la plupart des conditions environnementales et sont potentiellement bioaccumulatives. Elles peuvent aussi présenter un risque déraisonnable par suite d'expositions aiguës et chroniques aux organismes aquatiques et peuvent provoquer des effets négatifs à long terme dans l'environnement aquatique.¹⁴⁶



12. Substances alkylées per- et polyfluorées dans les mousses extinctrices

Origine, identité et utilisation

L'utilisation de mousses extinctrices contenant de l'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS) et d'autres substances alkylées per- et polyfluorées (PFASs) peut entraîner la contamination de la nappe phréatique, de l'eau potable et des eaux de surface, y compris de la mer Méditerranée. Les PFASs ou leurs produits de dégradation sont très persistants. Les PFASs à longue chaîne sont bioaccumulatives. Les PFASs à chaîne courte s'accumulent dans les plantes, y compris les fruits et légumes. On ne connaît pas de dégradation de substances perfluorées dans la nappe phréatique ou le sol, et par conséquent la contamination est durable. Les PFASs sont un problème au regard de l'Approche stratégique de la gestion internationale des produits chimiques (SAICM).

Pour la plupart des applications des mousses extinctrices, des mousses sans fluor (F3) sont désormais disponibles. Elles se dégradent dans l'environnement et ne constituent pas un problème à long terme pour la nappe phréatique et l'eau potable. Quelques-unes de ces mousses sont même sans solvant.

Le PFOS et d'autres PFASs à chaîne courte sont utilisés dans des mousses extinctrices, principalement dans des mousses aqueuses filmogènes (AFFF) et des mousses aqueuses filmogènes résistantes aux alcools (AFFF-AR). Le PFOS a été produit pour la première fois par l'entreprise américaine 3M. Toutes les mousses contenant des PFASs sont principalement



conçues pour des incendies à grande échelle de liquides en feu, en particulier pour les feux de cuves d'hydrocarbures contenant du pétrole brut, du kérosène, du pétrole, etc. (ce qu'on appelle des feux de classe B). Un des avantages des mousses à base de PFOS est leur capacité de couvrir les projections de carburants et supprimer les vapeurs. La propriété filmogène leur donne une grande résistance au réalumage. Encore aujourd'hui, les mousses à base de PFOS montrent les meilleures performances de ce point de vue. Le principal avantage de ces produits est leur capacité à former un film résistant à la chaleur et répandre une couverture étanche aux vapeurs sur les liquides inflammables pour arrêter les vapeurs et, par conséquent, éteindre le feu.

Les mousses contenant du PFOS sont rapidement devenues la norme de la lutte anti-incendie généralisée dans toutes les grandes industries en raison de leurs grandes performances sur les feux de classe B. Elles ont tenu le premier rôle jusqu'en 2002, quand 3M a finalement annoncé sa décision d'arrêter la production de tous les produits à base de PFOS dans la même année. La décision a été prise après la mise en évidence indubitable du risque PBT du PFOS.

*Les symboles GHS et la liste de la convention de Stockholm ont été établis pour les PFOS et les PFOA. L'évaluation toxicologique des PFAS est insuffisante et ils ont été listés comme sujet d'inquiétude sous SAICM

Profil de dangerosité*





La même année, les tensioactifs télomères (C6+2) ont été mis sur le marché comme substituts écologiques au PFOS. Depuis, des alternatives ont été progressivement développées en raison de la croissance de la demande du marché pour des produits écologiques hautes performances pour combattre toutes sortes de feux. Les produits C6+2 ont maintenant été remplacés par des fluoro-tensioactifs purement en C6.

Profil de dangerosité et problèmes

L'utilisation de PFOS et d'autres PFASs peut entraîner une contamination à long terme de la nappe phréatique, des eaux de surface et de l'eau potable qui en découle.¹⁴⁷ Bien que les PFASs à chaîne courte ont un plus faible potentiel de bioaccumulation, ils restent très mobiles dans l'environnement et s'accumulent dans les plantes. On manque de données toxicologiques pour les PFASs aux plus courtes chaînes. En raison de l'extrême persistance des PFASs ou de leurs produits de dégradation et du profil de toxicité incertain de nombreux PFASs, il faut appliquer le principe de précaution.

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Dans la région méditerranéenne, AFFF, AFFF-AR et certaines mousses de protéines fluorées restent presque exclusivement à base de PFAS.

La Convention de Stockholm a listé une exemption spécifique pour l'utilisation des PFOS comme mousses extinctrices. Dans certains pays qui ont demandé des exemptions, le PFOS reste partiellement utilisé et reste en stock.

Dans les pays européens, le PFOS a été interdit en 2009 par la réglementation de l'UE sur les POPs,¹⁴⁸ mais les AFFF fluorées restent utilisées par la plupart des brigades de pompiers pour les feux d'hydrocarbures. Toutefois, à mesure que de nouveaux substituts non-fluorés sont mis à disposition et sont certifiés par les normes acceptées, l'intérêt se porte vers la substitution par les alternatives disponibles. Comme la plupart des pompiers ont été habitués aux AFFF pendant des décennies, il faut du temps pour que ses substituts non-fluorés soient acceptés. En l'occurrence, une approche qui gagne en popularité dans les raffineries d'Europe occidentale consiste à utiliser les F3 non-fluorées pour l'attaque initiale du feu et l'utilisation de stocks d'AFFF seulement quand le stock de F3 est épuisé ou quand il subsiste des différences de performances perçues en raison du manque de formation et d'utilisation du produit.

L'Australie, en commençant par l'État du Queensland, a émis les restrictions les plus fortes et les plus complètes pour les PFASs en 2015, en interdisant effectivement l'utilisation des mousses contenant des PFASs dans tous les domaines de la lutte contre le feu, quand la rétention de ces produits à l'écart du sol et de l'eau ne peut pas être garantie.¹⁴⁹ Cette restriction deviendra effective le 31.12.2018.

Les pays du sud de la Méditerranée n'ont actuellement aucune restriction spécifique des mousses au PFOS ou aux PFAS. Le prix plus faible de ces mousses conditionne la demande du marché sans considérations pour la pollution de l'environnement. En outre, le marché n'est peut-être pas assez mûr pour passer à de nouvelles technologies.

Sélection d'alternatives au PFASs dans les mousses extinctrices

Identification et disponibilité

Une gamme de producteurs propose des mousses sans fluor F3, dont BioEx, FomTec, Solberg, Orchidee et 3FFF. F3 agit différemment des mousses filmogènes. Un film fournit un mécanisme très efficace pour tenir l'oxygène à l'écart de la surface du carburant. Le mécanisme des mousses F3 consiste à fournir une structure de mousse très dense pour empêcher l'oxygène d'atteindre la surface des carburants liquides, y compris dans le cas de feux bidimensionnels.

Les F3 sont disponibles sur le marché mondial, y compris en Afrique du nord. Souvent, les mêmes fournisseurs ont des mousses à base de PFASs



et des mousses sans fluor, par conséquent la disponibilité est garantie.

Il n'existe actuellement qu'une seule mousse F3 sans solvant, fournie par l'entreprise 3FFF,¹⁵⁰ qui a une coopération avec une entreprise de la région Afrique du nord et Moyen Orient.¹⁵⁰

Faisabilité technique

Pour toutes sortes de liquides et solvants polaires, les performances des F3 sont égales à celles des AFFF, sinon meilleures. Il n'existe pas assez de données pour prouver que les produits F3 représentent déjà une véritable alternative aux AFFF/AFFF-AR dans la plupart des scénarios quand leurs utilisateurs font convenablement leur travail.

Des tests de grandes entreprises d'élimination des déchets en Allemagne ont montré de bien meilleurs résultats avec des F3 en test 1 contre 1 contre des AFFF fluorées, for exemple sur des plastiques compressés et d'autres matériaux, où le film d'eau n'est pas responsable de l'extinction des feux. Les F3 sont efficaces du fait de leur meilleure qualité en tant que mousse, la densité de leur mousse et leur pénétration dans les carburants solides. Par conséquent, elles ont un meilleur potentiel de refroidissement associé à la rupture de l'alimentation en oxygène, ce qui est le plus important pour ce genre de matériaux.

L'absence de molécules fluorées dans les F3 entraîne un léger effet «pick-up» du carburant au moment du contact initial avec le carburant hydrocarbure. À ce jour, les AFFF conservent des performances légèrement meilleures sur les feux bidimensionnels, comme les feux de cuves de pétrole brut ou d'autres hydrocarbures. Les moindres performances des F3 dans ce cas seront compensées par un meilleur taux d'application.

Au sein de l'Association des Brigades de Pompiers Allemands, il existe un groupe de travail sur les mousses qui recommande déjà l'utilisation de mousses fluorées seulement en dernier ressort pour les stockages en grands cuves et les raffineries en raison de leur risque de grands feux bidimensionnels. Pour tous les autres usages, comme aux aéroports, dans les sprinklers, dans d'autres systèmes à base de mousses, dans les extincteurs et pour toutes sortes de bridages de pompiers et d'utilisateurs, leur recommandation est de limiter l'utilisation des AFFFs dans un avenir prévisible, car les alternatives existantes ont déjà prouvé leurs hautes performances dans la plupart des situations.

Faisabilité économique

Généralement, le prix des F3 ne change pas significativement par rapport aux autres mousses, comme les AFFF utilisées en Europe occidentale. Toutefois, actuellement, les pays méditerranéens achètent essentiellement des mousses fondées sur les technologies très bon marché et donc très anciennes, comme les mousses de protéines, qui ne sont pas considérées comme les meilleures techniques disponibles (BAT).

Cette historique de sensibilité au prix rend très difficile l'introduction de mousses produites et testées plus rigoureusement sur ces marchés, ou pour défendre la protection environnementale. Actuellement, les pays du sud de la Méditerranée ne sont pas conscients du coût de l'élimination des PFASs de l'eau potable ni de réhabilitation des nappes phréatiques contaminées.

Compte tenu de la compétitivité des BAT pour les mousses fluorées et non-fluorées, les F3 ont l'avantage économique d'éviter les coûts élevés du nettoyage des nappes phréatiques et des eaux potables et d'autres coûts externes liés aux impacts environnementaux, écologiques et sur la santé humaine.

Considérations de dangers et sur le cycle de vie

Les produits chimiques contenus dans les F3 se dégradent rapidement dans l'environnement et ne contaminent pas la nappe phréatique ni l'eau potable. Dans un produit F3 BAT, on ne doit trouver aucune substance PBT.

En fonction de la formulation, l'application de F3 peut entraîner une plus grande demande biologique en oxygène (BOD) et une plus grande demande chimique en oxygène (COD). Toutefois, les F3 les plus avancées utilisent une technologie sans solvant (SF) qui réduit la COD et la BOD au minimum.

On peut utiliser les mousses en toute sécurité sans changer ni compromettre les protocoles de protection des opérateurs, y compris les protocoles de radiations thermiques et de distance pour combattre les feux.



13. Substances alkylées per- et polyfluorées dans le traitement hydrophobe des textiles



Origine, identité et utilisation

Les substances per- et polyfluoroalkyles (PFASs), parfois appelées substances per- et polyfluorées (PFCs), constituent un groupe de plus de 4000 substances artificielles utilisées dans de nombreuses applications, y compris le traitement hydrophobe des textiles. Deux sous-classes de PFAS sont largement utilisées dans les textiles hydrophobes :

► **1.** On peut appliquer des polymères à chaîne latérale fluorée sur des textiles pour créer un revêtement durable hydrophobe. Ils consistent en des polymères uréthanes, acrylates ou méthacrylates avec des chaînes latérales hydrocarbures et contiennent en moyenne env. 0,5% de résidus n'ayant pas réagi et d'impuretés, comme des alcools fluorotélomériques (FTOHs) et des perfluoroalkylacides (PFAAs).¹⁵¹ Ce ne sont pas de vrais polymères, parce que la chaîne latérale fluorée peut cliver le squelette pour donner des produits de dégradation Pifas.

► **2.** Des fluoropolymères, comme le polytétrafluoroéthylène (PTFE), forment des membranes utilisées comme couches stratifiées de protection pour des vêtements de plein-air. Historiquement, le PTFE était fabriqué en utilisant de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), une PFAA avec huit atomes de carbone dans sa molécule. Après la suppression du PFOA dans la plupart des pays, le PTFE est maintenant fabriqué soit en utilisant des PFASs à chaîne courte, comme l'acide

perfluorohexanoïque (PFHxA) (l'équivalent du PFOA à six atomes de carbone), ou des éthers perfluorés comme GenX, qui sont très persistants, mobiles dans l'environnement et qu'on trouve en concentrations croissantes dans les eaux de surface.

Les pays du sud de la Méditerranée ont des industries textiles et des tapis qui utilisent des PFASs ou d'autres produits chimiques hydrophobes en fonction de chaque exigence produit. On a trouvé dans des textiles hydrophobes échantillonnés en Europe des PFASs, y compris PFOA, PFOS et PFHxS,¹⁵² ainsi que des FTOHs et des acrylates de fluorotélomères (FTAs), qui par la suite se dégradent en PFAAs.^{153,154}

Profil de dangerosité et problèmes

Les PFASs et leurs produits de dégradation sont très persistants dans l'environnement. De nombreux PFAAs sont bioaccumulatifs et se bioamplifient. Les PFAAs et certains de leurs précurseurs, comme les FTOHs et les FTAs montrent une série d'effets secondaires négatifs aux humains et au biote. Les gens peuvent être exposés aux FTOHs volatiles contenus dans le traitement aux PFAS en tant qu'impuretés de fabrication ou produits de dégradation d'intermédiaires. Cela peut être particulièrement préoccupant pour des employés de magasins de vêtements et usines de fabrication.¹⁵⁵ En fin de vie, les textiles hydrophobes sont éliminés en décharge. Les

*Les symboles GHS et la liste de la convention de Stockholm ont été établis pour les PFOS et les PFOA. L'évaluation toxicologique des PFAS est insuffisante et ils ont été listés comme sujet d'inquiétude sous SAICM

Profil de dangerosité*



gaz et lixiviats de décharges peuvent être des sources majeures à long terme de PFAAs, avec le risque de contaminer l'eau potable et l'alimentation humaine.¹⁵⁶

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

L'industrie allemande des articles de sport, l'*Outdoor Industry Association* et l'*European Outdoor Group* soutiennent la recherche sur les alternatives aux produits hydrofuges durables à base de PFASs.¹⁵⁷ En septembre 2015, l'*European Outdoor Group* a constitué un groupe de projet destiné à contribuer à la constitution du savoir sur les PFASs dans l'industrie et soutenir les processus décisionnels des marques.¹⁵⁸

Une étude danoise sur les vêtements pour enfants a identifié quatre entreprises qui avaient précédemment utilisé des PFASs pour obtenir des tissus hydrophobes, mais sont maintenant passés à la technologie des dendrimères sans PFAS. Elle a estimé que seuls 10 à 30% des housses de pluie ou de vêtements d'hiver/de ski ont été traités par des agents d'imprégnation à base de PFAS et encore moins de vêtements de pluie et de vestes.¹⁵⁹

Les pays du sud de la Méditerranée développent actuellement un premier cadre réglementaire sur le traitement du perfluorooctane sulfonate (PFOS) et les substances liées dans le cadre de la Convention de Stockholm. Toutefois, la majorité des PFASs n'ont pas encore été traitées.

Sélection d'alternatives au PFASs dans le traitement hydrophobe des textiles

Identification et disponibilité

Les alternatives disponibles pour le traitement hydrophobe des textiles peuvent se regrouper en quatre catégories principales : hydrocarbures, silicones, dendrimères et nanotechnologies.

Les agents hydrofuges hydrocarbures imitent les surfaces naturelles de faible énergie des feuilles végétales.¹⁶⁰ Les plus anciennes formulations de la sorte étaient basées sur des composés paraffiniques et des cires avec des sels métalliques (typiquement des sels d'aluminium, de zinc ou de zirconium) d'acides gras (habituellement de l'acide stéarique)

qui se fixent à la fibre textile.^{157, 161} Les agents hydrofuges acide stéarique-mélatamine, formés par la réaction de l'acide stéarique et du formaldéhyde avec la mélatamine, sont le type le plus récent et le plus durable d'agent hydrofuge hydrocarbure.¹⁵⁷ Les formes les plus récentes d'agents hydrofuges hydrocarbures sont des émulsions à base acrylique et polyuréthane.¹⁶⁰ Des exemples d'agents hydrofuges hydrocarbures disponibles dans le commerce incluent ecorepel® de Schoeller, Texfin® HTF de TexChem®, zeroF de CHT/Bezema, Itoguard NFC de LJ Specialities, Arkophob FFR liq d'Archroma Management GmbH, la gamme Phobotex (APK, JVA, RCO et ZAN) de Huntsman et Purtext® du groupe Freudenberg.^{157, 161}

Les alternatives sans PFAS suivantes sont certifiées à base de produits bio : HeiQ Eco Dry (sans formaldéhyde),¹⁶² miDori® evoPel (partiellement à base d'huiles de graines végétales),¹⁶³ Chemours' Zelan™ R3 finish (avec 60% de matières premières renouvelables).¹⁶⁴

Il existe deux principaux types de composés **d'agents hydrofuges silicones** :¹⁵⁷ (1) des polydiméthylsiloxanes élastomères (PDMS), qui sont des polymères qui adhèrent aux textiles comme une membrane protectrice souple et (2) des résines silanes et siloxanes réactives avec des chaînes latérales réticulables, qui sont de relativement petites molécules qui se lient chimiquement aux textiles, constituées typiquement d'un silanol, d'un silane et d'un catalyseur comme l'octane-étain. Les agents hydrofuges à base de silicones disponibles dans le commerce incluent : wTexfin®-HTF et Texfin®-SWR-A de TexChem, la série Phobotex (Catalyst BC, SSR et WS Cone) de Huntsman, RHODORSIL TCS 7001 de Bluestar Silicones,¹⁶¹ ainsi que des produits de Dow Corning®, Shin-Etsu et Wacker.^{157, 165}

Les dendrimères, monomères hautement ramifiés qui créent des structures arborescentes à la surface du tissu, sont une autre alternative. Le terme dendrimère se réfère à sa structure. Chimiquement, ils peuvent contenir acides gras, hydrocarbures, polyuréthanes, polyalkylsiloxanes ou PFASs : tous les dendrimères ne sont pas exempts de PFAS.^{157, 160} Des exemples incluent BIONIC-FINISH® ECO et RUCO-DRY ECO® de Rudolf Group.¹⁵⁷



Les **nanotechnologies** peuvent aussi fournir des textiles hydrophobes. Par exemple, Schoeller Technologie a développé NanoSphere®, une finition de surface autonettoyante.¹⁶⁵

Faisabilité technique

Les agents hydrofuges sans PFAS peuvent fournir un niveau similaire d'hydrophobie et certains peuvent résister aux taches aqueuses, mais ne sont pas lipophobes.¹⁶⁶ On présume que le caractère lipophobe est nécessaire pour garder les tissus traités plus propres plus longtemps, et même que cela prolonge le caractère hydrophobe entre deux lavages. Toutefois, ces caractéristiques ne sont pas indispensables, et les technologies sans PFAS suffisent pour tous les environnements, hormis peut-être les plus durs.¹⁵⁷ Un sondage mené en 2016 dans l'UE a révélé que le caractère lipophobe des accessoires de sport dépasse les besoins des utilisateurs, donc l'utilisation de finitions en PFAS est excessive.¹⁶⁶

Les agents hydrophobes à base de paraffines nécessitent typiquement de plus hautes concentrations pour être efficaces, alors que ceux à base de silicones sont très efficaces à faibles doses, mais une application excessive peut en réduire les performances.¹⁶¹ Certains agents hydrofuges sans PFAS peuvent aussi moins bien résister au lessivage, en particulier les cires physisorbées. Les agents hydrofuges acide stéarique-mélatamine ont une bonne durabilité au lessivage, mais peuvent affecter négativement certaines propriétés physiques du tissu, comme la résistance au cisaillement et la résistance à l'abrasion.¹⁵⁷ Un test a mis en évidence que les agents hydrofuges polyuréthanes¹⁵⁷ étaient moins résistants à une exposition prolongée à l'eau comparée aux agents hydrophobes à base de silicones, de cire et de PFAS. La chaleur du séchage à sec pendant 30 minutes est efficace pour améliorer les performances d'hydrophobie après exposition prolongée à l'eau.¹⁵⁷

Faisabilité économique

Les matières premières et applications d'alternatives sans PFAS sont généralement plus économiques que les PFAS.¹⁶⁶ Les agents hydrophobes hydrocarbures sont généralement les moins chers, bien qu'ils nécessitent des dosages plus élevés en raison de leur moindre efficacité, ce qui les rend, en fin de compte, comparables en prix aux produits à base de PFAS.¹⁶¹ Les agents hydrophobes à base de silicones et de dendrimères peuvent être plus ou moins chers que ceux à base de PFAS.¹⁶¹

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Une récente évaluation de risque a conclu que les agents hydrophobes hydrocarbures ont généralement le niveau de risque le plus bas, suivis des agents à base de silicone, puis les agents à base de PFAS. L'étude n'a pas pu évaluer les dangers des agents à base de dendrimères et ceux à base de nanoparticules par manque de données.¹⁶⁰

Les agents hydrophobes hydrocarbures peuvent se biodégrader complètement dans l'environnement avec le temps. La cire de pure paraffine est généralement une substance à faible risque, inoffensive pour la santé humaine, rapidement biodégradable et non bioaccumulative.¹⁶⁰ Toutefois, certaines formulations à base d'hydrocarbures peuvent contenir d'autres ingrédients potentiellement dangereux, comme les isocyanates, le dipropylène glycol et d'autres ingrédients non-spécifiés.¹⁶¹ Les agents hydrophobes acide stéarique-mélatamine ont tendance à relarguer du formaldéhyde, qui est toxique pour la santé humaine.¹⁵⁷

Certains agents hydrophobes silicones contiennent des siloxanes comme impuretés de fabrication, y compris des composés très dangereux pour la santé humaine et écotoxiques, comme l'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) et le décacéthylcyclopentasiloxane (D5).¹⁶⁰ Les siloxanes peuvent se bioaccumuler dans les réseaux trophiques aquatiques. Les eaux usées du procédé d'application de finis hydrophobes silicones sont toxiques pour les poissons, mais globalement, les risques associés aux libérations dans l'environnement d'agents hydrophobes à base de silicone sont inférieurs à ceux des agents hydrophobes à base de PFAS en raison de leur plus faible persistance environnementale.¹⁶¹ On manque d'informations sur les dendrimères pour évaluer les risques associés. Certains peuvent contenir des résidus d'isocyanates ou siloxanes dangereux, ou d'acides organiques puissamment irritants.¹⁶¹ Alors que les nanotechnologies offrent certains avantages, y compris l'utilisation de moins d'eau et de solvants, la petite taille des particules pourrait poser des risques pour la santé par leur transport rapide dans le sang et d'autres cellules.¹⁵⁷



14. Pigments au chromate de plomb dans les peintures

Origine, identité et utilisation

Les principaux pigments au plomb dans les peintures décorative sont été sélectionnés ici en raison de leur forte toxicité,¹⁶⁷ de leur potentiel de pollution de l'environnement et de l'utilisation répandue dans les pays du sud de la Méditerranée, l'utilisation de plomb dans la peinture devrait continuer dans la région, ce qui entraînera une contamination de l'environnement et des habitants de la région si des alternatives ne sont pas mises en avant. Les pigments au plomb sont une des principales sources de plomb dans les peintures décoratives en conditionnement unique.¹⁶⁸ Les principaux pigments au plomb utilisés (cf. Tableau 16) et traités ici sont ceux de la famille du chromate de plomb jaune, constituée de :

- chromates de plomb purs,
- phases mixtes de pigments de chromate de plomb et de sulfate de plomb (pigment sulfochromate de plomb),
- phases mixtes de pigments de chromate de plomb, sulfate de plomb et molybdate de plomb (pigment sulfate chromate molybdate de plomb).

Les mots "chromate de plomb" ou "jaune de chrome" sont habituellement utilisés dans la littérature pour décrire toute cette famille. On peut donc les prendre à tort pour la vraie identification de la substance, puisqu'il y a trois différentes substances selon la classification du Système d'information européen sur les substances chimiques (ESIS).

Profil de dangerosité et problèmes

Le plomb est un métal lourd toxique. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) range l'exposition au plomb

comme une des dix plus grandes menaces environnementales à la santé à l'échelle mondiale.¹⁶⁹

L'*Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME) a estimé qu'en 2013, l'exposition au plomb représentait 853 000 décès par suite de ses effets à long terme sur la santé, le plus gros impact étant dans les pays à petits et moyens revenus.¹⁶⁹ Les enfants sont particulièrement vulnérables aux effets négatifs du plomb sur la santé, y compris diminution de l'intelligence et augmentation des problèmes comportementaux. L'empoisonnement au plomb dans l'enfance, ainsi que pendant la grossesse, peut avoir un impact sur la santé toute la vie durant, dont : difficultés d'apprentissage, anémie et troubles de la coordination, des compétences visuelles, spatiales et du langage. Aucun niveau sain d'exposition au plomb n'a été identifié.¹⁷⁰ Les peintures sont un usage relativement dispersif du plomb : l'utilisation de pigments au plomb dans les peintures pour maisons, jardins d'enfant, écoles et jouets entraîne une exposition des populations, y compris des enfants. Le rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de plomb, le sulfochromate de plomb jaune et le chromate de plomb ont été identifiés comme substances très préoccupantes (SVHC) selon les articles 57(a) et (c) ; ils sont classés selon l'Annexe VI, partie 3, Tableau 3.2 de la réglementation (EC) n°1272/2008 dans la catégorie de carcinogènes 2, R45 (peut provoquer le

PRODUIT/PIGMENT	N°CAS/EC
Sulfochromate de plomb jaune ; jaune de chrome (C.I. Pigment Yellow 34)	CAS n° 1344-37-2 EC n° 215-693-7
Sulfo molybdate chromate de plomb ; rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de plomb (C.I. Pigment Red 104)	CAS n° 12656-85-81 EC n° 235-759-9
Chromate de plomb	CAS n° 7758-97-6 EC n° 231-846-0
Rouge de plomb, minium, plommate de plomb, Tetroxyde de triplomb	CAS n° 1314-41-6 EC n° 215-235-6

Tableau 16 Identité chimique des pigments chromates de plomb utilisés dans les peintures

Profil de dangerosité

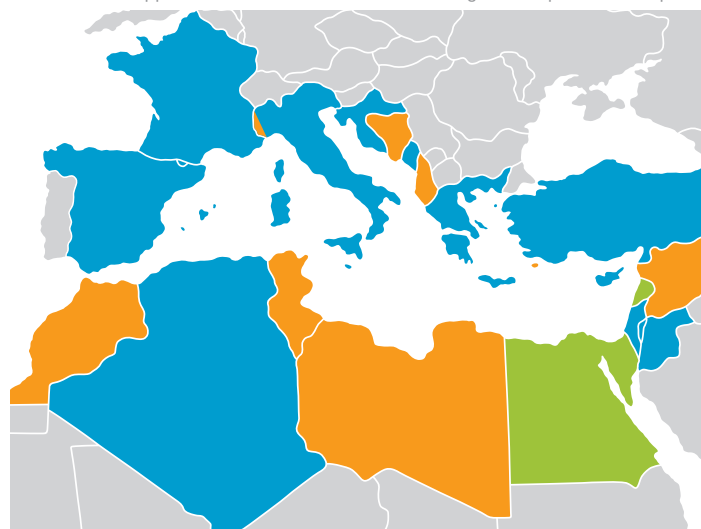


Programme des Nations Unies pour l'Environnement,
Rapport Mondial sur l'état des limitations légales des peintures au plomb

Figure 5
Carte des restrictions
sur les peintures au plomb
(limites imposées, limites volontaires,
pas de restrictions connues)

Restriction	Volontaire	Pas de restriction connue
Algérie	Italie	Albanie*
Bulgarie	Jordanie	Bosni et Herzégovine*
Croatie	Malte	Libye
Chypre	Monaco	Maroc
France	Montenegro	Saint Marin
Grèce	Turquie	Syrie*
Espagne		Tunisie
Israël		

*En cours d'imposition d'une restriction



cancer) et comme toxique pour la reproduction catégorie 1, R61 (peut compromettre la santé de l'enfant à naître), et sont par conséquent inclus dans la liste des substances candidates pour une autorisation.

En raison de l'utilisation de projections d'abrasifs pour le renouvellement des peintures dans les grandes constructions en métal, le plomb se disperse dans l'environnement, ce qui entraîne une contamination environnementale même si des mesures de confinement sont prises. En outre, en fin de vie de l'acier et d'autres métaux de construction, le plomb finit dans les cendres volantes et devient un déchet dangereux. Par conséquent, l'utilisation du plomb dans les peintures entraîne une contamination environnementale et la formation de déchets dangereux.

Les niveaux relativement élevés de plombémie (PbB) en Égypte, au Liban et au Maroc (y compris chez les enfants) indiquent la présence d'importantes sources de plomb dans la région sud-méditerranéenne.^{171, 172, 173} Les enfants égyptiens étudiés avaient un niveau PbB moyen de 13 µg/l. 55,8% de ces enfants avaient des niveaux de PbB supérieurs au niveau d'intervention de 10 µg/dl adopté aux États-Unis.¹⁷² Le niveau PbB moyen chez les

enfants libanais (âge 1-3 ans) était de 66,0 µg/l, avec 39 (14%) enfants ayant PbB ≥ 100 µg/l. Les niveaux de PbB chez les enfants (âge 6-12 ans) au Maroc étaient également élevés, avec une moyenne de 55,5 µg/l.¹⁷¹

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

L'utilisation du plomb dans les peintures est limitée dans au moins 67 pays.¹⁷⁴ Dans l'UE, le plomb dans les peintures est limité par la convention REACH^{175, 176} et les peintures au plomb ont été éliminées. Parmi les pays du sud de la Méditerranée, seule l'Algérie a limité le plomb dans les peintures. Dans les autres pays du sud de la Méditerranée, le plomb et les pigments associés ne sont actuellement pas réputés être limités.^{174, 177}

Du fait du manque de gestion des déchets dans les pays du sud de la Méditerranée, les objets en bois peints au plomb peuvent se retrouver brûlés à l'air libre. Les cendres issues d'autres traitements de fin de vie dans les usines métallurgiques ou les incinérateurs peuvent aussi entraîner une contamination environnementale via des émissions dans l'air. Il n'existe pas actuellement de traitement écologique de cendres.

Sélection d'alternatives

aux pigments
au chromate
de plomb
dans les peintures

Identification et disponibilité

Depuis plus de 30 ans, les fabricants de pigments proposent des alternatives sans plomb à l'industrie des revêtements¹⁷⁸ et remplacent les pigments au plomb dans les peintures. Le but est de développer des peintures et des revêtements avec les mêmes profils de couleur/performances que les mélanges de pigments au plomb.

Les alternatives disponibles incluent :¹⁷⁸



1) *Des pigments organiques de différentes couleurs (jaune, orange, rouge)*

2) *Pigments minéraux :*

- l'oxyde de vanadium et de bismuth (vanadate de bismuth ; BiVa),
- des pigments colorés minéraux complexes (CICP),
- des oxydes de fer

3) *Vanadate de bismuth + pigments organiques*

4) *Pigments hybrides¹⁷⁹*

Le Tableau 17 énumère les alternatives les plus adéquates, déjà couramment utilisées dans l'industrie des revêtements. Ces pigments sont bien connus et utilisés dans l'industrie des peintures et revêtements dans toute l'Europe. La branche des peintures décoratives et des fabricants d'automobiles sont passés aux formulations sans plomb il y a plus de 15 ans. Les fabricants généraux de peintures industrielles et l'industrie des peintures en poudre ont également développé des formulations adéquates. Pour les alternatives au chromate de plomb, il existe assez de capacités de production dans le monde, et les composants sont largement disponibles.

Faisabilité technique

Il n'existe pas de substitut tout prêt parfaitement équivalent au chromate de plomb, mais on peut mélanger des pigments organiques et minéraux disponibles pour formuler des peintures et revêtements sans plomb avec les propriétés désirées.¹⁷⁸

La solution technique consiste à mélanger des pigments adéquats jusqu'à la teinte nécessaire en combinant divers pigments minéraux qui fournissent de l'opacité (ex. vanadate de bismuth, CICPs et oxydes de fer) avec des pigments organiques qui offrent des teintes propres et très colorées.¹⁷⁸

1. Pour des teintes propres :¹⁷⁸

on utilise des pigments organiques de différentes couleurs (jaune/orange/rouge).

2. Pour l'opacité :¹⁷⁸

on utilise des pigments minéraux (BiVa, CICP et oxydes de fer, et leurs mélanges). Les pigments minéraux satisfont les besoins de dispersion, de résistance au climat et d'opacité, mais sont faibles en termes de couleur et de résistance de teinte.

3. Pour l'opacité + teintes propres :¹⁷⁸

On peut utiliser l'oxyde de bismuth et vanadium + pigments organique ou des pigments hybrides. Les pigments hybrides couvrent les gammes colorimétriques oranges brillants, jaunes brillants et rouges brillants, offrant l'alternative la plus économique pour beaucoup de formulations sans métaux lourds.

Il existe beaucoup d'expériences établies, en particulier en substituant PY34 et PY104 par des pigments organiques et/ou minéraux en Europe et dans d'autres pays, et qu'on peut utiliser pour remplacer la peinture au plomb dans les pays du sud de la Méditerranée.

L'utilisation d'outils d'assortiment de couleurs (logiciels et équipements) est la norme dans toute l'industrie des peintures et revêtements. .

Les pigments alternatifs disponibles peuvent :¹⁷⁸

- couvrir toute la surface colorimétrique (du jaune au rouge en passant par l'orange) ;
- fournissent des teintes de couleurs propres ;
- satisfont de fortes exigences d'opacité en combinant pigments organiques et minéraux ;
- couvrent différents niveaux de performance pour un usage en intérieur et en extérieur, avec une très forte résistance à la lumière et au climat ;
- fournissent une résistance à la chaleur >200°C ;
- n'ont pas de problèmes de bavures ;
- satisfont les exigences techniques concernant l'équipement de fabrication des revêtements.

Il n'y a pas de besoin pratique pour une alternative unique sans plomb qui couvre toutes ces propriétés techniques à elle seule. Beaucoup d'alternatives sont disponibles dans les teintes concernées (jaune, orange et rouge), mais avec différents niveaux de performances. Les fabricants de peinture doivent choisir les alternatives en fonction des demandes et spécifications de l'utilisateur final.

Faisabilité économique

L'utilisation d'alternatives est faisable d'un point de vue économique. Dans une soumission à l'ECHA,¹⁷⁸ des formulations sans plomb ont été comparées, en termes de prix actuels sur le marché, à des formulations au plomb, pour des domaines de couleurs choisis (teintes RAL) et différents niveaux de performances (comme décrit plus haut). Au plus haut niveau de performances, les coûts des formulations sans chromate de plomb sont 2 à 3 fois plus chers ; au niveau de performances moyen, les coûts sont déjà comparables, et au plus bas niveau de performances, ils sont moins chers.¹⁷⁸

Le vanadate de bismuth est plus cher que les pigments au plomb. Le prix final de la peinture est toutefois déterminé par le mélange de pigments.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Compte tenu des connaissances actuelles sur les substances et leurs procédés de fabrication, les colorants alternatifs ont des profils toxicologiques moins problématiques que les chromates de plomb.¹⁷⁸ Aucun des pigments énumérés plus haut ne figure sur la liste des substances candidates à l'Annexe XIV de la réglementation REACH1907/2006/EC.¹⁷⁸

Tous les pigments organiques et minéraux sont fondamentalement fournis en poudre ou sous forme de granulés sans fines. La bonne manipulation des produits est décrite dans leur MSDS (fiche de sécurité) respective.¹⁷⁸ En suivant ces recommandations, on peut gérer le danger et éviter tout risque.

En Europe, tous les procédés de fabrication pour la synthèse de ces produits doivent être approuvés par les autorités compétentes.¹⁷⁸ On trouvera des résumés toxicologiques détaillés fondés sur les dossiers d'enregistrement REACH dans les dossiers de soumission à l'ECHA.¹⁷⁸

Note : Certains pigments organochlorés peuvent contenir des POPs involontaires, comme des biphenyles polychlorés (PCBs) et de l'hexachlorobenzène (HCB). On peut minimiser ces POPs involontaires par les meilleures techniques disponibles (BAT)/meilleures pratiques environnementales (BEP) de production.

N°	N°CAS	Groupe chimique/Noms commerciaux/ industriels
1.	8007-18-9	Oxyde d'antimoine nickel et titane (jaune de rutile)
2.	68186-90-3	Oxyde de chrome antimoine et titane (brun de rutile)
3.	14059-33-7	Vanadate de bismuth
4.	30125-47-4	Quinophthalone
5.	36888-99-0	Isoindoline (Azo)
6.	6358-31-2	Jaune d'arylide GY (Azo)
7.	31837-42-0	Jaune de benzimidazolone H4G (Azo)
8.	84632-65-5	Dicétopyrrolopyrrole
9.	6535-46-2	Naphtol AS (Azo)
10.	51274-00-1	Jaune d'oxyde et hydroxyde de fer
11.	1309-37-1	Trioxyde de difer ; Hématite
12.	5567-15-7	Jaune de diarylide HR (Disazo)
13.	15793-73-4	Orange de pyrazolone diarylide (Disazo)
14.	74336-59-7	Pyrazoloquinazolone (Azo)
15.	84632-59-7	Dicétopyrrolopyrrole
16.	5280-66-0	BON Red 2B ; Permanent Red 2B, laqué au manganèse (Azo)
17.	923954-49-8	Oxyde d'étain, de titane et de zinc
18.	85536-73-8	Rutile d'étain et de zinc
19.	3520-72-7	Disazopyrazolone
20.	79953-85-8	Disazo condensation ; Disazo Jaune GG
21.	13463-67-7	Dioxyde de titane, blanc de titane
22.	82199-12-0	Benzimidazolone (Azo)
23.	12236-62-3	Benzimidazolone (Azo)
24.	2786-76-7	Naphtol AS (Azo) ; rouge de naphthol F5RK
25.	6528-34-3	Benzimidazolone (Azo)
26.	120500-90-5	Dicétopyrrolopyrrole
27.	5590-18-1	Isoindolinone
28.	6528-34-3	Jaune d'arylide RN ; Acétoacétarylide (Azo)
29.	980-26-7	Quinacridone

Tableau 17 Substances utilisées comme alternatives à la famille des pigments au chromate de plomb¹⁷⁸



15. Oxyde de plomb dans les peintures d'apprêt antirouilles

Origine, identité et utilisation

Le tétroxyde de triplomb (minium, rouge de plomb ; Pb_3O_4) dans les peintures d'apprêt antirouille a été choisi pour cette étude en raison de sa grande toxicité.¹⁸⁰ Le risque d'expositions humaines et environnementales et son utilisation répandue dans les pays d'Afrique du nord et du Moyen Orient. En outre, des niveaux élevés de plomb dans le sang ont été rapportés chez les habitants de la région, y compris des enfants. Des niveaux élevés de plomb chez les enfants entraînent une baisse de l'intelligence et une augmentation des problèmes comportementaux. Alors qu'au moins 67 pays ont certaines restrictions pour les peintures au plomb, actuellement seule l'Algérie a interdit les peintures au plomb parmi tous les pays du sud de la Méditerranée. Par conséquent, l'utilisation de plomb dans la peinture devrait continuer dans la région, ce qui entraînera une contamination de l'environnement et des habitants de la région si des alternatives ne sont pas mises en avant et si des réglementations appropriées ne sont pas mises en place.

Les principales alternatives aux peintures d'apprêt anticorrosion au plomb sont des composés du zinc, largement disponibles et utilisés depuis des décennies en Europe et dans d'autres régions industrielles. Les peintures au zinc et les revêtements anticorrosifs sont l'état de l'art général en matière de protection anticorrosion pour les constructions en métal, utilisé dans les pays qui régulent le plomb dans les peintures.

Le plomb est utilisé dans les peintures d'apprêt antirouille (Tableau 18) pour protéger les constructions métalliques contre la corrosion. Les peintures au plomb, qui sont très efficaces comme protection contre la corrosion, ont été utilisées à l'échelle mondiale par le passé et restent largement utilisées dans les pays en voie de développement.

Les peintures d'apprêt anticorrosion au plomb ont d'excellentes performances en termes de protection contre la corrosion des constructions métalliques. La peinture est très souple, ce qui fait qu'elle convient même pour les angles aigus des constructions métalliques.

Profil de dangerosité et problèmes de l'oxyde de plomb dans les peintures d'apprêt antirouilles

L'oxyde de plomb est un important composé du plomb utilisé dans l'industrie. Le problème de la toxicité du plomb est connu depuis le 19^e siècle, quand l'intoxication au plomb a été observé à Londres après consommation de «friandises» sans sucre. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) range l'exposition au plomb comme une des dix plus grandes menaces environnementales à la santé à l'échelle mondiale.¹⁸¹ L'*Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME) a estimé qu'en 2013, l'exposition au plomb représentait 853 000 décès par suite de ses effets à long terme sur la santé, le plus gros impact étant dans les pays à petits et moyens revenus.¹⁸¹ Les enfants sont particulièrement vulnérables aux effets négatifs du plomb sur la santé, y compris

DÉSIGNATION DU PIGMENT	N° CAS/EC
Rouge de plomb, minium, plommate de plomb, tétroxyde de triplomb ; oxyde de plomb (II, IV) ; Pb_3O_4	CAS n° 1314-41-6 EC n° 215-235-6

Tableau 18 Identité chimique de l'oxyde de plomb utilisé dans les peintures d'apprêt antirouille

Profil de dangerosité





diminution de l'intelligence et augmentation des problèmes comportementaux.¹⁸¹ L'empoisonnement au plomb dans l'enfance, ainsi que pendant la grossesse, peut avoir un impact sur la santé toute la vie durant, dont : difficultés d'apprentissage, anémie et troubles de la coordination, des compétences visuelles, spatiales et du langage. Aucun niveau sain d'exposition au plomb n'a été identifié.¹⁸²

En cas d'inhalation, l'oxyde de plomb (II, IV) irrite les poumons. De fortes doses provoquent des douleurs dans la poitrine et l'abdomen. En cas d'ingestion, il se dissout dans l'acide gastrique et est absorbé, ce qui entraîne un empoisonnement au plomb. De fortes concentrations peuvent aussi être absorbées à travers la peau. Un contact prolongé avec de l'oxyde de plomb (II, IV) peut provoquer une accumulation de composés du plomb dans l'organisme et des symptômes d'empoisonnement aigu. L'empoisonnement chronique se manifeste par de l'agitation, de l'irritabilité, des troubles de la vision, de l'hypertension et un teint facial grisâtre. Il a été démontré que l'oxyde de plomb (II, IV) est carcinogène sur les animaux de laboratoire.¹⁸¹

Le plomb dans les peintures est un usage dispersif du plomb dans les maisons et construction. Farinage, lixiviation, écaillage, érosion climatique, décapage et sablage des peintures au plomb entraînent des dépôts de plomb dans le sol à proximité des maisons et d'autres constructions. En raison de l'utilisation de projections d'abrasifs sur les peintures, pendant la rénovation de constructions métalliques, du plomb est

libéré dans l'environnement, ce qui entraîne une contamination environnementale.¹⁸³

En fin de vie des constructions en fer peintes, le plomb finit aussi en fonderies, est partiellement libéré dans l'air et sous forme de cendres, et devient un déchet dangereux. Par conséquent, le plomb dans les peintures entraîne une contamination environnementale et des déchets dangereux.

Les niveaux relativement élevés de plombémie (PbB) en Égypte, au Liban et au Maroc (y compris chez les enfants) indiquent la présence d'importantes sources de plomb dans la région sud-méditerranéenne.^{184, 185, 186} Les enfants égyptiens étudiés avaient un niveau PbB moyen de 13 µg/l. 55,8% de ces enfants avaient des niveaux de PbB supérieurs au niveau d'intervention de 10 µg/dl adopté aux États-Unis. Le niveau PbB moyen chez les enfants libanais (âge 1-3 ans) était de 66,0 µg/l, avec 39 (14%) enfants ayant PbB ≥ 100 µg/l. Les niveaux de PbB chez les enfants (âge 6-12 ans) au Maroc étaient également élevés, avec une moyenne de 55,5 µg/l.¹⁸⁴

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

ONU Environnement et d'autres parties prenantes ont initié Global Alliance pour éliminer le plomb dans les peintures. Le plomb dans les peintures est déjà limité dans au moins 67 pays.¹⁸⁷ Dans l'UE, le plomb dans les peintures est limité selon REACH.^{188, 189} Parmi les pays du sud de la Méditerranée, seule l'Algérie a limité le plomb dans les peintures. Dans les autres pays du sud de la Méditerranée, le plomb n'est actuellement pas réputé être limité.^{187, 190}

Un usage majeur du plomb dans les peintures dans les pays méditerranéens est la protection contre la corrosion des constructions métalliques (normalement le fer ou l'acier), ex. pylônes, ponts, pipelines. Les peintures au plomb servent aussi sur des infrastructures privées pour la protection contre la corrosion de bâtiments et autres constructions.



Sélection d'alternatives

a l'oxyde de plomb dans les peintures d'apprêt antirouilles

Identification et disponibilité

Depuis plus de 30 ans, les fabricants de pigments proposent des alternatives sans plomb à l'industrie des revêtements¹⁹¹ et remplacent les pigments au plomb dans les peintures.

▶ *Apprêts au zinc activé*

Les revêtements et apprêts riches en zinc (ZRP) ont la capacité unique de fournir une protection galvanique aux surfaces en acier sur lesquelles on les applique. Ces revêtements contiennent une grande quantité de zinc métallique combinée au liant. Le liant des ZRP est habituellement une résine organique, comme une résine époxy, alkyle ou uréthane. Après application adéquate d'un revêtement riche en zinc sur un substrat en acier, le liant retient les particules de zinc en contact les unes avec les autres et avec la surface d'acier. On peut appliquer les apprêts au zinc comme peinture ou en poudre.

▶ *Apprêt au phosphate de zinc*

Les apprêts au phosphate de zinc servent à protéger les constructions en acier, en fer ou en aluminium contre la corrosion. Les peintures d'apprêt au phosphate de zinc sont proposées par de nombreux fournisseurs et sont largement utilisées. On peut aussi appliquer un apprêt au phosphate de zinc sous forme de revêtement en poudre dans des applications industrielles.

▶ *Système de revêtement industriel au zinc – Galvanisation à chaud*

La galvanisation à chaud est le procédé qui consiste à recouvrir du fer ou de l'acier avec du zinc. Dans ce procédé, le zinc s'allie avec la surface du métal de base quand on immerge le métal dans un bain de zinc fondu à une température d'environ 450 °C.

▶ *Électro galvanisation*

- L'électro galvanisation est un procédé dans lequel une couche de zinc est liée à de l'acier pour le protéger de la corrosion. Le procédé implique une galvanoplastie : faire passer un courant électrique à travers une solution saline/zinc avec une anode de zinc et un conducteur en acier. Comparée à la galvanisation à chaud, la galvanisation offre les avantages suivants :
- Dépôts de plus faible épaisseur pour obtenir des performances comparables ;
- Possibilité de revêtement de conversion plus large pour plus de performances et plus d'options de couleur
- Dépôts plus brillants et plus esthétiques.

Faisabilité technique

Toutes les technologies susmentionnées sont techniquement faisables et sont utilisées en pratique depuis des décennies.

Les peintures d'apprêt au zinc sont facilement disponibles sur le marché et largement utilisées par les particuliers et les professionnels. Si le fer ou l'acier est peint/couvert de façon professionnelle, le zinc fournit aussi une extrêmement bonne protection contre la corrosion.

La galvanisation à chaud est largement utilisée pour l'acier galvanisé industriel quand on a besoin de résistance à la corrosion sans le coût de l'inox. Le zinc est plus électro positif que l'acier, ce qui signifie que quand un revêtement galvanisé est endommagé, et quand l'acier est exposé à l'atmosphère, le zinc peut continuer à protéger l'acier par corrosion galvanique, ce qui la rend supérieure aux peintures anticorrosion au plomb.

La galvanisation à chaud est déjà disponible en Égypte (ex. *Egyptian Manufacturing & Advanced Systems*), au Maroc (ex. *Maghreb Steel*) et en Tunisie (ex. Maklada). Le procédé de galvanisation est conforme à la norme allemande DIN 50976, la norme anglaise BS 729 et à la norme américaine ASTM.

On utilise également largement l'électrogalvanisation, qui est donc techniquement faisable. Selon l'*International Zinc Association*, on utilise plus de 5 millions de tonnes de zinc chaque année à la fois pour la galvanisation à chaud et l'électrogalvanisation.

Les préparations pour application de peinture d'apprêt au zinc sont plus exigeantes que pour la peinture au plomb. La protection contre la corrosion d'angles aigus et de couches épaisses par le zinc nécessitent une bonne technique.

Faisabilité économique

Les peintures d'apprêt au zinc coûtent plus cher que les peintures au plomb. Toutefois, puisque le zinc est un métal relativement bon marché, les prix restent raisonnables.

Les préparations plus exigeantes pour l'application des peintures d'apprêt au zinc augmentent un peu le coût global de l'utilisation des peintures au zinc par rapport aux peintures au plomb.

L'usage répandu de la galvanisation et de l'électrogalvanisation, y compris dans la région sud-méditerranéenne, montre que les deux procédés sont économiquement faisables.

L'élimination sûre des peintures/revêtements au plomb est coûteuse et, dans certains pays, seuls des experts agréés ont le droit de la faire. En outre, les effets sur la santé, y compris la toxicité sur le développement provoquée par l'exposition au plomb, sont associés à des coûts externes élevés. Par conséquent, en prenant en compte le cycle de vie de la protection contre la corrosion par le plomb et le zinc, l'alternative au zinc est plus économique et son utilisation dans la région démontre que la transition est faisable.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Le zinc est un des éléments les plus abondants de la croûte terrestre. On trouve du zinc dans l'air, dans le sol, de l'eau et dans tous les aliments.¹⁹² Le zinc est un élément essentiel souvent utilisé comme additif dans l'alimentation humaine, l'alimentation animale et les engrais. Le zinc a une toxicité considérablement plus faible que le plomb. Le phosphate de zinc est également non-toxique et le phosphate de zinc et d'aluminium est utilisé comme ciment dentaire.

Ingérer trop de zinc par l'alimentation, l'eau ou des compléments alimentaires peut aussi affecter la santé. Les niveaux de zinc qui produisent des effets négatifs sur la santé sont beaucoup plus élevés que les Apports nutritionnels conseillés (RDAs) : 11 mg/jour pour l'homme, 8 mg/jour pour la femme. Les femmes qui allaitent leur bébé en ont besoin à hauteur de 12–13 mg/jour. En cas d'ingestion de fortes doses de zinc (10–15 fois supérieures à la RDA), il peut survenir des crampes d'estomac, des nausées et des vomissements.¹⁹²

Inhaler de grandes quantités de zinc (sous forme de poussière de zinc ou d'émanations provoquées par du zinc fondu ou une soudure) peut provoquer une maladie à court terme qui s'appelle fièvre des fondeurs, généralement réversible lorsque l'exposition au zinc prend fin.¹⁸¹

La bonne manipulation des peintures au zinc est décrite dans leur MSDS (Fiche de sécurité).¹⁹¹ En suivant ces recommandations, on peut gérer le danger et éviter tout risque.

La contamination des sols par le zinc peut aussi être problématique, aussi y a-t-il des limites aux teneurs en zinc dans le sol. Par conséquent, le sablage abrasif des objets peints n'est pas recommandé et exige un abri adéquat et d'autres mesures pour empêcher la peinture enlevée de se disperser dans l'environnement.

En fin de vie des constructions en fer/acier peint, le fer est normalement recyclé dans un four à arc électrique (EAF). Le zinc est largement transféré dans les cendres volantes de l'EAF. Les cendres volantes de l'EAF collectées sont normalement transférées dans une usine de récupération du zinc (ex. procédé/four Waelz)¹⁹³ et le zinc est récupéré pour réutilisation par réduction thermique. Par conséquent, le potentiel de recyclage du zinc à partir du fer recouvert est élevé et le cycle de vie est (presque) bouclé.



16. Arséniate de cuivre et de chrome dans le traitement du bois

Origine, identité et utilisation

L'arséniate de cuivre et de chrome (CCA) utilisé dans le traitement du bois contient de l'arsenic et du chrome (VI) carcinogènes. Dans les pays du sud de la Méditerranée, les déchets de bois sont parfois utilisés pour cuire le pain et pour la cuisine en intérieur, ce qui entraîne des expositions. Le CCA a été interdit dans un certain nombre de pays et son usage est limité dans l'UE. L'arséniate de cuivre et de chrome (CCA) consiste en un mélange d'acide chromique, d'acide arsénique et d'acide cuprique dans un rapport de 5:3:2, respectivement (POP RC, 2014). Le CCA a été le conservateur du bois le plus utilisé au monde et est utilisé pour le traitement du bois depuis le milieu des années 1930. Le chrome agit comme agent de fixation chimique et aide les autres agents chimiques à se lier au bois. Le cuivre agit essentiellement comme protecteur du bois contre la décomposition, les champignons et les bactéries, tandis que l'arsenic est le principal composant insecticide du CCA, fournissant une protection contre les insectes qui attaquent le bois, y compris les termites et les xylophages marins.

Profil de dangerosité et problèmes

La Direction Générale *Entreprises* de la Commission Européenne a identifié un certain nombre de risques inacceptables causés par le bois traité au CCA, dont : risques pour les enfants (pour les équipements de jeu en extérieur traités au CCA) ; d'autres risques à la santé humaine ; des risques environnementaux

issus de la combustion et de l'élimination (dont la lixiviation des décharges) ; et des risques pour les organismes aquatiques.¹⁹⁴ Le Comité scientifique de la Commission Européenne sur la santé et les risques environnementaux (*European Communities' Scientific Committee for Toxicity, Ecotoxicity and the Environment*) (CSTEE) a évalué ce risque et déterminé qu'il n'existe aucun seuil aux effets carcinogènes de l'arsenic (qui est également connu comme génotoxique). Le CSTEE n'a pas pu établir de risques liés à l'arsenic à partir de la lixiviation des décharges de bois traité au CCA, lequel a été classé comme déchet dangereux par la Commission en 2000, et il en a donc conclu qu'il convient d'appliquer le principe de précaution et de réduire autant que possible la production de bois traité au CCA, parce qu'il provoque probablement des dommages sérieux.¹⁹⁵ En outre, des expositions sur lieu de travail supérieures aux niveaux recommandés ont été mesurées sur des sites en intérieur, et occasionnellement sur des sites en extérieur.¹⁹⁶

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Le bois traité au CCA a été totalement interdit dans plusieurs pays, dont le Danemark, la Suisse, le Vietnam et l'Indonésie. L'utilisation de bois traité au CCA a été restreinte dans l'UE et on ne peut pas utiliser de composés de l'arsenic "dans la préservation du bois. En outre, le bois ainsi traité ne peut être mis sur le marché."

PRODUIT	N° CAS/EC
Oxyde d'arsenic(V) Oxyde d'arsenic Anhydride d'arsenic	CAS n° 1303-28-2 EC n° 215-116-9
Oxyde de Cuivre (II) Oxyde cuprique	CAS n° 1317-38-0 EC n° 215-269-1
Chrome (VI)	CAS n° 1333-82-0 EC n° 215-607-8

Tableau 19 Identité chimique de l'arséniate de cuivre et de chrome

Profil de dangerosité



Les seules exceptions sont pour le bois destiné à des installations industrielles, où *“l'intégrité structurelle du bois est nécessaire pour la sécurité humaine ou du bétail, et où tout contact cutané pour le grand public pendant sa durée d'utilisation est improbable.”*¹⁹⁷

Les usages suivants sont spécifiquement interdits :

- dans les constructions résidentielles ou domestiques, quelle qu'en soit la raison ;
- dans toute application où existe un risque de contact répété avec la peau ;
- dans l'eau de mer ;
- pour des raisons agricoles autres que les poteaux des clôtures pour le bétail et des utilisations structurelles ;
- dans toute application où le bois traité pourrait

entrer en contact avec des produits finis ou semi-finis destinés à la consommation humaine et/ou animale.

Par conséquent, l'amendement européen restreint la commercialisation et l'utilisation à la fois du CCA et du bois traité au CCA. Aux USA, le bois destiné à être utilisé dans les établissements résidentiels, comme les équipements pour terrains de jeu, les terrasses, les tables de pique-nique, le bois pour équipements paysagers, les clôtures résidentielles, les patios, les allées et promenades, ne peut pas être traité au CCA.¹⁹⁸ Le CCA n'est pas limité dans les pays du sud de la Méditerranée reste utilisé dans le traitement du bois ou dans des produits en bois importés.

Sélection d'alternatives a l'arséniate de cuivre et de chrome dans le traitement du bois

Identification et disponibilité

Une classe d'alternatives au CCA combine cuivre et conservateurs organiques. Le cuivre alcalin quaternaire (ACQ) est un conservateur constitué de cuivre, d'un fongicide et d'un composé ammonium quaternaire, comme le chlorure de didécyl diméthyl ammonium, un insecticide qui augmente aussi le traitement fongicide. Les sels de cuivre sont également augmentés par un azole co-biocide, en l'occurrence des triazoles organiques comme le tébuconazole ou le propiconazole («azoles de cuivre»). Le naphtéate de cuivre est un conservateur du bois liposoluble constitué d'un mélange de sels de cuivre et d'acide naphtéique.¹⁹⁹

La créosote est un conservateur à base de goudron –un des plus vieux traitements du bois et une alternative couramment utilisée pour des applications exigeantes qui entrent en contact avec de l'eau salée, la nappe phréatique ou l'eau potable.²⁰⁰

L'huile de graines de lin a été incorporée dans des formulations conservatrices comme solvant et agent hydrophobe pour le bois «traité en enveloppe». Cela implique de ne traiter que les 5 mm externes de la section transversale du bois avec un conservateur, comme la perméthrine.

Le bois thermiquement modifié est du bois qui a été modifié par un procédé de pyrolyse contrôlée impliquant un chauffage (> 180°C) en l'absence d'oxygène. Il en résulte de changements chimiques aux composants de la paroi cellulaire du bois (lignine, cellulose et hémicellulose) afin d'en augmenter la durabilité. Différents producteurs utilisent différentes technologies, y compris l'azote gazeux, la vapeur et l'huile bouillante.²⁰¹ Dans la région méditerranéenne, le bois thermiquement modifié est produit, par exemple, en Turquie.²⁰² Au Maghreb, des recherches ont débuté sur le bois thermiquement traité.²⁰³

Faisabilité technique

On peut utiliser l'ACQ pour toutes les classes d'utilisation (UC)²⁰⁴ sauf pour la marine (UC5). Les sels de cuivre avec un triazole biocide ou le naphtéate de cuivre peut couvrir la plupart des types d'application, y compris les terrasses et poteaux.²⁰⁵ Les deux ont été testés extensivement et fonctionnent généralement aussi bien que le





CCA. Les sels de cuivre sont corrosifs pour les métaux, en particulier l'aluminium.

Pour les usages de marine (UC5) et d'autres usages en extérieur très exigeants avec mouillage en continu (UC4), le conservateur préférentiel pour le bois est la créosote.²⁰⁰

On peut utiliser le bois modifié thermiquement pour des utilisations non-structurelles au-dessus du sol, comme revêtements, terrasses, parquets, meubles de jardin, équipements pour terrains de jeu, châssis de fenêtre et de porte et ameublement. On peut aussi utiliser le bois traité en «enveloppe» à l'huile de lin et à la perméthrine pour ce genre d'applications.

Faisabilité économique

Le traitement «d'enveloppe» à l'huile de lin et à la perméthrine est moins cher, car il utilise moins de conservateurs. Le coût du traitement à la créosote est similaire à celui du traitement au CCA, alors que d'autres traitements du bois à base de cuivre sont un peu plus chers. Après l'interdiction du bois traité au CCA dans l'UE, l'industrie est devenue florissante et a bénéficié des changements, car le bois traité continue à être un matériau de choix.²⁰⁶ Par conséquent, le passage aux alternatives n'a pas eu d'impact négatif sur le marché.

Le bois modifié thermiquement est plus cher à l'achat mais moins cher à l'entretien. Après la première ou la deuxième maintenance du bois chimiquement traité, le coût peut être égal à celui du bois modifié thermiquement. À long terme, le coût du bois modifié thermiquement est probablement inférieur à celui du bois traité chimiquement. En fin de vie, le bois modifié thermiquement peut être recyclé ou traité thermiquement associé à du bois naturel, alors que le bois traité chimiquement doit être éliminé dans des incinérateurs ou en décharge.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Le bois modifié thermiquement ne contient pas d'additifs chimiques et, par conséquent, ne constitue pas un problème environnemental ou de santé spécifique. Le bois peut être traité thermiquement en fin de vie, comme du bois vierge, ou recyclé en d'autres produits du bois. Les cendres récupérées à partir du bois modifié thermiquement peuvent être utilisées pour l'amendement du sol. Par conséquent, le bois modifié thermiquement sera probablement un choix préférentiel pour des usages adéquats. Le traitement «d'enveloppe» à la perméthrine des bordures de voies ferrées est également peu risqué.

L'alternative du cuivre et des conservateurs organiques est plus écologique que le CCA, car elle ne contient ni chrome ni arsenic. De façon similaire au bois traité au CCA, le bois traité chimiquement avec des sels de cuivre et des pesticides doit être éliminé comme un déchet dangereux en incinérateur à déchets ou en incinérateur à bois usagé, et ses cendres ne peuvent pas être utilisées pour l'amendement des sols en raison de sa teneur en métaux lourds ou en dibenzo-p-dioxine polychlorée et en dibenzofuranes (PCDD/Fs).²⁰⁷

La créosote a une classification harmonisée avec la réglementation (CE) n°1272/20081 comme carcinogène de catégorie IB et contient des constituants considérés comme persistants, bioaccumulatifs et toxiques selon les critères de l'Annexe XIII de la réglementation (CE) n°1907/2006,3. Elle ne doit être utilisée que dans des applications où aucune autre alternative n'est disponible. Le bois traité à la créosote peut être traité thermiquement dans des usines de biomasse et n'entraîne pas de transfert de métaux lourds dans ses cendres ni de formation accrue de PCDD/Fs.

Dans les pays du sud de la Méditerranée, où les réglementations sur la gestion des déchets du bois sont faibles ou inexistantes, le bois traité chimiquement porte le risque d'être utilisé pour le chauffage ou même la cuisine et la cuisson du pain, d'où un risque accru de contamination par les métaux lourds et le PCDD/F.²⁰⁷



17. Le chrome dans le tannage du cuir

Origine, identité et utilisation

Le tannage est le procédé qui consiste à traiter des peaux animales pour produire un cuir qui sera plus durable et moins susceptible de se décomposer. Le principal composé du chrome utilisé pour le tannage du cuir est l'hydroxysulfate de chrome (III), $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$.

La principale alternative au tannage du cuir au chrome est l'utilisation de tannins végétaux. Cela peut prévenir des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine tout en favorisant l'emploi local et des opportunités économiques durables.

Avec le nouveau procédé de tannage végétal, qui utilise des résidus de l'industrie des olives, il est devenu possible de produire des cuirs présentant une bonne rétention de forme, mais aussi d'exceptionnels souplesse, brillant et durabilité. Les feuilles d'olivier, sous-produit de la production d'olives, sont utilisées comme ressource renouvelable pour l'extraction de tannins.

Profil de dangerosité et problèmes

Les sels de chrome (III) utilisés dans le tannage au chrome sont relativement peu toxiques. Toutefois, le chrome (III) est partiellement oxydé en chrome (VI) carcinogène²⁰⁸ et par conséquent une proportion considérable du cuir contient du chrome (VI). Dans une étude allemande sur 850 produits en cuir principalement importés, 50% dépassaient la limite réglementaire de l'époque pour le chrome (VI) de 3 mg/kg, et environ 17% contenaient du chrome (VI) à hauteur de plus de 10 mg/kg.

Le chrome, le nickel et le cobalt, constituent les causes les plus fréquentes d'allergies de contact et de dermatites dans la population.²⁰⁹ Alors que le chrome (VI) est l'allergène principal, le chrome (III) contribue également à la réaction allergique.²¹⁰ Les allergies au chrome du cuir ont significativement augmenté au Danemark entre 1995 et 2005.²¹¹ Les ouvriers de la région sud-méditerranéenne sont considérablement exposés au chrome du tannage du cuir, avec des effets négatifs sur la santé qui incluent rhinite, toux, expectoration, respiration sifflante, dyspnée, douleurs à la poitrine, bronchite chronique, asthme et maladies de peau.²¹²

Les produits libérés des tanneries entraînent la contamination environnementale de l'eau et de l'air, et des déchets, y compris dans la région sud-méditerranéenne. Le chrome est un important polluant, qui génère des déchets contaminés contenant des copeaux, des brisures, des ébarbures et des boues contenant du chrome, issues du traitement des eaux usées.

En outre, les déchets solides du tannage, riches en protéines et contenant du chrome, sont utilisés dans certains pays en voie de développement comme aliments pour les poulets et les poissons, d'où une importante contamination des poulets et des œufs par le chrome (VI).^{208, 213, 214}

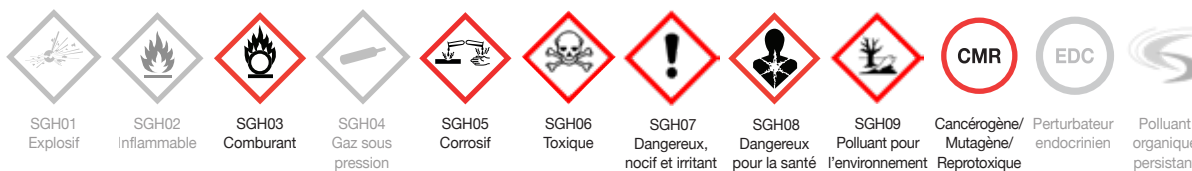
L'extraction minière du chrome a également un important impact environnemental et génère des résidus miniers.

PRODUIT	N° CAS/EC
Hydroxysulphate de chrome (III), $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$	CAS n° 12336-95-7; EC n° 235-595-8.
Chrome (VI)*	CAS n° 1333-82-0 EC n° 215-607-8

*Le chrome (VI) se forme comme sous-produit de l'oxydation du chrome (III) et n'est pas directement appliqué sur le produit

Tableau 20 Identité chimique des espèces de chrome utilisées et formées pendant le tannage au chrome

Profil de dangerosité



Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

Dans la réglementation européenne REACH, l'utilisation du chrome (VI) dans les produits du cuir est réglementée et, depuis 2015, les produits du cuir qui entrent en contact avec la peau sont interdits sur le marché européen si leur teneur en chrome (VI) est supérieure ou égale à 3,0 mg/kg de la masse sèche du cuir.

Dans les pays du sud de la Méditerranée, une première restriction pour le chrome (VI) à un maximum de 3 mg/kg²¹⁵ dans le cuir existe en Égypte (la même limite que dans l'UE).



Sélection d'alternatives au chrome dans le tannage du cuir

Identification et disponibilité

Les alternatives au tannage du chrome sont des produits de tannage organiques, dont des tannins végétaux, le glutaraldéhyde, l'oxazolidine, des sels de phosphonium, de la mélamine et des résines méthacryliques. Ces alternatives montrent différentes propriétés et capacités de réaction au collagène.²¹⁶

Le tannage naturel végétal est l'alternative préférentielle. Il utilise des tannins qu'on trouve naturellement dans l'écorce, le bois, les fruits et les feuilles de nombreuses plantes. Les tannins se lient à la protéine collagène dans la peau et la recouvre, ce qui la rend moins soluble dans l'eau, plus résistante aux attaques bactériennes et aussi un peu plus souple.

Dans la région méditerranéenne, les résidus de la production d'olives, en particulier les feuilles, sont une source abondante pour la production d'un nouveau type d'agent de tannage végétal naturel. Le procédé breveté de tannage à partir de feuilles d'olivier a été développé par wet-green GmbH²¹⁷ et ces dernières années, certaines tanneries en Europe ont commencé à utiliser cette technologie et à produire un cuir de bonne qualité, tanné à la feuille d'olivier. Compte tenu de la quantité de feuilles d'olivier générées comme résidus de la production d'olives dans la région méditerranéenne, on pourrait produire théoriquement jusqu'à 40% de la production mondiale de cuir – soit jusqu'à environ 700 million m² – par la technologie de tannage wet-green®.²¹⁷

Faisabilité technique

Du fait du procédé de tannage soigné et des tannins naturels, le cuir tanné aux tannins naturels développe généralement une belle et riche patine et, en fait, s'améliore avec le temps et l'utilisation. Il ne se craquelle pas et ne se dessèche pas, et donc il a une longue durée de vie, potentiellement supérieure à celle du cuir tanné au chrome.

Les cuirs ainsi obtenus peuvent atteindre des températures de rétractation de jusqu'à 80 – 85°C, ce qui leur donne une stabilité thermique qui convient à la fabrication, par exemple, d'articles en cuir, de certaines chaussures, etc. La température de rétractation du cuir au chrome est supérieure (environ 100°C), mais dans la plupart des cas, ce n'est pas nécessaire pour la poursuite de son traitement.

En fonction des caractéristiques classiques du tannage végétal, on ne peut réaliser qu'un spectre très limité de cuirs par le tannage végétal conventionnel. En particulier, il faut noter leur possibilité limitée de coloration et



leur souplesse plus faible que celle des cuirs tannés au chrome. Le tannage végétal est un procédé de tannage plus complexe que le tannage au chrome, ce qui entraîne des coûts de matériau pour le tannage, des consommations d'eau et des durées de procédés plus élevés.

Toutefois, l'extrait de feuilles d'olivier combine les avantages des agents de tannage réactifs synthétiques organiques (comme le glutaraldéhyde) qui donnent des liaisons chimiques stables (liaisons covalentes) avec ceux d'une origine organique, comme les autres agents de tannage végétaux. Cela provient des polyphénols végétaux présents qui, de plus, génèrent une meilleure séparation des fibres, un effet de comblement et un agréable toucher arrondi. En utilisant le procédé de tannage végétal avec des résidus d'olive, il est devenu possible de produire des cuirs présentant une bonne rétention de forme, mais aussi d'exceptionnelles propriétés de souplesse, éclat et durabilité. Le cuir tanné aux extraits de feuille d'olivier convient à des applications dans toutes sortes de domaines, comme les meubles dans les secteurs résidentiels, commerciaux/publics et automobiles, ainsi que pour les chaussures, bracelets de montre, vêtements et autres articles en cuir.

Comparé au tannage végétal conventionnel, le tannage aux extraits de feuilles d'olivier réduit significativement la consommation d'eau et la durée de traitement, plus ou moins comme le tannage au chrome.

Globalement, le procédé de tannage végétal incluant le tannage aux feuilles d'olivier nécessite des spécialistes plus qualifiés.

Faisabilité économique

On a besoin des agents de tannage végétaux de quantités très supérieures, et donc leurs coûts associés sont plus élevés. Le tannage végétal conventionnel est plus lent, et par conséquent plus cher que le tannage à base de chrome, qui prend moins d'une journée. En raison du procédé plus complexe, les coûts de travail du tannage végétal sont plus élevés. Cela signifie aussi que le tannage végétal peut fournir un travail décent, particulièrement utile dans des domaines à forts taux de chômage des jeunes. Le tannage aux feuilles d'olivier a une durée de traitement similaire au tannage au chrome, sans coût supplémentaire de ce point de vue.

D'autre part, les coûts de gestion des déchets du tannage végétal sont inférieurs si les coûts d'élimination des déchets sont convenablement gérés. Les eaux usées sont également moins polluées, d'où des économies au niveau des coûts en rapport.

Le cuir à tannage végétal, n'utilisant que des tannins naturels, n'a pas d'impact négatif sur la santé ni sur l'environnement si la demande biologique en oxygène (BOD) et la demande chimique en oxygène (COD) sont contrôlées. Le cuir peut être mieux recyclé ou composté. Par conséquent, les coûts sur la santé et l'environnement sont moins élevés.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Le tannage végétal n'est associé à aucun risque pour la santé et peut donner un cuir bon pour la peau. Dans le cas de wet-green®, les substances actives de tannage sont également présentes dans l'huile d'olive vierge extra. L'agent de tannage wet-green® OBE a montré de très bonnes performances en test dermatologique (Dermatest®). De plus, il a reçu le certificat Cradle to Cradle® GOLD et le certificat PLATINUM Material Health (Cradle to Cradle Products Innovation Institute, San Francisco, CA/USA).

En pratique, de grandes quantités de feuilles d'olivier deviennent des résidus de la récolte des olives et, en particulier, de la taille des oliviers qui vient ensuite (élagage) : ce sont des flux secondaires, sans valeur ajoutée dans les pays d'origine. La majorité de ces feuilles sont éliminées ou brûlées, ce qui entraîne des impacts environnementaux négatifs. Par conséquent, l'agent de tannage des feuilles d'olivier a une source durable. Pour la production de l'agent de tannage de feuilles d'olivier wet-green®, un procédé aqueux efficace d'extraction a été développé sans aucun solvant organique. Le produit n'est pas soumis à une réglementation selon les Directives UE ou l'Ordonnance allemande sur les Substances Dangereuses (GefStoffV). Les résidus d'extraction solides des feuilles sont utilisés par des fermiers locaux comme amendement pour les sols.



PESTICIDES



18. Pesticides de synthèse utilisés en agriculture

Origine, identité et utilisation

Des centaines d'ingrédients actifs de pesticides chimiques synthétiques (ci-après appelés pesticides) sont utilisés aujourd'hui dans les pratiques agricoles. L'exposition aux pesticides entraîne des risques pour la santé des ouvriers comme des consommateurs, tout en polluant l'environnement. Du point de vue du principe de précaution, il y a besoin de réduire l'exposition aux pesticides conformément à la Directive 2009/128/EC²¹⁸. Le terme pesticide couvre une large gamme de substances incluant insecticides, fongicides, herbicides, rodenticides, molluscicides, nématicides, régulateurs de la croissance végétale, etc. Parmi eux, plusieurs insecticides organochlorés, ont été interdits ou limités pour l'agriculture après les années 1960 dans la plupart des pays technologiquement avancés. L'introduction d'autres pesticides de synthèse, y compris des insecticides organophosphorés, dans les années 1960, des carbamates dans les années 1970s, des pyréthroïdes dans les années 1980 et divers groupes d'herbicides et fongicides dans les années 1970-1980, a contribué à améliorer le contrôle des nuisibles et à augmenter les rendements agricoles. L'agriculture est le plus grand consommateur de pesticides (environ 85% de la production mondiale).

Profil de dangerosité et problèmes

Les pesticides constituent de graves menaces à la qualité environnementale et à la santé humaine. L'exposition aux pesticides a été liée à une série de maladies, dont le cancer, les maladies d'Alzheimer et de Parkinson, les perturbations endocriniennes, les troubles du développement et la stérilité.²¹⁹ Les pesticides peuvent aussi provoquer de



nombreux effets sur la santé neurologique, comme des pertes de mémoire, des pertes de coordination, une réduction de la capacité visuelle et une réduction des capacités motrices. D'autres effets possibles incluent l'asthme, les allergies et l'hypersensibilité.²¹⁹

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a estimé que près de 3 millions d'agriculteurs souffrent d'empoisonnement aigu aux pesticides. L'ingestion évitable de pesticides a été estimée à 186.000 décès et 4.420.000 espérances de vie corrigées de l'incapacité (DALYs) en 2002 ; toutefois, ce sont principalement des auto-empoisonnements intentionnels.²²⁰ Le coût des effets négatifs sur la santé endocrine en raison de l'exposition aux pesticides en Europe est estimé à 120 milliards d'EURO/an.²²¹

En outre, les pesticides atteignent l'environnement et des organismes non-cibles y sont exposés,²²² y compris les insectes pollinisateurs et les écosystèmes aquatiques pendant et après leur application sur les grandes cultures. Par conséquent, du point de vue du principe de précaution, les pesticides de synthèse problématiques doivent être remplacés là où c'est possible par des alternatives moins toxiques et plus durables, en commençant par la suppression des pesticides particulièrement dangereux (HHPs)^{223, 224} sur la base, par exemple, de la classification des pesticides par l'OMS par niveau de dangerosité.²²⁵

Profil de dangerosité

* La classification concerne certains pesticides hautement dangereux





L'utilisation de pesticides synthétiques a fortement augmenté dans la région méditerranéenne ces vingt dernières années, menaçant la qualité de la nappe phréatique et des eaux de surface.²²⁶ Les ruissellements agricoles dans les rivières sont la source la plus importante de contamination aux pesticides en Méditerranée. D'ici 2025, on s'attend à ce que les pays des rives méridionales et orientales du bassin méditerranéen multiplient par cinq leurs activités agricoles pour l'alimentation. Par conséquent, ces pays seront les plus vulnérables à l'augmentation de la pollution et à la pression environnementale causée par le développement.²²⁷ Les pesticides sont une des classes les plus fréquemment détectées de micropolluants dans l'eau, en particulier dans des pays méditerranéens comme l'Espagne et l'Italie, en raison de leur vaste usage dans des domaines extensifs de l'utilisation agricole.²²⁶

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

La Directive 2009/128/EC a pour but de réaliser une utilisation durable des pesticides dans l'UE et de réduire les risques et les impacts de l'utilisation de pesticides synthétiques sur la santé humaine et l'environnement en favorisant la lutte intégrée contre les ravageurs (IPM) et des approches alternatives, comme le contrôle mécanique

des nuisibles alternatif aux pesticides. Toutefois, l'utilisation des pesticides n'a pas diminué dans l'UE depuis 2009.²²⁸ En 2013, environ 300.000 tonnes d'ingrédients actifs de pesticides ont été utilisés en Europe²²⁹ et environ 500 substances actives ont été autorisées pour l'UE en vue d'application sur diverses récoltes.²³⁰

Les réglementations européennes ne se concentrent pas seulement sur les pesticides synthétiques, mais couvrent aussi la chaîne logistique de l'agriculture bio – de la production au contrôle en passant par l'étiquetage. L'UE a développé un plan d'action pour l'avenir de la production bio dans l'Union Européenne.²³¹

Le sud de la Méditerranée connaît de faibles restrictions sur les pesticides synthétiques dangereux. Par exemple, au cours d'une brève étude en Tunisie, nous avons identifié 29 substances actives très toxiques actuellement utilisées dans l'agriculture. 16 d'entre elles sont interdites en Europe et 23 figurent sur la liste des pesticides particulièrement dangereux du *Pesticide Action Network* (PAN)²²⁴, ce qui révèle le besoin d'une meilleure évaluation et d'une meilleure substitution.

Le Plan d'Action Régional sur la Consommation et la Production Durables en Méditerranée inclut l'IPM et l'agriculture bio et met en lumière que des incitations doivent être fournies en faveur de ces bonnes pratiques environnementales.²³²

Sélection d'alternatives aux pesticides de synthèse utilisés en agriculture

Identification et disponibilité

A) *Lutte intégrée contre les ravageurs (IPM)*²³³ : L'IPM est une stratégie basée sur les écosystèmes qui se concentre sur la prévention à long terme des nuisibles ou de leurs dommages par une combinaison de techniques, comme le contrôle biologique, la manipulation de l'habitat, la modification des pratiques de rotation des cultures et l'utilisation de variétés résistantes. Les pesticides ne sont utilisés qu'après qu'un contrôle ait été effectué qu'on en a besoin selon les directives établies et les traitements sont

effectués avec pour but de n'éliminer que les organismes ciblés. Les outils de contrôle des nuisibles sont choisis et appliqués d'une manière qui minimise les risques à la santé humaine, aux organismes bénéfiques et non-cibles et à l'environnement.²³³ L'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO) a compilé des étapes typiques pour l'IPM²³⁴ et des informations supplémentaires sont fournies dans la stratégie d'utilisation durable des pesticides de l'UE.²³⁵

B) *Agriculture bio* : L'agriculture bio incarne une approche écologique de l'agriculture qui ne repose pas ou ne permet pas les pesticides toxiques, les engrais chimiques, les organismes génétiquement modifiés ou les antibiotiques.^{236, 237} La FAO a publié des opportunités de développement durable pour l'agriculture bio en Afrique.²³⁸

C) *Approches biologiques alternatives aux pesticides synthétiques* : Une large gamme d'alternatives biologiques est disponible en vue d'utilisation en lieu et place de pesticides chimiques et de soutien à l'IPM et à l'agriculture bio.



Les biopesticides sont constitués de substances naturelles qui contrôlent les nuisibles par des mécanismes plus doux, développés par l'évolution, d'une manière écologique. Les alternatives qui peuvent être explorées dans la région méditerranéenne incluent les ennemis naturels, les produits phytochimiques, les microbes, les phéromones naturelles, les champignons entomopathogènes, les agents biochimiques, les virus (pour une sélection, cf. Tableau 21). PAN a compilé des informations sur la gestion non-chimique des nuisibles dans les tropiques sur une plateforme d'information en ligne (<http://www.oisat.org/controlmap.htm>).

Une première évaluation de la disponibilité des biopesticides en Tunisie a établi qu'il n'y a sur le marché que 5 insecticides, 8 fongicides, 2 nématicides et 3 phéromones ou appétants, contre environ 240 pesticides synthétiques.

Faisabilité technique et économique

En dépit de leur faible toxicité et de leur faible impact environnemental, les biopesticides sont confrontés à un obstacle majeur dans leur développement : leur coût élevé. Ils peuvent nécessiter des réapplications plus fréquentes, en raison de leur plus faible persistance (durée de vie plus courte). Il peut falloir utiliser différents biopesticides pour différents nuisibles en raison de leur spécificité.

Un aperçu systématique de plus de 100 études comparant agriculture bio et conventionnelle a établi que les rendements de l'agriculture bio sont supérieurs à ce qu'on a cru auparavant. L'étude, menée par des chercheurs de l'UC Berkeley, a également trouvé que certaines pratiques pouvaient encore réduire l'écart de productivité entre agricultures bio et conventionnelles.

Le prix des produits bio est plus cher que celui des produits conventionnels et peut compenser le coût de production un peu plus élevé. Compte tenu des implications sur la santé et du coût externe élevé de l'usage des pesticides,^{221, 239, 240} l'IPM et l'agriculture bio ont habituellement des coûts moins élevés sur un cycle de vie.

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

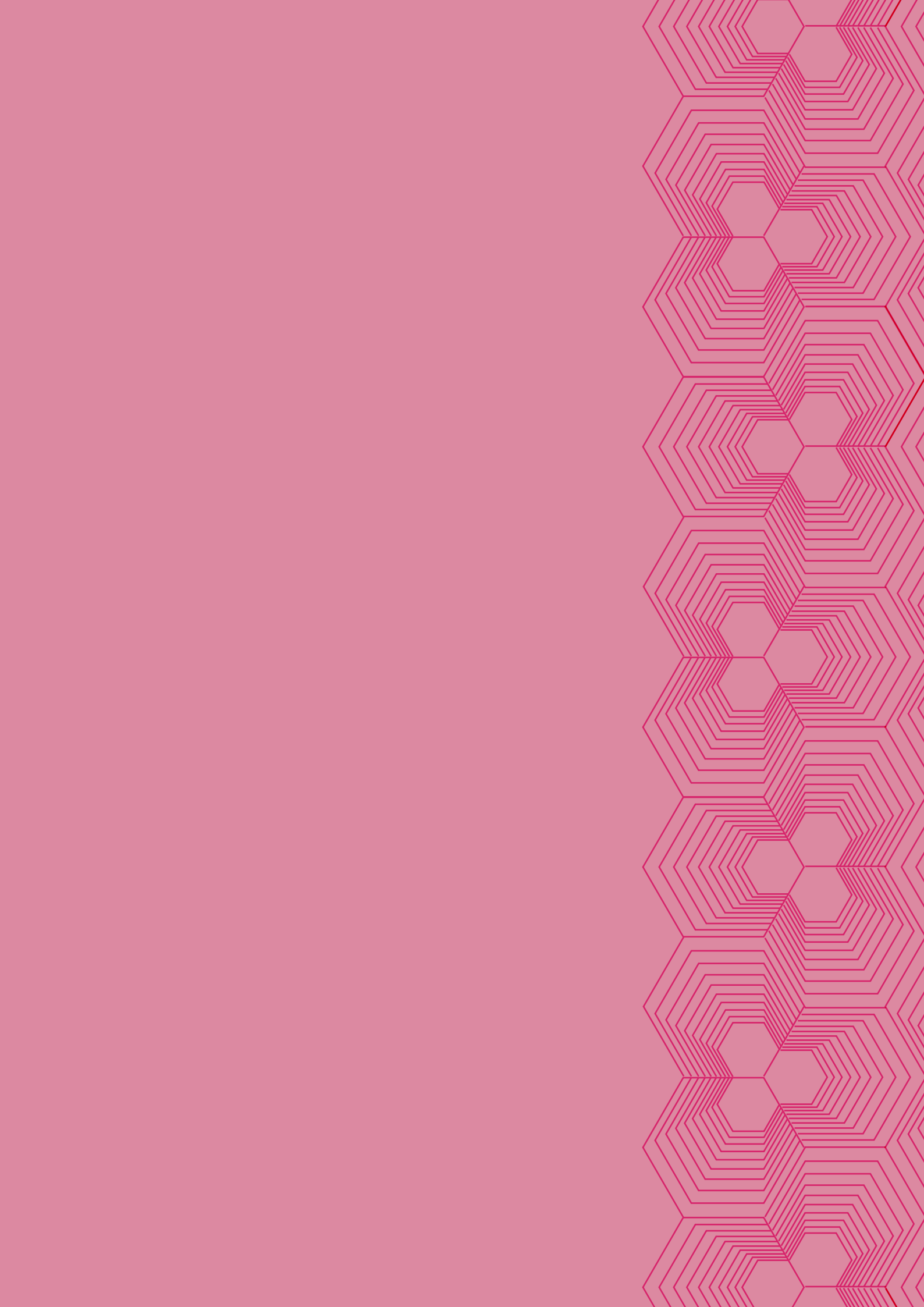
Les risques et dangers toxicologiques sont habituellement réduits ou minimisés par l'IPM et l'agriculture bio, comparés à l'utilisation de pesticides synthétiques. L'IPM et l'agriculture bio peuvent contribuer à assurer l'autosuffisance et la sécurité alimentaires et à réduire la pauvreté.²¹⁹ En outre, l'agriculture bio améliore la santé des sols.^{236, 241} L'IPM et l'agriculture bio évitent la contamination de la nappe phréatique et de l'eau potable par les pesticides.

Toutefois, les pratiques de l'agriculture bio peuvent utiliser des pesticides à base de métaux toxiques (cuivre) et des produits chimiques toxiques naturels (par exemple en utilisant de la nicotine d'origine naturelle au lieu de néonicotinoïdes synthétiques). Dans ce contexte, il est important de chercher la plus faible toxicité possible dans le choix de pesticides naturels ou bio. En outre, quand on compare les pratiques de l'agriculture bio utilisant des pesticides synthétiques avec des pratiques agricoles alternatives, on voit souvent que la charge peut passer de la toxicité et de l'impact de l'écotoxicité résultant de l'exposition à des pesticides synthétiques à une augmentation des exigences d'utilisation des sols dans les pratiques d'agriculture alternative. D'autre part, l'agriculture bio et l'IPM sont habituellement des options plus durables que l'utilisation de pesticides synthétiques, principalement parce que la réduction de l'utilisation des pesticides et l'utilisation de produits chimiques d'origine naturelle réduit fortement les impacts liés à la fabrication et à la synthèse de pesticides synthétiques chimiquement complexe et évite des stocks toxiques en fin de vie, y compris d'emballages.^{242, 243}

Tableau 21 Certains substituts biologiques aux pesticides synthétiques

Alternatives aux pesticides synthétiques	Type	Activité
Insecticides		
Extrait d'ortie	Produit phytochimique	Engrais, répulsif
Essential oil (Cinnamaldehyde)	Produit phytochimique	Répulsif, fongicide, insecticide
<i>Paecilomyces fumosoroseus</i>	Microbe	Champignon entomopathogène contre les mites et les aleurodes
(Z,Z,E)-7,11,13-hexadécatriénel	Phéromone	Phéromone de mineuse des feuilles
Huile essentielle (limonène)	Produit phytochimique	Répulsif, fongicide, insecticide
<i>Beauveria bassiana</i>	Champignon entomopathogénique	Répulsif contre de nombreux insectes
<i>Chrysoperla carnea</i>	Ennemi naturel	Les larves sont des prédateurs actifs des pucerons et d'autres petits insectes

<i>Dacnusa</i>	Ennemi naturel	Guêpe parasite utilisée dans le contrôle des mineuses de feuilles
<i>Diglyphus</i>	Ennemi naturel	Guêpe parasite utilisée dans le contrôle des mineuses de feuilles
<i>Hypoaspis</i>	Ennemi naturel	Mite prédatrice des thrips
S-kinoprène	Produit biochimique agent	Analogue d'hormone d'insectes juvéniles
Extrait d'ail	Produit phytochimique	Répulsif
Capsicine oléorésineuse	Produit phytochimique	Perturbation métabolique, dommages membranaires, dysfonctionnement du système nerveux, répulsif
Huiles essentielles (menthe, romarin, thym, girofle)	Produit phytochimique	Répulsif et toxique
Huile de <i>Tagetes erecta</i>	Produit phytochimique	Répulsif
<i>Neozygites floridana</i>	Ennemi naturel	Mite ennemie de <i>tetranychus urticae</i>
Octanoate de sorbitol	Produit biochimique	Mites et insectes à corps mou (dessiccation par perte des fluides corporels)
Octanoates de sucrose	Produit biochimique	Mites et insectes à corps mou (dessiccation par perte des fluides corporels)
<i>Phytoseiulus</i>	Ennemi naturel	Mite prédatrice des tétranyques à deux points
<i>Lecanicillium longisporum</i>	Ennemi naturel	Champignon entomopathogène des pucerons
<i>Neozygites fresenii</i>	Ennemi naturel	Champignon entomopathogène d'aphis gossypii
<i>Aphidius</i>	Ennemi naturel	Guêpe parasite des pucerons
<i>Aphidoletes</i>	Ennemi naturel	Prédateur des pucerons
Virus <i>Codling Moth Granulosis</i>	Virus	Pyrale
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Ennemi naturel	Champignon entomopathogène de nombreux insectes (thrips)
<i>Rodolia cardinalis</i>	Ennemi naturel	Coccinelle prédatrice d' <i>Icerya purchasi</i>
<i>Encarsia formosa</i>	Ennemi naturel	Guêpe parasitoïde des aleurodes
<i>Amblyseius</i>	Ennemi naturel	Mite prédateur des thrips
<i>Macrolophus pygmaeus</i>	Ennemi naturel	Punaise prédatrice des aleurodes
Saponines de <i>Chenopodium ambrosioides</i>	Produit phytochimique	Insecticide
<i>Spodoptera littoralis</i> nucleopolyhedrovirus	Virus	<i>Spodoptera littoralis</i>
<i>Heterorhabditis</i>	Ennemi naturel	Nématode entomopathogène
<i>Nosema locustae</i>	Ennemi naturel	Microsporidium fungi
Phosphore d'aluminium	Produit biochimique	Fumigant
Fongicides		
Composant d'huile essentielle : Cinnamaldéhyde	Produit phytochimique	Induit une résistance systémique acquise chez les plantes
Extrait d'ortie	Produit phytochimique	Engrais, répulsif
Souches de bacilles	Ennemi naturel	Antagoniste des champignons
Mandestrobine	Produit biochimique	(Amide, Strobin) inhibe la respiration mitochondriale chez les champignons
Herbicides		
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Poannua</i>	Produit microbien	Contre <i>Poa annua</i>
Huile essentielle : D-limonène (d'écorce de citron)	Produit phytochimique	Herbicide "Knock-down"
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Produit microbien	Inhibe la croissance et la germination d'un certain nombre de mauvaises herbes
Nématicides		
Marc (lie d'huile d'olive)	Produit phytochimique	Engrais
Extrait de <i>Tagetes erecta</i>	Produit phytochimique	Répulsif
Huile essentielle (cinnamaldéhyde)	Produit phytochimique	Fumigant nématicide
Extrait d'ail	Produit phytochimique	Nématicide
Compost éthéré de compost	Produit phytochimique	Nématicide
Rodenticides		
Huile de castor	Produit phytochimique	Déshydratant naturel
Cellulose d'épis de maïs en poudre	Produit phytochimique	Provoque une déshydratation aiguë léthale
Glycosides de jacinthe de mer	Produit phytochimique	Produits botaniques contenant un glycoside cardiaque qui provoque une intoxication et un œdème pulmonaire
Régulateurs de la croissance végétale		
Souches de bacilles	Produit microbien	Favorise la croissance des plantes
Cytokinine	Produit phytochimique	Favorise la croissance des plantes
Cis-zéatine	Produit phytochimique	Régulateur phytohormonal





SOLVENTS



19. Perchloréthylène dans le nettoyage à sec

Origine, identité et utilisation

Le **tétrachloroéthylène** – plus connu sous le nom de perchloréthylène ou PCE – est un solvant utilisé pour le nettoyage à sec des vêtements et a été le solvant de choix des professionnels du nettoyage. Un mauvais usage, un mauvais stockage et une mauvaise élimination du perchloréthylène ont entraîné une vaste contamination de la nappe phréatique et des sols sur les sites de nettoyage à sec. L'exposition au perchloréthylène est associée à divers effets négatifs sur la santé humaine, en particulier pour les ouvriers du nettoyage à sec.

Les systèmes alternatifs de nettoyage à sec actuellement utilisés incluent le dioxyde de carbone liquide (LCO_2), le nettoyage par voie humide et des systèmes à base de solvants hydrocarbures. Le nettoyage des textiles à LCO_2 est le plus efficace en termes de services et d'élimination des déchets. Les coûts des solvants et détergents sont comparables à ceux du perchloréthylène.^{244, 245, 256}

Le **perchloréthylène** (PCE ou tétrachloroéthylène) et un hydrocarbure perchloré, un liquide incolore largement utilisé pour le nettoyage à sec des tissus. Il a une odeur sucrée détectable par la plupart des gens à une concentration de 1 partie par million (1 ppm). Le perchloréthylène est utilisé depuis les années 1930, devenant le solvant de référence du nettoyage à sec à cause de son efficacité, de sa facilité d'utilisation et son coût relativement bas. Il est thermiquement stable et recyclable. Il est plus efficace sur les taches à base d'huile (ce qui représente environ 10% des taches) que sur les taches hydrosolubles, plus courantes (café, vin, sang, etc.),²⁴⁶ et peut provoquer des délavages/



décolorations, en particulier à relativement hautes températures. Il peut endommager des ornements spéciaux, boutons et perles sur certains vêtements.²⁴⁴

Profil de dangerosité et problèmes

Les effets de l'exposition chronique au perchloréthylène incluent vertiges, perturbations du jugement et de la perception, dommages au foie et aux reins, maladies respiratoires²⁴⁷ et effets sur les systèmes immunitaires et hématologiques.²⁴⁸ Une étude sur les ouvriers du nettoyage à sec ont également trouvé une association entre l'exposition au perchloréthylène et l'insuffisance rénale terminale avec hypertension²⁴⁹ et certains cancers.^{247, 250} D'autres risques incluent neurotoxicité, toxicité reproductive et développementale.²⁴⁸ Certaines études suggèrent que des surexpositions fréquentes au perchloréthylène, au fil des mois ou des années, peut provoquer des effets durables, et éventuellement

PRODUIT	N° CAS/EC
Tétrachloréthène, tétrachloréthylène, perchloroéthène, PCE, Per, 1,1,2,2-tétrachloroéthylène, tétrachlorure d'éthylène	CAS n° 127-18-4 EC n° 204-825-9

Tableau 22 Identité chimique du perchloréthylène

Profil de dangerosité





permanents, au système nerveux central. Fatigue, perte de coordination musculaire, perte de concentration, perte de la mémoire à court terme, modifications de la personnalité, anxiété et irritabilité sont quelques-uns des possibles effets permanents à long-terme.²⁵¹

La voie d'exposition la plus importante pour le perchloréthylène est l'inhalation, bien qu'une exposition puisse aussi survenir oralement, par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés.²⁴⁷ Le perchloréthylène inhalé par une femme enceinte peut atteindre le fœtus en cours de développement, et on en a trouvé dans le lait maternel de mères exposées au produit chimique.²⁴⁷ Le public est exposé au perchloréthylène par suite de contamination environnementale et de l'alimentation, et potentiellement aussi par la présence de perchloréthylène résiduel dans les vêtements lavés à sec et d'autres produits de grande consommation.²⁴⁴ Le perchloréthylène libéré par les opérations de nettoyage à sec a contaminé des milliers de sites. Sa dégradation dans la nappe phréatique peut prendre des décennies, voire des siècles. Le perchloréthylène peut aussi provoquer l'intrusion de vapeurs dans les bâtiments.^{247, 252} En conséquence, on peut facilement trouver du perchloréthylène dans l'environnement, dans l'eau, les sols, l'air et les sédiments.²⁵³

Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

L'utilisation de perchloréthylène dans le lavage à sec est réglementé par la *European Solvents Emissions Directive* et par la réglementation REACH. La majorité des pays de l'UE ont mis en œuvre des exigences réglementaires strictes pour le bon usage du perchloréthylène dans le nettoyage à sec. Les mesures mises en œuvre au Danemark sont souvent considérées comme une interdiction du perchloréthylène.²⁵⁴ Les réglementations nationales strictes en Europe imposent l'utilisation du perchloréthylène dans des installations fermées, avec un équipement moderne et un personnel bien formé pour atteindre de faibles limites d'émission.²⁵⁴

Aux USA, suivant l'EPA, les machines de nettoyage à sec situées en zone résidentielle (ex. dans des bâtiments hébergeant des résidents) seront supprimés d'ici 2020. En Europe, cette interdiction affecte un nombre de boutiques de nettoyage à sec relativement faible, et seulement dans quelques grandes villes.²⁵⁴ En Égypte, on a trouvé des niveaux élevés de perchloréthylène dans l'air, supérieurs à 100 ppm, dans les installations de nettoyage à sec, ce qui indique un faible contrôle sur ces établissements.²⁵⁵

Sélection d'alternatives au perchloréthylène dans le nettoyage à sec

Identification, disponibilité et faisabilité technique

Les systèmes alternatifs au nettoyage à sec actuellement sur le marché incluent le dioxyde de carbone et le nettoyage par voie humide. Les procédés de nettoyage par voie humide reposent sur de l'eau, un détergent, des additifs ou des dégraissants pour nettoyer le vêtement. Les procédés utilisent parfois des équipements spécialisés conçus pour minimiser la température et l'agitation ou pour créer un fin brouillard afin de transporter les détergents à base d'eau aux matières qu'il faut nettoyer.

Le nettoyage professionnel par voie humide est un procédé à base d'eau qui utilise des appareils de lavage et de séchage contrôlés par ordinateur avec des détergents biodégradables et un équipement de finition spécialisé pour traiter des vêtements délicats qui, sinon, seraient nettoyés à sec. Bien que cette alternative ne soit pas nouvelle, la technologie a évolué ces 5 à 10 dernières années, ce qui a amélioré significativement ses performances.²⁴⁴ Le dioxyde de carbone, liquide (LCO₂) ou supercritique, peut être utilisé avec un équipement spécialisé pour nettoyer les vêtements.^{244, 256} Le nettoyage au LCO₂ combine le dioxyde de carbone liquide avec des agents nettoyants spécialement formulés dans une machine traditionnelle de type panier, sous haute pression (4825 kPa).²⁴⁴ Les systèmes à base de solvants hydrocarbures sont une alternative au perchloréthylène largement utilisée. Les hydrocarbures à haut point éclair sont une classe de solvants de nettoyage à sec combustibles, à faible odeur, à base de pétrole, avec un point éclair supérieur à 60°C.²⁴⁴



Faisabilité économique

Une analyse de coûts a conclu les points suivants :²⁵⁶

- ▶ Le nettoyage des textiles par LCO₂ est le plus efficace en termes de services et d'élimination des déchets ;
- ▶ Les coûts du LCO₂ et des détergents sont comparables à ceux du perchloréthylène ;
- ▶ Les coûts de main d'œuvre du nettoyage des textiles au LCO₂ sont comparables à ceux du nettoyage à sec au perchloréthylène ;
- ▶ Les coûts liés à l'investissement par an pour le nettoyage des textiles par LCO₂ sont plus élevés, mais égaux par kg de vêtement nettoyé en raison de la plus grande capacité annuelle des machines de nettoyage des textiles par LCO₂ (2 cycles par heure) comparés au nettoyage à sec au perchloréthylène (2 cycles en 1,5 heure). Ces valeurs ont été confirmées dans la pratique professionnelle. Les coûts globaux du nettoyage des textiles par LCO₂ étaient inférieurs de 20% à ceux du nettoyage à sec au perchloréthylène. C'était principalement dû à la durée de rotation plus courte du nettoyage des textiles par LCO₂. Le nettoyage des textiles par LCO₂ se combine au mieux avec le nettoyage par voie humide pour couvrir tout le spectre de vêtements souillés et autres textiles (rideaux, draps, etc.). Le coût de la machine à LCO₂ est de 90.000 USD plus cher que celui de la machine à perchloréthylène. Le coût d'investissement plus élevé de cette alternative a limité son adoption.^{244,245}

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Les diverses alternatives diffèrent essentiellement en termes de caractéristiques environnementales et de santé humaine. Globalement, les solvants alternatifs évalués présentent moins de persistances, d'impact sur la santé humaine, de risque de bioaccumulation et de toxicité aquatique que le perchloréthylène. Les alternatives présentent des caractéristiques préférables en termes de santé humaine par rapport au perchloréthylène.^{244,245} Un problème majeur de beaucoup de solvants alternatifs est leur inflammabilité : les solvants hydrocarbures sont des liquides combustibles de classe IIIA ou IIIB, et nécessitent donc un équipement spécialisé de protection contre l'incendie ou les explosions.^{244,245} Le nettoyage par voie humide et le dioxyde de carbone n'ont pas de problème d'inflammabilité.

20. Perchloréthylène dans le nettoyage des métaux

Origine, identité et utilisation

Le perchloréthylène, également appelé PCE ou tétrachloréthylène, est utilisé dans le nettoyage des métaux et dégraissage à la vapeur.^{257, 258} L'exposition au perchloréthylène sur le lieu de travail est associée à divers effets négatifs sur la santé humaine. Un mauvais usage, un mauvais stockage et une mauvaise élimination du perchloréthylène ont entraîné une vaste contamination de la nappe phréatique et des sols.

Les alternatives sont les technologies du nettoyage aqueux et de la projection de glace carbonique : elles ont prouvé leurs performances, avec de faibles impacts environnementaux et sur la santé.

Le perchloréthylène est utilisé comme agent dégraissant sous forme de vapeur et de liquide. Il dissout de nombreux composés organiques (y compris les poix et les cires) et minéraux, et peut s'utiliser pour nettoyer des pièces métalliques. Le perchloréthylène, avec le trichloréthylène, peut être utilisé sous forme de vapeur, de liquide bouillant ou pour le nettoyage aux ultrasons de pièces métalliques dans l'industrie. En raison de son point d'ébullition élevé, le perchloréthylène est efficace pour éliminer des dépôts persistants.

Profil de dangerosité et problèmes

Les effets de l'exposition chronique au perchloréthylène incluent vertiges, perturbations du jugement et de la perception, dommages au foie et aux reins, maladies respiratoires, et effets sur les systèmes immunitaire et hématologique.²⁵⁹ Une étude sur les ouvriers du nettoyage à sec a également montré une association entre l'exposition au perchloréthylène et l'insuffisance rénale terminale avec hypertension²⁶⁰ et

certains cancers.^{259, 260, 261, 262} D'autres risques incluent la neurotoxicité ainsi que la toxicité reproductive et développementale.²⁶⁰ La voie d'exposition la plus importante pour le perchloréthylène est l'inhalation, bien qu'une exposition puisse aussi survenir oralement, par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés.²⁵⁹ Le perchloréthylène inhalé par une femme enceinte peut atteindre le fœtus en cours de développement. Il a également été détecté dans le lait maternel de mères exposées au produit chimique.²⁵⁹ Le perchloréthylène libéré par les opérations de nettoyage à sec a contaminé des milliers de sites. Sa dégradation dans la nappe phréatique peut prendre des décennies, voire des siècles, incluant la formation de chlorure de vinyle. Le perchloréthylène peut aussi provoquer l'intrusion de vapeurs dans les bâtiments.^{259, 260, 261, 262, 263}

Certaines études suggèrent que des surexpositions fréquentes au perchloréthylène, au fil des mois ou des années, peut provoquer des effets durables, et éventuellement permanents, au système nerveux central. Fatigue, perte de coordination musculaire, perte de concentration, perte de la mémoire à court terme, modifications de la personnalité, anxiété et irritabilité sont quelques-uns des possibles effets permanents à long-terme.²⁶³

Le niveau d'exposition moyen chez les ouvriers du dégraissage du métal et des plastiques aux USA sur la période 1944–2001 était de 95 ppm.²⁶⁴ Dans ces industries, les niveaux d'exposition ont diminué de deux ordres de grandeur sur une période de 60 ans aux USA.^{257, 265}

PRODUIT	N° CAS/EC
Tétrachloréthène, tétrachloréthylène, perchloroéthène, PCE, Per, 1,1,2-tétrachloroéthylène, tétrachlorure d'éthylène	CAS n° 127-18-4 EC n° 204-825-9

Tableau 23 Identité chimique du perchloréthylène

Profil de dangerosité



Statut dans la région méditerranéenne et à l'international

L'utilisation de perchloréthylène dans le nettoyage du métal est réglementée par la *European Solvents Emissions Directive* et par la réglementation REACH.

Dans l'UE, le perchloréthylène a été évalué suivant le 2013 *Community Rolling Action Plan* (CoRAP), qui a conclu qu'une action réglementaire supplémentaire n'était nécessaire.^{265, 266}

Le perchloréthylène est sur la liste canadienne des substances toxiques (CEPA 1999 Schedule 1)^{267, 268} et est également réglementée pour utilisation et commercialisation comme solvant dégraissant aux termes de la réglementation sur les solvants dégraissants (SOR/2003-283) (Canada Gazette, Part II, 13 août 2003). L'objet de cette réglementation est de réduire

les dégagements de perchloréthylène dans l'environnement depuis des installations de dégraissage par solvant utilisant plus de 1.000 kg de perchloréthylène par an. La réglementation inclut une intervention du marché établissant des droits négociables d'utilisation du perchloréthylène dans les interventions de dégraissage par solvant dépassant le seuil de 1.000 kg par an.

Aux USA, au niveau fédéral, le perchloréthylène figure dans le *Toxics Substances Control Act* (TSCA) et le *Clean Air Act* (CAA).²⁶⁹

Dans la région sud-méditerranéenne, on n'a trouvé aucune réglementation spécifique au perchloréthylène. En Égypte, on a trouvé des niveaux élevés de perchloréthylène dans l'air, supérieurs à 100 ppm, dans les installations de nettoyage à sec, ce qui indique un faible contrôle.²⁷⁰

Sélection d'alternatives au perchloréthylène dans le nettoyage des métaux

Identification, disponibilité et faisabilité technique

Une récente étude de cas de l'ECHA a compilé des alternatives chimiques et non-chimiques au perchloréthylène.²⁷¹ Les solvants de dégraissage alternatifs incluent le chlorure de méthylène, le trichloréthylène (TCE), le bromure de n-propyle, les hydrofluorocarbures (HFC) et les hydrofluoroéthers.

Comme technologies alternatives «non-chimiques», il a été pris en compte les technologies de nettoyage aqueux, la projection de glace carbonique et le plasma.

D'un point de vue technique, les technologies de nettoyage aqueux et de projection de glace carbonique sont éprouvées. Pour le dégraissage par plasma, on dispose de moins d'informations fiables.²⁷¹

Considérations de dangers, de risques et sur le cycle de vie

Toutes les solutions de solvants alternatifs sont soit carcinogènes, soit mutagènes, soit toxiques pour la reproduction (CMR), soit potentiellement des substances dangereuses pour la couche d'ozone (ODS) soit des gaz à effet de serre (GHG).²⁷¹ Toutes les solutions de solvants alternatifs sont soit carcinogènes, soit mutagènes, soit toxiques pour la reproduction (CMR), soit potentiellement des substances dangereuses pour la couche d'ozone (ODS) soit des gaz à effet de serre (GHG) (Tableau 24).²⁷¹

La projection de glace carbonique utilise et émet du CO₂, qui est un GHG qu'il faut prendre en compte dans les coûts sur le cycle de vie.

Faisabilité économique

Les coûts d'installation des alternatives non-chimiques sont d'environ :²⁷¹

- 80.000 euros pour les technologies de nettoyage aqueux ;
- 85.000 euros pour les technologies de projection de glace carbonique ;
- 150.000 euros pour les technologies de nettoyage par plasma.

L'étude de l'ECHA, après prise en compte des coûts et des performances, a choisi la technologie aqueuse comme alternative préférentielle.²⁷¹

ALTERNATIVE CHIMIQUE	N° CAS/EC
Trichloréthylène	CAS n° 79-01-6
Chlorure de méthylène	CAS n° 75-09-2
Bromure de n-propyle	CAS n° 106-94-5
Hydrofluorocarbures (HFC)	Divers
Hydrofluoroéther	Divers

Tableau 24 Alternatives au perchloréthylène dans le nettoyage des métaux²⁷¹

- ¹ World Wildlife Fund. Tackling Threats That Impact the Earth – Pollution. Toxic Chemicals (<https://www.worldwildlife.org/threats/pollution>)
- ² Facts and figures of the European Chemical industry 2017 – CEFIC – European Chemical Industry Council
- ³ Measuring progress towards a more sustainable Europe – Sustainable development indicators for the EU – 2005 Edition. European Commission – Eurostat - Products Statistical Books
- ⁴ ODDs - Cible 4 de l'objectif 12 de "Responsible consumption and production"
- ⁵ ODDs - Cible 1 de l'objectif 14 de "Life below water"
- ⁶ ODDs - Cible 9 de l'objectif 3 de "Good health and well-being"
Sustainable Chemistry and Pharmacy 1, 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.scp.2015.08.001>
- ⁷ Reference to the related EAP report (http://ec.europa.eu/environment/chemicals/non-toxic/index_en.htm)
- ⁸ Fantke P, Weber R, Scheringer M (2015) From incremental to fundamental substitution in chemical alternatives assessment. <http://doi.org/10.1016/j.scp.2015.08.001>
- ⁹ Substitution, including grouping of chemicals & measures to support substitution- Written by Marco Camboni (Risk & Policy Analysts) August 2017 EUROPEAN COMMISSION
- ¹⁰ OECD (2018) Toward a new comprehensive global database of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): Summary report on updating the OECD 2007 list of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs). Series on Risk Management, No. 39, JT03431231

1. Triclosan dans les produits de soins personnels

- ¹¹ Halden RU (2014). On the need and speed of regulating triclosan and triclocarban in the United States. *Environ Sci Technol* 48, 3603–3611.
- ¹² CDC (Centres pour le contrôle et la prévention des maladies). 2003. Recommendations of CDC and the Health care Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). FT(RR10). www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/rr5210a1.htm
- ¹³ FDA (US Food and Drug Administration). 2016. 21 CFR Part 310 Safety and Effectiveness of Consumer Antiseptics. Topical Antimicrobial Drug Products for Over-the-Counter Human Use. Final Rule. Fed Reg 81:61106–61130.
- ¹⁴ Halden RU et al (2017) The Florence Statement on Triclosan and Triclocarban. *EHP* 125(6), 064501.
- ¹⁵ Vandenberg et al. (2012) Hormones and Endocrine-Disrupting Chemicals: Low-Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses. *Endocrine Reviews* 33(3), 378–455.
- ¹⁶ European Commission (2016) COMMISSION IMPLEMENTING DECISION (EU) 2016/110 of 27 January 2016 not approving triclosan as an existing active substance for use in biocidal products for product- type 1. Official Journal of the European Union L 21/86. 28.01.2016
- ¹⁷ ChemicalWatch (2016) Companies replace triclosan with 'unproven chemicals'. *Global Risk & Regulation News*, 18 October 2016.

2. Alkylphénol éthoxylés comme tensioactifs ou émulsifiants dans l'industrie textile

- ¹⁸ Soares, A.; Guieysse, B.; Jefferson, B.; Cartmell, E. (2008). "Nonylphenol in the Environment: A Critical Review on Occurrence, Fate, Toxicity and Treatment in Wastewaters". *Environment International*. 34 (7), 1033-1049.
- ¹⁹ US Environmental Protection Agency, Nonylphenol (NP) and Nonylphenol Ethoxylates (NPEs) Action Plan, dated 18.08.2010, https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/rin2070-za09_np-npes_action_plan_final_2010-08-09.pdf
- ²⁰ DIRECTIVE 2003/53/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 June 2003. Official Journal of the European Union. July 17, 2003
- ²¹ Oosterlaken-Buijs GA (2017) Results of proficiency test AP & APEO in textiles. Report is 17A04. March 2017
-

²² Source: ZDHC Guidance Sheet on NPEOs; <http://www.roadmaptozero.com/fileadmin/layout/media/downloads/en/NPEO.pdf>

3. Polycarbonate à base de bisphénol A dans les biberons

²³ Gies A, Soto (2015) Bisphenol A: contested science, divergent safety evaluations. In Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation; chapter 10. European Environmental Agency.

²⁴ Mostafa AH, Soliman EA, Mohy El-Din MS, Abd El-Naeem G (2017) Survey of Bisphenol A in Infant Feeding Baby Bottles in the Local Market in Egypt.

²⁵ EFSA (2015) Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs: Executive summary. EFSA Journal 2015;13(1):3978.

²⁶ Michałowicz J (2014) Bisphenol A--sources, toxicity and biotransformation. Environ Toxicol Pharmacol. 37:738-758.

²⁷ Danish Ministry of Environment (2015) Migration of bisphenol A from polycarbonate plastic of different qualities. Environmental project No. 1710, 2015.

²⁸ Baluka SA, Rumbelha WK (2016) Bisphenol A and food safety: Lessons from developed to developing countries. Food Chem Toxicol. 92:58-63.

²⁹ Simoneau C, Van den Eede L, Valzacchi S (2012) Identification and quantification of migration of chemicals from plastics baby bottles used as substitutes for polycarbonate. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 29(3), 469-480.

³⁰ Simoneau C, Valzacchi S, Morkunas V, Van den Eede (2011) Comparison of migration from polyethersulphone and polycarbonate baby bottles. Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess. 28(12), 1763-1768.

4. Bisphénol A développeur dans le papier thermique

³¹ Geens T, Goeyens L, Kannan K, Neels H, Covaci A (2012) Levels of bisphenol-A in thermal paper receipts from Belgium and estimation of human exposure. Sci Total Environ. 435-436:30-33.

³² EFSA (2015) Scientific Opinion on the risks to public health related to the presence of bisphenol A (BPA) in foodstuffs: Executive summary. EFSA Journal 2015;13(1):3978.

³³ Michałowicz J (2014) Bisphenol A--sources, toxicity and biotransformation. Environ Toxicol Pharmacol. 37:738-758.

³⁴ Bernier MR, Vandenberg LN (2017) Handling of thermal paper: Implications for dermal exposure to bisphenol A and its alternatives PLoS One. 2017; 12(6): e0178449.

³⁵ Liao C, Kannan K (2011) Widespread occurrence of bisphenol A in paper and paper products: implications for human exposure. Environ Sci Technol. 45, 9372-9379.

³⁶ Björnsdotter MK, Jonker W, Legradi J, Kool J, Ballesteros-Gómez A (2017) Bisphenol A alternatives in thermal paper from the Netherlands, Spain, Sweden and Norway. Screening and potential toxicity. Sci Total Environ. 601-602, 210-221.

³⁷ Baluka SA, Rumbelha WK (2016) Bisphenol A and food safety: Lessons from developed to developing countries. Food Chem Toxicol. 92:58-63.

³⁸ USEPA (2014) Bisphenol A alternatives in thermal paper. Final report January 2014

³⁹ Goldinger et al. (2015) Endocrine activity of alternatives to BPA found in thermal paper in Switzerland. Regul Toxicol Pharmacol 71(3):453-462.

5. Sacs en plastique polyéthylène

⁴⁰ <https://oceanconference.un.org/commitments/?id=15599>

- ⁴¹ Larsen J, Savina V (2014) Plan B Updates: The Downfall of the Plastic Bag, A Global Picture, in Plan B.
- ⁴² UNEP (2011) UNEP Year Book, Emerging Issues in Our Global Environment, Nairobi.
- ⁴³ Besseling et al.(2015) Microplastic in a macro filter feeder: humpback whale *Megaptera novaeangliae*. *Mar. Pollut. Bull.* 95, 248–252.
- ⁴⁴ Hardesty BD., Good TP., Wilcox C. (2015). Novel methods, new results and science-based solutions to tackle marine debris impacts on wildlife. *Ocean Coast. Manag.* 115, 4–9.
- ⁴⁵ <http://www.plasticsforchange.org/blog/category/why-are-plastic-recycling-rate-so-low>
- ⁴⁶ UNEA 3 (2017) Draft resolution on marine litter and microplastics.
- ⁴⁷ SEKEM <http://www.sekem.com/en/organic-cotton-as-a-sustainable-alternative/>
- ⁴⁸ Ashter SA. (2016) Introduction to Bioplastics Engineering. Ed. William Andrew, Elsevier, Oxford, UK.
- ⁴⁹ Ebnesaajad S. (2013) Handbook of Biopolymers and Biodegradable plastics properties, processing and applications. Ed. William Andrew, Elsevier Inc.
- ⁵⁰ Fernández P, Pérez C, Ferreira M (2017) 25 innovative and inspiring solutions to combat PLASTIC MARINE LITTER in the Mediterranean Region.

6. Le PVC contenant du DEHP dans les appareils médicaux

- ⁵¹ PVC Med alliance <https://pvcmed.org/pvc-in-healthcare/pvc-medical-devices/>
- ⁵² EU Scientific Committee on Emerging and Newly-Identified Health Risks (SCENIHR) (2016) Opinion on The safety of medical devices containing DEHP plasticized PVC or other plasticizers on neonates and other groups possibly at risk. Revision February 2016.
- ⁵³ EFSA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC) on a request from the Commission related to Bis(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) for use in food contact materials. *The EFSA Journal* (2005) 243, 1-20.
- ⁵⁴ North EJ, Halden RU (2013) Plastics and Environmental Health: The Road Ahead. *Rev Environ Health.* 28(1): 1–8.
- ⁵⁵ Health Canada, (2002) DEHP in Medical Devices: an exposure and toxicity assessment. Medical Devices Bureau, Therapeutic Products Directorate, Health Products and Food Branch, Health Canada. Ottawa, Canada.
- ⁵⁶ WECF PAN Europe (2016) Measures against endocrine disrupting chemicals. The example of Denmark, Sweden and France
- ⁵⁷ Ikeguchi T, Tanaka M (2000) Dioxin emission from an open-burning-like waste incinerator: Small incinerators for household waste. *Organohalogen Compounds* 46, 298-301.
- ⁵⁸ Zakaria A, Labib O (2003) Evaluation of emissions from medical waste incinerators in Alexandria. *J Egypt Public Health Assoc.* 78(3-4), 225-244.
- ⁵⁹ Coutinho M, Pereira M, Rodrigues R, Borrego C (2006) Impact of medical waste incineration in the atmospheric PCDD/F levels of Porto, Portugal. *Sci Total Environ.* 362(1-3), 157-165.
- ⁶⁰ Genon G, Brizio E (2008) Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. *Waste Management* 28, 2375–2385.
- ⁶¹ Kurdowski, W (1983) Cement burning technologies. *Advances in Cement Technology.* Pergamon Press, Ghosh, pp. 115–174.
- ⁶² The Danish EPA (2013) Phthalate Strategy. www2.mst.dk/Udgiv/publications/2013/06/978-87-93026-22-3.pdf
- ⁶³ REGULATION (EU) 2017/745 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2017 on medical devices, amending Directive 2001/83/EC, Regulation (EC) No 178/2002 and Regulation (EC) No 1223/2009 and repealing Council Directives 90/385/EEC and 93/42/EEC. *Official Journal of the European Union.* L117 Volume 60, 5 May 2017.

⁶⁴ Les appareils ne seraient autorisés à contenir de telles substances à un niveau supérieur à cette limite que si une justification est fournie à l'organisme notifié (NB) - qui est lui-même supervisé par l'autorité nationale compétente.

⁶⁵ REGULATION (EU) 2017/745 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2017 on medical devices, amending Directive 2001/83/EC, Regulation (EC) No 178/2002 and Regulation (EC) No 1223/2009 and repealing Council Directives 90/385/EEC and 93/42/EEC.

⁶⁶ Swedish Environmental Management Council (2012) The Substitution list for substitution of hazardous substances in the health care sector.

⁶⁷ Health Care Without Harm (2008) Alternatives to Polyvinyl Chloride (PVC) and Di(2-Ethylhexyl) Phthalate (DEHP) Medical Devices. [https://noharm-uscanada.org/sites/default/files/documents-files/89/Alternatives to PVC DEHP.pdf](https://noharm-uscanada.org/sites/default/files/documents-files/89/Alternatives_to_PVC_DEHP.pdf)

⁶⁸ Health Care Without Harm (2008) Alternatives to Polyvinyl Chloride (PVC) Medical Devices for the Neonatal Intensive Care Unit (NICU). [https://noharm-uscanada.org/sites/default/files/documents-files/2461/Alternatives to PVC in NICU.pdf](https://noharm-uscanada.org/sites/default/files/documents-files/2461/Alternatives_to_PVC_in_NICU.pdf)

⁶⁹ HCWH (2005) Avoiding PVC use in hospitals. [https://www.eldonjames.com/wp-content/uploads/2017/08/PVC in hospitals.pdf](https://www.eldonjames.com/wp-content/uploads/2017/08/PVC_in_hospitals.pdf)

⁷⁰ Les poches de sang pour transfusion utilisent encore du PVC puisque le DEHP et d'autres plastifiants agissent comme stabilisant de la membrane des globules rouges, et donc préservent le sang.

⁷¹ BASF, Hexamoll® DINCH® The trusted non-phthalate plasticizer

⁷² Trasande et al. (2015) Estimating Burden and Disease Costs of Exposure to Endocrine-Disrupting Chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab.* 100(4), 1245–1255.

⁷³ ToxServices LLC (2012) GreenScreen™ Assessment for Hexamoll® DINCH®

7. PVC dans les jouets et produits de soin infantiles

⁷⁴ ECHA (2013) Evaluation of new scientific evidence concerning DINP and DIDP. Final review report

⁷⁵ Association pour la Protection de l'Environnement et Développement Durable de Bizerte (APEDDUB) (2012) Heavy metals assessment of some plastic toys in Bizerte (Tunisia). International SAICM Implementation Project report.

⁷⁶ CSTE (1998) Opinion on Phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles. http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/environmental_risks/opinions/sctee/sct_out19_en.htm

⁷⁷ van der Naald W, Thorpe B (1998) PVC Plastic: A Looming Waste Crisis. Greenpeace International.

⁷⁸ Chemical Watch (2016) REACH Committee approves DEHP use in recycled PVC. *Global Risk & Regulation News.* 21 April 2016

⁷⁹ Tickner J (1999) A Review of the Availability of Plastic Substitutes for Soft PVC in Toys.

⁸⁰ Biobased News. ZOE B Organic Introduces the World's First Biodegradable Beach Toys: Finally Toys that Clean Up after Themselves. 10 June 2014.

⁸¹ Schubert E, Strick R (1996) Toy-free Kindergarten. A Project to Prevent Addiction for Children and with Children

⁸² Munoz SA (2009) Children in the outdoors: a literature review. <https://www.childrenandnature.org/>

⁸³ Sosa (2016) Association of the Type of Toy Used During Play With the Quantity and Quality of Parent-Infant Communication. *JAMA Pediatr.* 170(2), 132-137.

⁸⁴ Golova et al (2016) Promoting Early Literacy in the Pediatrician's Office: What Have We Learned? *JCOM* 23 (6), 259-264.

⁸⁵ Clean Production Action (2014) Evaluating the Chemical Footprint of Plastics. *The Plastics Scorecard Version 1.0*

8. Décabromodiphényl éther commercial dans les textiles

⁸⁶ Pure Strategies Inc (2005) Decabromodiphenylether: An Investigation of Non-Halogen Substitutes in Electronic Enclosure and Textile Applications. Prepared for The Lowell Center for Sustainable Production. Apr 2005.

- ⁸⁷ Georgalas B, Sanchez A, Zarogiannis P (2014) Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether (DecaBDE). Multiple Framework Contract with Re-opening of competition for Scientific Services for ECHA. Final Report prepared for ECHA 7 July 2014.
- ⁸⁸ UNEP (2015) Decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE) Risk Management Evaluation. UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.1
- ⁸⁹ Imm P, Knobeloch L, Buelow C anderson H. A. (2009) Household exposures to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in a Wisconsin Cohort. *Environ Health Perspect.* 117(12), 1890–1895.
- Jones-Otazo et al. (2005) Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs? An analysis of the urban fate and human exposure to PBDEs. *Environ Sci Technol.* 39(14), 5121-5130.
- ⁹⁰ Ren et al. (2011) PBDD/F impurities in some commercial deca-BDE. *Environ Pollut.* 159, 1375-1380.
- ⁹¹ Suzuki G, Someya M, Takahashi S, Tanabe S, Sakai S, Takigami H. (2010) Dioxin-like activity in Japanese indoor dusts evaluated by means of in vitro bioassay and instrumental analysis: brominated dibenzofurans are an important contributor. *Environ Sci Technol.* 44(21), 8330-8336.
- ⁹² Tue et al. (2013) Dioxin-related compounds in house dust from New York State: occurrence, in vitro toxic evaluation and implications for indoor exposure. *Environ Pollut.* 181:75-80.
- ⁹³ Georgalas B, Sanchez A, Zarogiannis P (2014) Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether (DecaBDE). Multiple Framework Contract with Re-opening of competition for Scientific Services for ECHA. Final Report prepared for ECHA 7 July 2014
- ⁹⁴ Pure Strategies Inc (2005) Decabromodiphenylether: An Investigation of Non-Halogen Substitutes in Electronic Enclosure and Textile Applications. Prepared for The Lowell Center for Sustainable Production. Apr 2005.
- ⁹⁵ IWTO (2014) Wool and Flame Resistance. Fact Sheet.
- ⁹⁶ BEUC and EEB (2013) EU ECOLABEL FOR BED MATTRESSES. Comments on the criteria proposa. May 2013
- ⁹⁷ TEST PROCEDURE: 16 CFR 1632, California TB 106 and FF-4-72 Mattress Pad Flammability Evaluation. TEST PROCEDURE: 16 CFR 1633, Test Configuration B. Requirements and Test Procedure for Resistance of a Mattress and/or Mattress Box Spring Set to a Large Open-Flame.
- ⁹⁸ McKenna et al. (2017) Flame retardants in UK furniture increase smoke toxicity more than they reduce fire growth rate. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.12.017
- ⁹⁹ Lindeman AE, Babrauskas V, Lucas D, Blum A (2014) POLICY CHANGES COULD REDUCE THE USE OF FLAME RETARDANTS WHILE MAINTAINING FIRE SAFETY. *Organohalogen Compounds* 76, 1236-1239.
- ¹⁰⁰ Shaw SD, Blum A, Weber R, Kannan K, Rich D, Lucas D, Koshland CP, Dobraca D, Hanson S, Birnbaum LS. (2010) Halogenated Flame Retardants: Do the Fire Safety Benefits Justify the Risks *Reviews on Environmental Health* 25(4) 261-305.
- ¹⁰¹ UN Environment (2017) Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants; Updated January 2017
- ¹⁰² UN Environment (2017) REGIONAL ACTION PLAN ON SUSTAINABLE CONSUMPTION AND PRODUCTION IN THE MEDITERRANEAN.
- ¹⁰³ Environmental Justice Foundation and Pesticide Action Network (2007) *The deadly chemicals in cotton*. London, UK. ISBN No. 1-904523-10-2
- ¹⁰⁴ According to FAO SEKEM converted 70 ha desert sands into fertile soil, supporting livestock and bees by using organic and biodynamic agricultural methods (composting, mulching, cover cropping). <http://www.fao.org/docrep/005/y4137e/y4137e02b.htm>
- ¹⁰⁵ SEKEM <http://www.sekem.com/en/organic-cotton-as-a-sustainable-alternative/>
- ¹⁰⁶ Stec A, Hull TR (2011) Assessment of the fire toxicity of building insulation materials. *Energy and Buildings*, 43 (23), 498-506.

- ¹⁰⁷ USEPA (2014) An Alternatives Assessment for the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE), Final Report.
- ¹⁰⁸ Van der Veen I, de Boer Jacob (2012) Phosphorus flame retardants: Properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis. *Chemosphere* 88, 1119–1153.

9. Paraffines chlorées à chaînes courtes comme fluides pour le travail des métaux

- ¹⁰⁹ UNEP (2017) Draft decision SC-8: Short-chain chlorinated paraffins. UNEP/POPS/COP.8/CRP.13
- ¹¹⁰ European Chemicals Bureau (2000) European Union Risk Assessment Report alkanes, C₁₀₋₁₃, chloro
- ¹¹¹ US EPA (2004) Alternatives to VOC emitting petroleum based lubricants: Minimizing the health and environmental consequences. Grant number EP-97905301
- ¹¹² Strid A, Athanassiadis I, Bergman A (2014) Hand blenders available on the Swedish market may contaminate food with chlorinated paraffins. Report Stockholm University.
- ¹¹³ Bendig P, Hägele F, Vetter W (2013) Widespread occurrence of polyhalogenated compounds in fat from kitchen hoods. *Anal Bioanal Chem.* 405(23), 7485-7496.
- ¹¹⁴ Theodori D, Saft R.J, Krop H, van Broekhuizen P (2004) Development of criteria for the award of the European Eco-label to lubricants. Background Document, IVAM, Amsterdam, 09 March 2004.
- ¹¹⁵ Skerlos SJ, Hayes KF, Clarens AF, Zhao F (2008) Current advances in sustainable metalworking fluids research, *Int J Sustainable Manufacturing* 1, 180-202.
- ¹¹⁶ Government of Canada (2009) Consultation Document on the Proposed Risk Management Measure for Chlorinated Paraffins.
- ¹¹⁷ European Communities (2002) Implementing the HELCOM objective with regard to hazardous substances, Guidance document on short chain chlorinated paraffins. Helsinki Commission,
- ¹¹⁸ UNEP (2016) Draft risk management evaluation: short-chain chlorinated paraffins. UNEP/POPS/POPRC.12/4
- ¹¹⁹ Shokrani Chaharsooghi A, Dhokia V, Newman S (2014) A Techno-Health Study of the Use of Cutting Fluids and Future Alternatives. 24th Int. Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2014), San Antonio, Texas.
- ¹²⁰ US Navy (2006) In search of environmentally friendly cutting oil. Currents, winter edition

10. Décabromodiphényl éther commercial dans l'électronique plastique et les transports

- ¹²¹ Georgalas B, Sanchez A, Zarogiannis P (2014) Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether (DecaBDE). Multiple Framework Contract with Re-opening of competition for Scientific Services for ECHA. Final Report prepared for ECHA 7 July 2014.
- ¹²² UNEP (2015) Decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE) Risk Management Evaluation. UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.1
- ¹²³ Imm P, Knobloch L, Buelow C anderson H. A. (2009) Household exposures to polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in a Wisconsin Cohort. *Environ Health Perspect.* 117(12), 1890–1895.
- Jones-Otazo et al. (2005) Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs? An analysis of the urban fate and human exposure to PBDEs. *Environ Sci Technol.* 39(14), 5121-5130.
- ¹²⁴ Ren et al. (2011) PBDD/F impurities in some commercial deca-BDE. *Environ Pollut.* 159, 1375-1380.
- ¹²⁵ Suzuki et al. (2010) Dioxin-like activity in Japanese indoor dusts evaluated by means of in vitro bioassay and instrumental analysis: brominated dibenzofurans are an important contributor. *Environ Sci Technol.* 44(21), 8330-8336.
- ¹²⁶ Tue et. al. (2013) Dioxin-related compounds in house dust from New York State: occurrence, in vitro toxic evaluation and implications for indoor exposure. *Environ Pollut.* 181, 75-80.
- ¹²⁷ Georgalas B, Sanchez A, Zarogiannis P (2014) Support to an Annex XV Dossier on Bis-(pentabromophenyl) ether

(DecaBDE). Multiple Framework Contract with Re-opening of competition for Scientific Services for ECHA. Final Report prepared for ECHA 7 July 2014

¹²⁸ Official Journal of the European Union publishes Regulation (EU) 2017/227

¹²⁹ USEPA (2017) Preliminary Information on Manufacturing, Processing, Distribution, Use and Disposal: Decabromodiphenyl Ether. Support document for Docket EPA-HQ-OPPT-2016-0724. August 2017.

¹³⁰ Öko-Institut (2003) Substitution of Hazardous Chemicals in Products and Processes. For the EU Commission.

¹³¹ Pure Strategies Inc (2005) Decabromodiphenylether: An Investigation of Non-Halogen Substitutes in Electronic Enclosure and Textile Applications. Prepared for The Lowell Center for Sustainable Production. Apr 2005.

¹³² USEPA (2014) An Alternatives Assessment for the Flame Retardant Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE).

¹³³ Stec, Anna A and Hull, T Richard (2011) Assessment of the fire toxicity of building insulation materials. Energy and Buildings, 43 (23), 498-506.

¹³⁴ Peeters et al. (2014) Closed loop recycling of plastics containing Flame Retardants. Resources, Conservation and Recycling 84, 35-43

¹³⁵ NEC (2014) NEC strengthens and expands the use of "NeCycle(R)" bioplastic. http://www.nec.com/en/press/201406/global_20140630_01.html

11. Paraffines chlorées à chaîne courte dans le nourrissage du cuir

¹³⁶ UNEP (2017) Draft decision SC-8: Short-chain chlorinated paraffins. UNEP/POPS/COP.8/CRP.13

¹³⁷ Environment Canada (2008). Final Follow-up Risk Assessment Report for Chlorinated Alkanes. Available at: <http://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=D7D84872-1>

¹³⁸ POPRC (2015). Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its eleventh meeting: Risk profile on short-chained chlorinated paraffins. UNEP/POPS/POPRC.11/10/Add.2. <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC11/Overview/tabid/4558/mct/ViewDetails/EventModID/871/EventID/553/xmid/13837/Default.aspx>

¹³⁹ Bendig P, Hägele F, Vetter W (2013) Widespread occurrence of polyhalogenated compounds in fat from kitchen hoods. Anal Bioanal Chem. 405(23), 7485-7496.

¹⁴⁰ POPRC (2016). Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its twelfth meeting: Risk management evaluation on short-chain chlorinated paraffins. UNEP/POPS/POPRC.12/11/Add.3. <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/Overview/tabid/5171/Default.aspx>

¹⁴¹ Danish Environmental Protection Agency (2014). Survey of short chain and medium chain chlorinated paraffins Part of the LOUS-review Environmental project No. 1614, 2014. <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2014/11/978-87-93283-19-0.Pdf>

¹⁴² POPRC (2016). Additional information related to the draft risk management evaluation on short-chain chlorinated paraffins. UNEP/POPS/POPRC.12/INF/7. <http://chm.pops.int/TheConvention/POPsReviewCommittee/Meetings/POPRC12/Overview/tabid/5171/Default.aspx>

UNEP (2016) Draft risk management evaluation: short-chain chlorinated paraffins. UNEP/POPS/POPRC.12/4

¹⁴³ Reetz et al. (2012) Fatliquoring from a Viewpoint of Sustainability. Journal of Aqec 63 N4 2012.

¹⁴⁴ Cravedi et al (2016) Bioaccumulation and toxicity of mineral oil hydrocarbons in rats - specificity of different subclasses of a broad mixture relevant for human dietary exposures. EFSA Supporting publication 2017:EN-1090.

¹⁴⁵ Canada (2009). Consultation Document on the Proposed Risk Management Measure for Chlorinated Paraffins (October 2009), section 3.3.1X. Available online at: <https://www.ec.gc.ca/lcpe-cepa/default.asp?lang=En&n=F36519FE-1>

¹⁴⁶ US EPA (2015a). TSCA New Chemicals Review Program Standard Review Risk Assessment On Medium-Chain Chlorinated Paraffins (PMN P-12-0453) and Long-Chain Chlorinated Paraffins (PMN P-12-0433) (INEOS). ID: EPAHQ-

OPPT-2015-0789-0015. December 23rd, 2015. Available through: <http://www.regulations.gov/#!documentDetail;D=EPA-HQ-OPPT-2015-0789-0015>

12. Substances alkylées per- et polyfluorées dans les mousses extinctrices

¹⁴⁷ Hu et al. (2016) Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in US Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas and Wastewater Treatment Plants. *Environ Sci Technol Lett.* 3:344-350.

¹⁴⁸ Commission Regulation (EU) No 757/2010 of 24 August 2010 amending Regulation (EC) No 850/2004 of the European Parliament and of the Council on persistent organic pollutants as regards Annexes I and III Text with EEA relevance

¹⁴⁹ Queensland Government (2016) Department of Environmental & Heritage Protection Operational Policy on the Environmental Management of Firefighting Foam

¹⁵⁰ <http://www.3fff.co.uk/index.php/en/>

13. Substances alkylées per- et polyfluorées dans le traitement hydrophobe des textiles

¹⁵¹ Heydebreck F, Tang J, Xle Z, Ebinghaus R. 2016. Emissions of per- and polyfluoroalkyl substances in a textile manufacturing plant in China and their relevance for workers' exposure. *Environ Sci Technol* 50: 10386-10396.

¹⁵² van der Veen I., Weiss J.M., Hanning A-C, de Boer J., Leonards P.E.G. 2016. Development and validation of a method for the quantification of extractable perfluoroalkyl acids (PFAAs) and perfluorooctane sulfonamide (FOSA) in textiles. *Talanta* 147:8-15.

¹⁵³ Santen M, Smit I, del Rio S. 2014. Chemistry for any weather: per- and polyfluorinated chemicals in textile products and ambient air. *Organohalogen Compounds* 76:1477-1480.

¹⁵⁴ Greenpeace 2012. Chemistry for any weather.

¹⁵⁵ Heydebreck F, Tang J, Xle Z, Ebinghaus R. 2016. Emissions of per- and polyfluoroalkyl substances in a textile manufacturing plant in China and their relevance for workers' exposure. *Environ Sci Technol* 50: 10386-10396.

¹⁵⁶ Li L, Liu J, Hu J, Wania F. 2017. Degradation of fluorotelomer-based polymers contributes to the global occurrence of fluorotelomer alcohol and perfluoroalkyl carboxylates: A combined dynamic substance flow and environmental fate modeling analysis. *Environ Sci Technol* 51:4461-4470.

¹⁵⁷ Davies 2014. Durable water repellency – study phase 1. Available at <http://www.europeanoutdoorgroup.com/files/DWR-Study Alice Davies digital .pdf>. Accessed January 8, 2018.

¹⁵⁸ European Outdoor Group 2016. Building knowledge about PFCs in the outdoor industry. Version as at January 21 2016.

¹⁵⁹ Danish Environmental Protection Agency, Ministry of Environment and Food. 2015. Polyfluoroalkyl substances (PFASs) in textiles for children. Survey of chemical substances in consumer products No. 136, 2015.

¹⁶⁰ Holmquist H, Schellenberger S, van der Veen I, Peters GM, Leonards PEG, Cousins IT 2016. Properties, performance and associated hazards of state-of-the-art durable water repellent (DWR) chemistry for textile finishing. *Environ Int* 91:251-264.

¹⁶¹ Danish Ministry of the Environment 2015. Alternatives to perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in textiles. Survey of chemical substances in consumer products No. 137.

¹⁶² <https://marketplace.chemsec.org/Alternative/HeiQ-Eco-Dry-Durable-water-repellency-DWR-without-fluorine-non-PFC--43>. Accessed January 8, 2018.

¹⁶³ <https://marketplace.chemsec.org/Alternative/miDori-evoPel-state-of-the-art-durable-water-repellent-DWR--17>. Accessed January 8, 2018.

¹⁶⁴ <https://marketplace.chemsec.org/Alternative/Non-fluorinated-bio-based-durable-water-repellent-finish-also-repels-most-household-stains-Zelan-R3-finish--29>. Accessed January 8, 2018.

¹⁶⁵ TEXSHIELD Project Consortium 2013. TEX-SHIELD Report Summary. https://cordis.europa.eu/result/rcn/186795_en.html. Accessed July 10, 2018.

¹⁶⁶ Hill PJ, Taylor M, Goswami P, Blackburn RS 2017. Substitution of PFAS chemistry in outdoor apparel and the impact on repellency performance. *Chemosphere* 181:500-507.

14. Pigments au chromate de plomb dans les peintures

¹⁶⁷ Une "peinture au plomb" est une peinture ou un revêtement de surface similaire à quoi ont été ajoutés des composants au plomb.

¹⁶⁸ IPEN (2015) Replacement of lead pigments in solvent based decorative paints. Safinah Ltd. Contract Report.

¹⁶⁹ WHO (2016) Lead poisoning and health. Fact sheet. Reviewed September 2016 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/>

¹⁷⁰ GAELP Toolkit for Establishing Laws, Module B; US National Toxicology Program, 2012.

¹⁷¹ Laamech et al. (2014) Blood lead, cadmium and mercury among children from urban, industrial and rural areas of Fez Boulemane Region (Morocco): Relevant factors and early renal effects. *Int J Occup Med Environ Health* 27:641-659.

¹⁷² Boseila SA, Gabr AA, Hakim IA (2004) Blood Lead Levels in Egyptian Children: Influence of Social and Environmental Factors. *Am J Public Health*. 94(1): 47-49.

¹⁷³ Nuwayhid I, Nabulsi M, Muwakkit S, Kouzi S, Salem G, Mikati M, Ariss M. (2003) Blood lead concentrations in 1-3 year old Lebanese children: a cross-sectional study. *Environ Health*. 2(1):5.

¹⁷⁴ UNEP (2016) Global Report on the Status of Legal Limits on Lead in Paint.

¹⁷⁵ ECHA ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction. Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles. Entry 17 Lead sulphates.

¹⁷⁶ ECHA ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction. Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles. Entry 16 Lead carbonates.

¹⁷⁷ WHO (2017) Public health and environment | Lead paint legislation. Countries with legally-binding controls on lead paint, as of 17 February 2017.

¹⁷⁸ BASF SE (2014) Third party submission of information on alternatives for Applications for Authorisation. Substance: Lead sulfochromate yellow (C.I. Pigment Yellow 34), Lead chromate molybdate sulphate red (C.I. Pigment Red 104)

¹⁷⁹ Les pigments organiques sont résistants en termes de couleur et de teinte, mais résistent moins bien au climat et sont moins opaques ; c'est l'inverse avec les pigments minéraux. Les pigments hybrides fournissent une alternative et sont de plus en plus présents sur le marché. Les pigments hybrides aident à combler l'intervalle entre performances et coûts sans négliger les considérations environnementales.

15. Oxyde de plomb dans les peintures d'apprêt antirouilles

¹⁸⁰ Une "peinture au plomb" est une peinture ou un revêtement de surface similaire à quoi ont été ajoutés des composants au plomb.

¹⁸¹ WHO (2016) Lead poisoning and health. Fact sheet. Reviewed September 2016 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/>

¹⁸² GAELP Toolkit for Establishing Laws, Module B; US National Toxicology Program, 2012.

¹⁸³ United States. Code of Federal Regulations Title 40, Chapter I, Subchapter R, Part 745. —LEAD-BASED PAINT POISONING PREVENTION IN CERTAIN RESIDENTIAL STRUCTURES.

¹⁸⁴ Laamech J, Bernard A, Dumont X, Benazzouz B, Lyoussi B (2014) Blood lead, cadmium and mercury among children from urban, industrial and rural areas of Fez Boulemane Region (Morocco): Relevant factors and early renal effects. *Int J Occup Med Environ Health* 27:641-659.

¹⁸⁵ Boseila SA, Gabr AA, Hakim IA (2004) Blood Lead Levels in Egyptian Children: Influence of Social and Environmental

Factors. *Am J Public Health*. 94(1): 47–49.

¹⁸⁶ Nuwayhid I, Nabulsi M, Muwakkit S, Kouzi S, Salem G, Mikati M, Ariss M. (2003) Blood lead concentrations in 1-3 year old Lebanese children: a cross-sectional study. *Environ Health*. 2(1):5.

¹⁸⁷ UNEP (2016) Global Report on the Status of Legal Limits on Lead in Paint. May 2016.

¹⁸⁸ ECHA ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction. Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles. Entry 17 Lead sulphates.

¹⁸⁹ ECHA ANNEX XVII TO REACH – Conditions of restriction. Restrictions on the manufacture, placing on the market and use of certain dangerous substances, mixtures and articles. Entry 16 Lead carbonates.

¹⁹⁰ WHO (2017) Public health and environment | Lead paint legislation. Countries with legally-binding controls on lead paint, as of 17 February 2017.

¹⁹¹ BASF SE (2014) Third party submission of information on alternatives for Applications for Authorisation. Substance: Lead sulfochromate yellow (C.I. Pigment Yellow 34), Lead chromate molybdate sulphate red (C.I. Pigment Red 104)

¹⁹² ATSDR (2005) Public Health Statement Zinc. August 2005

¹⁹³ Waelz kilns for zinc recovery can have high PCDD/F emissions and require BAT/BEP air pollution control.

16. Arséniate de cuivre et de chrome dans le traitement du bois

¹⁹⁴ DEFRA (2003), Consultation on the transposition of the 10th adaptation to technical progress of Annex I to Council Directive 76/769/EEC relating to restrictions on the marketing and use of arsenic in England, Scotland and Wales (Great Britain), August, Department for Environment, Food and Rural Affairs, Great Britain.

¹⁹⁵ CSTE (Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment) (2003), 'Commission Directive 2003/2/EC of 6 January 2003 relating to restrictions on the marketing and use of arsenic (tenth adaptation to technical progress to Council Directive 76/769/EEC)', Official Journal of the European Communities, January 9, L 4/9.

¹⁹⁶ Decker et al. (2002) Exposure to Wood Dust and Heavy Metals in Workers Using CCA Pressure-Treated Wood. *AIHA Journal* 63(2):166-171.

¹⁹⁷ Commission Directive 2003/2/EC, 6 January 2003

¹⁹⁸ US EPA (2004) Guidance for Uses of Chromated Copper Arsenate (CCA). <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/chromated-arsenicals-cca>

¹⁹⁹ UNEP (2017) Draft guidance on preparing inventories of pentachlorophenol and its salts and esters and on identifying alternatives for the phase-out of those chemicals. UNEP/POPS/COP.8/INF/20

²⁰⁰ Swedish Chemical Agency KEMI (2016) Comparative assessment report Creosote; versus other wood preservatives, other materials or techniques. July 2016.

²⁰¹ Homan WJ Jorissen AJM (2004) Wood modification developments.

²⁰² <http://www.novawood.com/en/>

²⁰³ Elaieb et al. (2015) Heat treatment of Tunisian soft wood species: Effect on the durability, chemical modifications and mechanical properties. *Maderas, Cienc. Tecnol*, 17 (4), 699-710.

²⁰⁴ Selon la norme européenne EN335, il est défini 5 classes d'utilisation (UC) pour le bois : UC 1 bois ou produit du bois à l'intérieur d'une construction, non exposé au climat ni à l'humidité ; UC 2 produit du bois où peut survenir un mouillage occasionnel, mais non persistant ; UC 3 produit du bois au-dessus du sol et exposé au climat (en particulier à la pluie) ; UC 4 bois en contact direct avec le sol et/ou l'eau claire ; UC5 bois submergé de façon permanente ou régulière dans l'eau salée.

²⁰⁵ CSIRO (2003) Safety of timber treated with CCA preservative', Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation- Forestry and Forest Products website. <http://www.ffp.csiro.au:80/wft/wpc/ccafact2.html>

²⁰⁶ Connell M (2004) Issues Facing Preservative Suppliers in a Changing Market For Treated Wood', Paper presented to COST Action E22: Environmental Optimisation of Wood Protection, Lisboa œ Portugal, 22- 23 March.

²⁰⁷ Tame NW, Dlugogorski BZ, Kennedy EM (2007) Formation of Dioxins and Furans During Combustion of Treated Wood, *Progress in Energy and Combustion Science* 22, 384-408.

17. Chrome dans le tannage du cuir

²⁰⁸ Mazumder LT, Hasan S, Rahman ML (2013) Hexavalent Chromium in Tannery Solid Waste Based Poultry Feed in Bangladesh and Its Transfer to Food Chain. *Journal of Env. Science, Toxicology and Food Technology* 3, (4), 44-51.

²⁰⁹ Lidén C., Bruze M., Thyssen J.P., Menné T. (2011) Metals. In: Johansen J., Frosch P., Lepoittevin JP. (eds) *Contact Dermatitis*. PP 643-679, Springer, Berlin, Heidelberg

²¹⁰ Hansen MB, Johansen JD, Menné T (2003) Chromium allergy: significance of both Cr(III) and Cr(VI). *Contact Dermatitis*. 49(4), 206-212.

²¹¹ Thyssen JP et al. (2009) The prevalence of chromium allergy in Denmark is currently increasing as a result of leather exposure. *British Journal of Dermatology* 161, 1288-1293.

²¹² Gaafar M et al. (2017) Health-related disorders on occupational exposure to chromium in a leather tanning factory (Menoufia, Egypt). DOI: 10.4103/1110-2098.211508

²¹³ Parvin S, Rahman ML (2014) Hexavalent chromium in chicken and eggs of Bangladesh. *Int J Sci Eng Res*. 5(3), 1090-1098.

²¹⁴ Mahmud I et al. (2011) Estimation of Chromium (VI) in various body parts of Local Chicken. *J.Chem.Soc.Pak.*, 33 (3), 339-442.

²¹⁵ Egyptian Ministerial Decrees No. 961/2012,

²¹⁶ Innescope. Manual for oxazolidine tanned leather. LIFE+ Project "Environmentally Friendly Oxazolidine-Tanned Leather (OXATAN)"

²¹⁷ wet-green® / Olive Leaf Tanned Leather – The Revolution in Tanning. http://www.wet-green.com/umwelt_engl.php

18. Pesticides de synthèse utilisés en agriculture

²¹⁸ EC (2009) Directive 2009/128/EC establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides, Brussels, European Commission.

²¹⁹ UNEP (2017) Report of the Special Rapporteur on the right to food. UN General Assembly. A/HRC/34/48

²²⁰ WHO (2006) Preventing disease through healthy environments: Towards an estimate of the environmental burden of disease. Geneva, World Health Organization

²²¹ Trasande et al. (2015) Estimating burden and disease costs of exposure to endocrine-disrupting chemicals in the European Union. *J Clin Endocrinol Metab*. 100(4), 1245-1255.

²²² Fantke et al. (2012) Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. *Environ. Int.* 49, 9-17.

²²³ WHO/FAO (2016) Guidelines on highly hazardous pesticides. Intern. code of conduct on pesticide management.

²²⁴ PAN (2016) PAN International List of Highly Hazardous Pesticides (PAN List of HHPs).

²²⁵ World Health Organization (2010) The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification: 2009.

²²⁶ Hernández et al. (2015) Advancing towards universal screening for organic pollutants in waters. *J. Hazard. Mater.* 282, 86-95

²²⁷ Civili FS (2010) The Land-Based Pollution of the Mediterranean Sea: Present State and Prospects. *Economy and Territory. Sustainable Development*, 241-245.

²²⁸ Eurostat (2016) Agri-environmental indicator - consumption of pesticides.

²²⁹ Eurostat (2013) Available from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Pesticide_sales_by

major groups, 2013.png#file

- ²³⁰ Mandic-Rajcevic S, Rubino FM, Colosio C. (2012) General Approaches and Procedures for Pesticide Legislation. In: Lubomir I. Simeonov Fliur Z. Macaevev Biana G. Simeonova (eds) Environmental Security Assessment and Management of Obsolete Pesticides in Southeast Europe, NATO science for peace and security series C: environmental security. Springer, Dordrecht, The Netherlands pp 457
- ²³¹ European Commission (2014) Action Plan for the future of Organic Production in the European Union. COM(2014) 179 final
- ²³² UN Environment (2017) Regional action plan on sustainable consumption and production in the Mediterranean.
- ²³³ Flint ML. (2012) IPM in practice: principles and methods of integrated pest management. 2nd ed. California: UCANR Publications.
- ²³⁴ FAO 2018. More about IPM. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/ipm/more-ipm/en/>
- ²³⁵ https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/sustainable_use_pesticides_en
- ²³⁶ US Organic Foods Production Act of 1990 (OFPA).
- ²³⁷ IFOAM (2016) Organic agriculture 3.0 for truly sustainable farming & consumption. <http://www.ifoam.bio/en/organic-policy-guarantee/organic-30-next-phase-organic-development>
- ²³⁸ FAO (2017) Organic agriculture: African experience in resilience and sustainability. Edited by Auerbach R, Rundgren G and El-Hage Scialabb N.
- ²³⁹ Pimentel D (2005) Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. *Environment, Development and Sustainability* 7, 229-252.
- ²⁴⁰ Fantke et al. (2012) Health impact and damage cost assessment of pesticides in Europe. *Environ Int.* 49, 9-17.
- ²⁴¹ Biswas S (2014) Soil health sustainability and organic farming: A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 12, 237-243.
- ²⁴² Geisler et al. (2005) Life-cycle assessment in pesticide product development: Methods and case study on two plant-growth regulators from different product generations. *Environ. Sci. Technol.* 39, 2406-2413.
- ²⁴³ Weber et al. (2013) The need for an integrated approach to the global challenge of POPs management. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 1901-1906.

19. Perchloréthylène dans le nettoyage à sec

- ²⁴⁴ Toxic Use Reduction Institute (TURI), University of Massachusetts Lowell (2012). Assessment of Alternatives to Perchloroethylene for the Dry Cleaning Industry. www.turi.org/TURI_Publications/TURI_Methods_Policy_Reports/Assessment_of_Alternatives_to_Perchloroethylene_for_the_Dry_Cleaning_Industry_2012/2012_M_P_Report_27_Assessment_of_Safer_Alternatives_to_Perchloroethylene
- ²⁴⁵ Toxic Use Reduction Institute (TURI), University of Massachusetts Lowell (2012). Fact Sheet - Alternatives to Perchloroethylene Used in Professional Garment Care. <file:///D:/down/PERC%20Alternative%20Assessment%20Fact%20Sheet.pdf>
- ²⁴⁶ E.-L. Dreher; T. R. Torkelson; K. K. Beutel (2011). "Chlorethanes and Chloroethylenes". *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Weinheim: Wiley-VCH. doi:10.1002/14356007.o06_o01.
- ²⁴⁷ ASTDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2014) Public Health Statement Tetrachloroethylene.
- ²⁴⁸ USEPA (2012). US Environmental Protection Agency, "Toxicological Review of Tetrachloroethylene (Perchloroethylene) (CAS No. 127-18-4) In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS)", February 2012. Accessed at: <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0106tr.pdf>
- ²⁴⁹ Calvert et al. (2010). Mortality and end-stage renal disease incidence among dry cleaning workers, Calvert et al., *Occupational Environmental Medicine*, 2011; 68: 709-716

- ²⁵⁰ Lyngé et al. (2006) Cancer in Persons Working in Dry Cleaning in the Nordic Countries. *EHP* 114, 213-219.
- ²⁵¹ California Department of Health Services, Hazard Evaluation System & Information Service (HESIS) (1989). Perchloroethylene. Available: <https://www.cdph.ca.gov/Programs/CCDC/DEODC/OHB/HESIS/CDPH%20Document%20Library/perc.pdf>
- ²⁵² USEPA (2011) A citizen guide to drycleaner cleanup. <https://drycleancoalition.org/>
- ²⁵³ EU RA (2005). European Chemical Bureau, EU Risk Assessment Report : Tetrachloroethylene, Part 1: Environment, Vol. 57, 2005
- ²⁵⁴ European Chlorinated Solvent Association (ECSA) (2013). Information for dry-cleaners: All About “PER” in a nutshell. Today’s number one dry-cleaning solvent in Europe.
- ²⁵⁵ Emara et al (2010). Immunotoxicity and hematotoxicity induced by tetrachloroethylene in Egyptian dry cleaning workers. *Inhal Toxicol*, 22, 117–124.
- ²⁵⁶ De Walle et al. (2005) DEMonstration Textile CO₂ Treatment Introduction Validation Effort – DETECTIVE. EU Life project. Project Number LIFE00 ENV/NL/000797

20. Perchloréthylène dans le nettoyage des métaux

- ²⁵⁷ Doherty RE (2000). A history of the production and use of carbon tetrachloride, tetrachloroethylene, trichloroethylene and 1,1,1-trichloroethane in the United States, Part 1 Historical background: carbon tetrachloride and tetrachloroethylene. *J Environmental Forensics*, 2000;1, 69–81.
- ²⁵⁸ Linak E, Leder A, Yoshida Y (1992). Chlorinated Solvents. In: *Chemical Economics Handbook*. Menlo Park, CA, USA: SRI International, 632.3000–632.3001.
- ²⁵⁹ ASTDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (2014) Public Health Statement Tetrachloroethylene.
- ²⁶⁰ USEPA (2012). US Environmental Protection Agency, “Toxicological Review of Tetrachloroethylene (Perchloroethylene) (CAS No. 127-18-4) In Support of Summary Information on the Integrated Risk Information System (IRIS)”, February 2012. Accessed at: <http://www.epa.gov/iris/toxreviews/0106tr.pdf>
- ²⁶¹ Calvert et al. (2010). Mortality and end-stage renal disease incidence among dry cleaning workers, Calvert et al., *Occupational Environmental Medicine*, 2011; 68: 709-716
- ²⁶² Lyngé et al. (2006) Cancer in Persons Working in Dry Cleaning in the Nordic Countries. *EHP* 114, 213-219.
- ²⁶³ USEPA (2011) A citizen guide to drycleaner cleanup. <https://drycleancoalition.org/>
- ²⁶⁴ California Department of Health Services, Hazard Evaluation System & Information Service (HESIS) (1989). Perchloroethylene. Available: <https://www.cdph.ca.gov/Programs/CCDC/DEODC/OHB/HESIS/CDPH%20Document%20Library/perc.pdf>
- ²⁶⁵ Gold LS, De Roos AJ, Waters M, Stewart P (2008). Systematic literature review of uses and levels of occupational exposure to tetrachloroethylene. *J Occup Environ Hyg*. 2008;5:807–839.
- ²⁶⁶ European Chemicals Agency (ECHA) database. Accessed January, 08 2018.
- ²⁶⁷ <https://chemicalwatch.com/21391/echa-publishes-first-batch-of-2013-corap-conclusions>
- ²⁶⁸ <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/canadian-environmental-protection-act-registry/substances-list/toxic.html>
- ²⁶⁹ USEPA, Office of Chemical Safety and Pollution Prevention (2017). Scope of the Risk Evaluation for Perchloroethylene (Ethene, 1,1,2,2-Tetrachloro). https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-06/documents/perc_scope_06-22-17.pdf
- ²⁷⁰ Emara et al (2010). Immunotoxicity and hematotoxicity induced by tetrachloroethylene in egyptian dry cleaning workers. *Inhal Toxicol*, 22, 117–124.
- ²⁷¹ ECHA (2017) Substitution of trichloroethylene as cleaning solvent in metal processing.





Centre d'Activités Régionales
pour la Consommation
et la Production Durables

Centre d'Activités Régionales pour la Consommation et la Production Durables (SCP/RAC)
ONU Environnement/ Plan d'Action pour la Méditerranée–Convention de Barcelone pour la protection de la Mer Méditerranée

Sant Pau Art Nouveau Site – Pavillion Nostra Senyora de la Mercè
Carrer de Sant Antoni Maria Claret, 167.
08025 Barcelone, Catalogne (Espagne)
Tel. +34 93 553 87 90

www.scprac.org