



Association des industries de produits
de vitrerie et de fenestration
du Québec

GUIDE DU TOUT SAVOIR

Le PVC Revisité – Portes et Fenêtres

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES	2
Illustrations et Tableaux	5
Introduction.....	6
PVC : Fiche Signalétique	7
Accréditations Institutionnelles	8
La chaîne de valeur de l'industrie des portes et fenêtres en PVC.....	10
A. Production de Résine.....	11
Performance de la Résine.....	11
Composition et degré de toxicité du Chlorure de vinyle.....	11
Critiques portées au chlore dans d'autres utilisations que le PVC.....	12
Provenance du monomère.....	12
Dangers relatifs au monomère.....	13
Mesures préventives face au monomère.....	13
Traitement des rejets de toxines de production.....	13
Meilleures pratiques de gestion.....	14
Santé des travailleurs	14
Chlorure de Vinyle et impact sur l'environnement.....	15
Normes et standards	15
Consommation énergétique.....	15
Recyclage de la résine	15
B. Conversion- Incorporation d'Additifs	16
Revue des principaux additifs et de leurs utilisations	16
L'étain encore utilisé	16
Les additifs sensibles au Canada	17
Le cas des Phtalates.....	17
Durabilité et décoloration	18
Caractéristique du composé.....	18
Le phénomène du farinage	18
Les matériaux non conformes et les rebuts	19

Différence de toxicité avec les produits fabriqués dans d'autres régions du Monde.....	19
Normes et législations en vigueur	19
Recyclage du composé	20
C. Processus d'Extrusion.....	21
La fumée sortant de la filière	21
Les résidus sur le calibrateur	21
Traitement de l'eau de refroidissement	21
Santé des travailleurs	21
La poudre de PVC	22
Le flexible continue d'émettre du gaz et des odeurs	22
Risque des dioxines libérées sur l'environnement.....	22
Consommation énergétique.....	22
Impact environnemental de l'extrusion dans le cycle de vie du produit.....	22
Les produits recyclés	22
D. Fabrication des Portes et Fenêtres.....	24
Gaz et poussières dégagés lors des soudures	24
Consommation d'énergie comparée.....	24
Sécurité du PVC comparée aux autres matières premières.....	25
Impact environnemental de la peinture	25
Le programme «Energy Star».....	25
Sources d'une perte de propriété isolante.....	26
E. Distribution.....	27
Avantages au niveau du transport	27
F. Consommation (Installation&Utilisation).....	28
Les risques de la résine sur la santé	28
Les phtalates dans les portes et fenêtres et leur dangerosité	28
Les risques des profilés peints	28
Impact d'une source calorifère	29
Transformation au cours du temps	29
Performance comparée.....	29
Consommation énergétique comparée entre types de fenêtres.....	30
Fenêtres et Portes en uPVC.....	31

Support de standard de qualité environnementale.....	31
Le PVC et le feu.....	31
Les substituts écologiques.....	32
G. Recyclage et Élimination.....	33
Le recyclage du PVC.....	33
Le recyclage conjoint à d'autres matières plastiques	34
La biodégradabilité	34
Pourcentage recyclé au Québec et au Canada.....	35
Efforts déployés par le secteur privé.....	35
Efforts déployés par le gouvernement.....	35
Lieu de recyclage	35
Performance au recyclage comparée.....	35
Coûts et rentabilité du recyclage.....	36
H. Conclusions et Recommandations	36
Annexe.....	38
Bibliographie.....	39

Illustrations et Tableaux

Tableau 1 - *Étude comparative de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ entre le PVC, l'aluminium, l'acier et le bois*.....30

Tableau 2 - *Sites Internet de référence pour le recyclage du PVC*.....38

Introduction

En 2010, le polymère thermoplastique de grande consommation connu de tous, le PVC, continue d'être l'objet d'interrogations, abondamment relayées dans les médias. Parmi les nombreuses matières synthétiques, rares sont celles à avoir fait l'objet d'autant de recherches approfondies. Les effets du PVC sur la santé et l'environnement ont été analysés à tous les stades, de la fabrication à l'utilisation et jusqu'à l'élimination finale. Figurant parmi les industries les plus autocontrôlées au monde, celle du PVC continue de croître internationalement aussi bien au niveau des quantités fabriquées que des applications. L'industrie continue de poursuivre ses recherches afin d'améliorer la performance de son produit tant au niveau des conditions de fabrication que des applications. Le PVC est aujourd'hui le deuxième plastique de base en importance.

Au cours des dernières années, le PVC a été examiné minutieusement pour des raisons écologiques. L'attention des fabricants de PVC s'est portée de plus sur l'impact de l'utilisation du PVC au sens large du terme, incluant l'efficacité énergétique, les techniques de gestion des déchets, ainsi que la santé humaine.

Malgré tous ces efforts, les détracteurs du PVC demeurent toujours actifs en soutenant la polémique quant aux effets toxiques du PVC. Les débats sont parfois portés à des extrêmes par des allégations sans fondement réel ni vérifications scientifiques. Greenpeace, par exemple, a rejeté le PVC en 2000, le qualifiant de « poison plastic », et le chlore de « devil's element ». Selon Patrick Moore¹ cofondateur et aussi démissionnaire de Greenpeace: « ces revendications ressemblent plutôt à un rituel religieux, voire une guerre d'intérêts politiques dont les démonstrations scientifiques n'existent pas ».

Pareils à d'autres composés de l'industrie chimique, le PVC fait l'objet de réglementations et d'analyses constantes de la part des autorités nationales et internationales. Le secteur est très sensible aux inquiétudes formulées à propos de l'environnement et encourage les progrès technologiques qui visent à l'amélioration constante des processus et des produits.

Ce manuel a été rédigé dans un souci d'information, en fonction des connaissances scientifiques et techniques du moment, de la législation en vigueur, des conditions économiques et des habitudes de consommation du moment. Il ne prétend pas être exhaustif, mais, rédigé dans un langage accessible, se propose de répondre aux besoins d'éclaircissement et d'information provenant aussi bien des consommateurs, des spécialistes que des employés de l'industrie des portes et fenêtres en PVC.

Le saviez-vous?

La première synthèse du PVC date de 1835. Le PVC est composé à plus de 57% de chlorure.

¹ Patrick Moore, détenteur d'un doctorat en écologie de l'université de British Columbia, est un cofondateur de Greenpeace et un « green activist » depuis 15 ans. Il a aujourd'hui fondé son blog www.greenspirit.com et est contre la diabolisation du PVC.

PVC : Fiche Signalétique

PRODUCTION

Le chlore réagit avec de l'éthylène pour produire du dichloréthane (DCE), un gaz liquéfié. Le monomère est ensuite polymérisé pour obtenir le chlorure de polyvinyle ou le PVC. À ce stade le PVC est une résine, il est sous forme de poudre blanche et inerte. Afin d'obtenir différents articles en PVC, on peut incorporer des additifs:

- les stabilisants: pour ne pas que le PVC se détériore au contact de la lumière et de la chaleur;
 - les plastifiants: pour le rendre souple et flexible;
 - les colorants;
 - les charges: pour lui conférer les spécificités mécaniques souhaitées;
 - les lubrifiants: pour faciliter sa mise en œuvre;
 - les ignifugeants: pour renforcer sa tenue au feu;
- Le produit obtenu est appelé composé («Compound» en anglais).

Ensuite, les articles sont fabriqués en chauffant* le composé pendant le passage:

- dans une extrudeuse pour obtenir des profilés, des conduites, etc.
- entre les rouleaux d'une calandreuse dans le but d'obtenir des articles plats, tels des membranes ou films, rigides ou flexibles;
- En le soufflant dans un moule pour des objets creux.

**La liste des procédés d'extrusion n'est pas exhaustive.*

COMPOSITION

- 57% de chlorure (que l'on retrouve dans le sel);
- 43% d'éthylène.

Plus de la moitié de la composition du PVC est donc d'origine minérale.

PRINCIPALES APPLICATIONS

- **Construction:** tuyaux, profilés (portes et fenêtres), câbles, revêtements de sol, enduits de toiture, canalisations;
- **Emballage:** produits alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques;
- **Bien de consommation courante :** chaussures, cartes de crédits, vêtements, jouets;
- **Secteur automobile:** chaque voiture contient environ 10 à 16kg de PVC (revêtement des pièces, des tableaux de bord, les panneaux des portes);
- **Secteur médical:** poches de sang, cathéters, petits tubes et tuyaux, gants chirurgicaux, masques d'inhalations, emballages stériles.

MARCHÉ MONDIAL DU PVC

Plastic Europe Market Research Group

- 2^{ème} matière plastique utilisée au monde;
- Croissance annuelle de 3.5%.
- La demande mondiale pour la résine de PVC a atteint 30 millions de tonnes métriques en 2006;

Applications principales :

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| - Tuyaux: 27%; | - Câbles : 6%; |
| - Profilés (portes et fenêtres): 25%; | - Revêtements de sol : 5%; |
| - Films et feuilles: 14%; | - Autres: 23%. |

(PVC Info Belgium 2006)

INDUSTRIE DU PVC AU CANADA

- **Production:** 12.8% de la production de résine synthétique du Canada;
- **Emplois:** 6300 personnes dans la transformation de résines synthétiques dans 123 établissements;
- **Concentration géographique :** Ontario, Québec et Alberta.
(Industrie Canada, 2006)

Organismes clés:

- | | | | |
|---------------------------|--|-----------------------------|--|
| - Vinyl Council of Canada | www.plastics.ca/vinyl | - CSST | www.csst.qc.ca |
| - Institut du vinyle | www.vinylinfo.org | - US Green Building Council | www.usgbc.org |

Accréditations Institutionnelles

Le PVC a reçu de nombreuses approbations de la part de gouvernements et d'agences institutionnelles. La liste suivante, sans être exhaustive, propose des exemples concrets d'utilisations autorisées prouvant l'inoffensivité du produit pour la santé.

-L'**US Food and Drug Administration** (FDA) a approuvé l'utilisation du PVC dans la fabrication de sacs de produits sanguins et des contenants par intraveineuse².

-La **National Sanitary Foundation** (NSF), a approuvé l'utilisation du PVC dans la fabrication de tuyaux pour l'eau potable³.

-L'**US Consumer Product Safety Commission** (CPSC), soit la principale agence gouvernementale américaine chargée de superviser la sécurité dans les produits de consommation courante, a passé en revue l'aspect sécuritaire du PVC dans les jouets en 2003. Suite à une vérification approfondie, il n'a pas été possible de conclure au moindre risque sur la santé avec les jouets en PVC. Par contre, depuis le 10 février 2009, suite à des pressions de lobbyistes, l'utilisation de 6 phtalates a été limitée à 0.1% dans les produits destinés aux enfants de moins de 12 ans. Un comité scientifique se penche encore sur la question et l'utilisation pourrait être approuvée de nouveau.

-La **National Fire Protection Association** (NFPA) est une autorité relative aux édifices, au feu et à l'électricité. Le PVC rencontre parfaitement ses normes pour l'isolation des câbles électriques et la transmission de données.

-L'**Agence de Santé publique Santé Canada** n'a ni dénoncé, ni prohibé l'utilisation du PVC dans les **portes et fenêtres**. Elle voit un réel danger dans d'autres applications à base de PVC souple comme les jouets pour enfants de moins de 3 ans ou les rideaux contenant le plastifiant DEHP. Santé Canada porte son attention sur les additifs en limitant les concentrations des plastifiants⁴ et stabilisants reconnus pour être dangereux comme les phtalates (DEHP) et les stabilisants (Cadmium, plomb). De façon générale, tous les additifs

² <http://www.fda.gov/default.htm>

³ http://www.corrosion-products.com/PipingProducts/PVC_CPVC.htm

⁴ Santé Canada : http://www.hc-sc.gc.ca/cps-spc/alt_formats/hecs-sesc/pdf/advisories-avis/info-ind/phthalate_consultation_070716.pdf

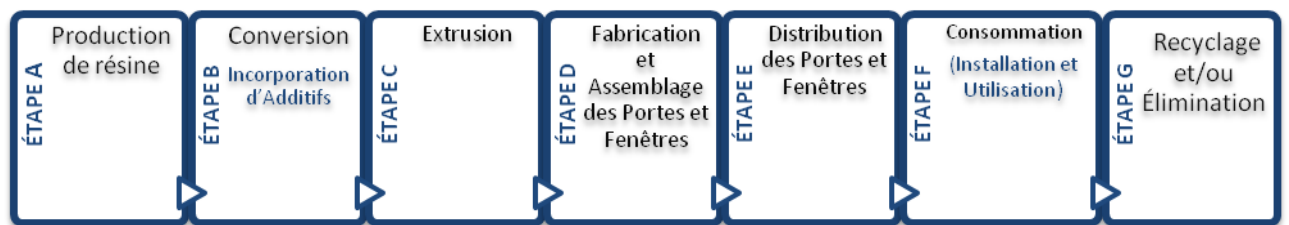
font l'objet de recherches et de suivis permanents et sont réglementés par la FDA (Food and Drug Administration) et l'EPA (Environmental Protection Agency).

-La **Commission de la santé et de la sécurité du travail** (CSST) a mis en place des normes et des réglementations afin de minimiser les risques pour les travailleurs. Elle organise régulièrement des contrôles auprès des entreprises et des mises à jour prenant en compte les nouveaux dangers. Dans la déclaration de **Règlement sur la santé et la sécurité du travail**⁵, toutes les directives y sont énoncées concernant les normes à respecter (qualité de l'air, équipement individuel de protection respiratoire, vapeur et gaz inflammable, poussières combustibles, etc.) en fonction du type d'usine et de substances manipulées. Il est important de noter que rien de spécifique au PVC ne figure. Il s'agit pourtant de directives générales protégeant les travailleurs dans des usines de production.

⁵http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS_2_1%2FS_2_1R19_01.htm

La chaîne de valeur de l'industrie des portes et fenêtres en PVC

Afin d'identifier à quelle étape se rapporte les points ou problèmes soulevés dans la chaîne de valeur de l'Industrie des portes et des fenêtres en PVC, nous avons rassemblé les informations selon l'étape à laquelle elles se réfèrent dans le chaîne de valeur de l'industrie des portes et fenêtres en PVC.



A. Production de Résine

L'industrie de production de résine de PVC fait partie des industries pétrochimiques; ces industries étant parmi les plus autocontrôlées au monde. Les informations présentées renseigneront les spécialistes de cette industrie mais aussi les employés. Des questions relatives à la toxicité des composés mais aussi sur l'environnement et le développement durable seront abordées.

Performance de la Résine

La Chlorure de Polyvinyle est un polymère thermoplastique, similaire de par sa structure au polyéthylène, à l'exception près que chaque unité contient un atome de chlore. Bien que l'atome de chlore rende la résine vulnérable à certains solvants, il lui confère une résistance supérieure dans bien des domaines. En effet, il accorde au PVC une résistance excellente aux huiles (sauf les huiles essentielles) et une très faible perméabilité à la plupart des gaz. Malgré le fait que d'autres polymères présentent une meilleure résistance que le PVC, ils sont en outre beaucoup plus chers et difficiles à traiter.

La Chlorure de Polyvinyle est une poudre blanche. Elle est amorphe ou faiblement cristalline. Lorsque la résine est mélangée avec des plastifiants, le PVC devient souple et flexible, offrant une tubulure prisée, que l'on retrouve d'ailleurs dans tous les laboratoires bien équipés.

Composition et degré de toxicité du Chlorure de vinyle

Le chlorure de vinyle, couramment appelé chloroéthène, est un composé chimique industriel se présentant sous la forme d'un gaz inflammable, explosif et à odeur d'éther qui se liquéfie à - 14 °C. Il est préparé par chloration de l'éthylène ou par traitement du chlorure d'éthylène par la chaux. Le chlorure de vinyle est principalement utilisé à des fins de polymérisation pour fabriquer le PVC. Il forme un gaz dangereux sous la forme monomère à cause du risque cancérigène avéré chez l'homme. Cependant il est rendu inerte lors de sa polymérisation en PVC, évitant ainsi presque totalement les émanations et les risques pour l'homme. De surcroît, afin de minimiser les impacts possibles du monomère sur la santé des travailleurs, en 1970, des mesures drastiques ont été prises : la limite est désormais de 5ppm dans l'air des ateliers lors de la polymérisation du PVC et de 1ppm dans les matériaux et objets en PVC en contact avec les denrées alimentaires. Cette substance est inscrite à l'annexe 1 de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement de 1999.

Critiques portées au chlore dans d'autres utilisations que le PVC

Le chlore est utilisé dans de nombreuses applications dont les vêtements imperméables (« Wetsuit » en anglais), l'eau de javel, les savons antibactériens. Le chlore a été l'objet de critiques d'autres industries, notamment au niveau du traitement de l'eau. Mais si l'on n'utilisait pas de chlore comme désinfectant dans l'eau potable et les produits d'entretien, des millions de personnes mourraient chaque année d'infection. Une expérience conduite au Pérou dans les années 1990 a conduit à stopper la chloration de l'eau potable. Les conséquences ont été désastreuses. Selon les statistiques, plus de 500 000 personnes ont été contaminées par le Choléra et plus de 5000 auraient succombées à la maladie. Il faut savoir que le chlore est l'un des plus abondants éléments de la planète. Le problème du chlore vient principalement de son entreposage. Un des avantages du PVC est qu'il permet de réutiliser le chlore rejeté lors de la fabrication de produits comme le savon, la lessive. C'est aujourd'hui une des solutions pour éviter des stockages importants et dangereux de chlore et pour réutiliser les résidus provenant de la fabrication d'autres produits.

Provenance du monomère

Le monomère utilisé pour produire le PVC est le chlorure de Vinyle. Comme décrit ci-dessus, le monomère est un composé chimique industriel qui se présente sous la forme d'un gaz inflammable, explosif, à odeur d'éther. Le chlorure de vinyle a été produit pour la première fois en 1835 par Justus Von Liebig et son assistant Henri Victor Regnault. Ils l'ont obtenu par traitement du 1,2 -dichloro-éthane avec une solution d'hydroxyde de potassium dans l'éthanol. En 1912, Fritz Klatte, un chimiste allemand travaillant pour Griesheim-Elektron, a fait breveter un procédé pour produire le chlorure de vinyle à partir de l'acétylène et de l'acide chlorhydrique en utilisant le chlorure mercurique comme catalyseur. Cette méthode a été couramment employée pendant les années 30 et les années 40. Depuis cette époque, elle a été remplacée par des procédés plus économiques. Le vinyle est aujourd'hui fabriqué industriellement à partir de l'éthylène et du chlore⁶. Le Canada ne fabrique pas ce monomère.

⁶Wikipedia, Chlorure de vinyle (novembre 2009)

Dangers relatifs au monomère

Le monomère chlorure de Vinyle présente différents risques selon le type d'exposition. D'après sa fiche internationale de Sécurité Chimique⁷, lorsque ce gaz est sous sa forme monomère, il est extrêmement inflammable et émet des fumées et gaz irritants ou toxiques lors d'incendie (Ce gaz irritant permet d'avertir les gens menacés par les incendies). Les mélanges air et gaz sont explosifs. L'inhalation du gaz engendre vertiges et somnolences, des maux de tête et peut conduire à la perte de conscience. Les yeux en contact du gaz deviennent rouges et contractent des douleurs. Si un contact direct avec le monomère sous forme liquide est établi, des gelures apparaissent. Même en cas d'exposition de courte durée, l'observation médicale est conseillée.

Mesures préventives face au monomère

La prévention doit suivre trois impératifs : éviter les risques d'inflammation, contenir les risques d'explosion et éviter tout contact physique. Pour éviter tout risque d'inflammation, il est impératif de ne pas approcher de flammes nues, de créer des étincelles et bien sur de ne pas fumer. Les risques d'explosion sont quasi nuls lorsque le système fonctionne en vase clos, que le compartiment est ventilé et que les équipements électriques et l'éclairage sont protégés contre les explosions. Il est recommandé d'utiliser des outils antidéflagrants. Pour le contact physique, il faut simplement éviter tout contact. Le compartiment doit être ventilé, avec une aspiration locale et des protections respiratoires. Il est préconisé de se munir de gants de protection contre le froid, de porter des vêtements de protection ainsi que des lunettes de protection fermées ou des protections oculaires associées à une protection respiratoire. Il est important de ne pas manger, boire ni fumer pendant les heures de travail.

Traitement des rejets de toxines de production

Lors de la fabrication de la résine, deux produits sont créés soit le monomère et la soude caustique (« caustic soda », en anglais). La soude caustique est produite conjointement avec le chlore pendant l'électrolyse du chlorure de sodium. La soude caustique est utilisée dans une grande variété d'applications telles que la production d'aluminium, dans l'industrie des pâtes et papier, produits chimiques, de traitement des eaux et la fabrication de détergents et les savons. Durant l'électrolyse du chlorure de sodium, toutes les toxines

⁷ *Fiches Internationales de Sécurité Chimique (2000)*

produites sont contrôlées. À l'instar des usines américaines, le risque de vivre proche dans un rayon de 7 kilomètres d'une usine de fabrication de chlorure de vinyle a été évalué à moins de 0.1 cas de cancer pour 5 millions d'habitants pour les 70 prochaines années⁸ au Canada.

Meilleures pratiques de gestion

Bien que l'industrie de production de résine de monomère soit, comme mentionné plus haut, une des industries les plus autocontrôlées au monde, les meilleures pratiques de gestion doivent s'articuler autour de l'amélioration continue des procédés de production et d'une fabrication toujours plus responsable. Ces meilleures pratiques signifient la veille stratégique des meilleures pratiques environnementales et de sécurité au travail mais surtout une pro-action dans l'application des normes et des réglementations gouvernementales. Un regard critique mais constructif pourrait aussi être porté sur des initiatives d'autres industries transatlantiques, comme le programme REACH, une nouvelle réglementation chimique européenne visant à collecter des données sur les substances produites pour démontrer qu'elles sont contrôlées, produites et consommées.

Santé des travailleurs

Le contact avec le monomère de chlorure de vinyle peut se produire que par accident et uniquement lors de la production de résine en PVC. À ce jour, un seul risque de cancer a été identifié et il remonte à 1974⁹. Il s'agit d'un type rare de cancer du foie contracté dans des conditions d'exposition extrêmes. Depuis lors, des mesures de sécurité ont été prises quant au niveau d'exposition toléré par les individus dans différents pays. Au Canada, il existe des seuils de tolérance en fonction des durées d'exposition. La CSST a établi une norme stricte. Les tests effectués dans les usines de production de résine ont révélé que le niveau de monomère était toujours très bas. De surcroît, les progrès technologiques font en sorte de minimiser les risques pour les individus. Rappelons que l'industrie du PVC est une des industries les plus autocontrôlées au monde.

⁸ Quick reference, The Vinyl Institute
⁹ <http://www.belgochlor.be/fr/H306.htm#PVC>

Chlorure de Vinyle et impact sur l'environnement

Les émissions du monomère sont quasi inexistantes dans le produit fini (<1ppm) mais peuvent être générées en infime quantité à partir d'une activité, comme le brûlage de polymère. Le monomère émis est toujours en deçà du niveau considéré comme nocif. En général, tous les processus de fabrication ne peuvent être exempts d'émissions. Des études ont été faites pour prélever les niveaux de Chlorure de Vinyle contenus dans l'air à proximité des usines de fabrication. Leurs analyses ont révélées que les niveaux étaient inférieurs à ceux fixés par les autorités pour la protection de la santé des travailleurs. Lorsque les concentrations dans l'atmosphère à proximité des sites de production résultant des rejets sont minimes, la durée de vie moyenne du CVM dans l'atmosphère est de 2 jours car il se dégrade très rapidement : son impact est donc négligeable sur l'ozone stratosphérique ainsi que sur l'effet de serre. Son effet éventuel sur l'ozone troposphérique n'a pas encore été mesuré.

Normes et standards

L'industrie de la production de résine de PVC est encadrée par un standard pour déterminer les attributs de la résine de PVC : ASTM 1755 – Standard Specification for Poly (Vinyl Chloride) Resins, et la norme ISO 1264:1980 Plastics - Homopolymer and copolymer resins of vinyl chloride. Ces deux normes traitent du même sujet, mais avec des considérations techniques différentes.

Consommation énergétique

La consommation d'énergie pour produire le monomère de chlorure de Vinyle est importante pour électrolyser le sel, mais bien en deçà de celle de l'acier ou de l'aluminium. La résine de PVC est largement dérivée du sel (57% de Chlorine), une ressource abondante et très abordable.

Recyclage de la résine

Le procédé de polymérisation est très difficilement réversible. La résine de PVC ne se décompose pas. La majorité des rebuts de résine est réutilisée pour des applications non critiques, c'est-à-dire sécuritaires. Si la résine peut être récupérée, elle est réutilisable. De ce fait, rien n'est jeté ou gaspillé.

B. Conversion- Incorporation d'Additifs

L'utilisation variée du PVC repose sur les propriétés intéressantes du polymère qui peut être fabriqué sur mesure grâce au procédé de transformation et à l'ajout d'additifs. L'information présentée renseignera les spécialistes et employés de l'industrie sur des questions portant sur la toxicité des additifs, leur impact sur l'environnement tout en abordant des points du développement durable.

Revue des principaux additifs et de leurs utilisations

Les principaux additifs utilisés dans la transformation du PVC sont les stabilisants, les plastifiants, les lubrifiants, les charges, les pigments et les ignifugeants. Ils permettent de doter le PVC de caractéristiques hétérogènes telles qu'une meilleure résistance, une plus grande souplesse, une durabilité supérieure. Les additifs n'altèrent pas la qualité du produit fini s'ils sont utilisés en quantité appropriée et sont de qualité juste pour l'utilisation faite. Les besoins du marché – principalement la demande des consommateurs- dictent les décisions d'utilisations des additifs et résultent d'une entente entre les clients (détaillants et les distributeurs de produits finis) et les fournisseurs. Les additifs comme les charges, sont des matériaux solides qui ne fondent pas (dioxyde de titane, carbonate de calcium). Les charges volatiles ne sont pas présentes dans le PVC. Le choix d'incorporation des additifs résulte des besoins des utilisateurs finaux, des lois et réglementations du gouvernement et des propres règles des multinationales.

L'étain encore utilisé

En mars 2008, le «Vinyl Council of Canada», «Tin Stabilizer Association» et Environnement Canada ont signé un accord de performance environnemental au sujet de l'étain. L'étain est un stabilisant s'inscrivant dans une démarche environnementale lors de la fabrication de PVC. Dans ses nombreuses applications industrielles, l'étain se présente sous forme minérale ou organique. Les stabilisants organiques à base d'étain sont utilisés comme substituts au plomb et au cadmium. Les composés à base d'étain ont un profil de dangerosité moins élevé que les composés à base de plomb et de cadmium.

Les additifs sensibles au Canada

Les acteurs de l'Industrie des portes et fenêtres en PVC ont retiré la chimie du plomb dans les pratiques courantes de fabrication depuis une dizaine d'années. Les pigments de plomb étaient autrefois utilisés mais ne sont plus appliqués dans les portes et fenêtres en PVC. Et la chimie de cadmium est sur la voie d'être substituée aussi. Les produits stabilisés au plomb ont fait l'objet de certaines pressions ces dernières années en raison des risques allégués pour l'homme et l'environnement. L'Industrie a répondu à ces pressions en offrant des produits «Lead free». Malgré ces préoccupations, aucun empoisonnement médicalement sérieux résultant de l'utilisation de stabilisateurs au plomb dans le PVC n'a jamais été rapporté.

Le cas des Phtalates

Les phtalates sont le principal additif plastifiant utilisé pour rendre le PVC souple. Le plus répandu des phtalates est le DEHP (ou di(2-éthylhexyl)phtalate). Les phtalates qui sont utilisés pour assouplir le PVC sont accusés parfois de présenter des risques cancérigènes et des effets pseudo oestrogéniques. Si les phtalates peuvent entraîner des effets cancérigènes chez les rongeurs exposés à de très fortes doses, il est maintenant bien établi que ce risque n'est pas transposable à l'homme. L'effet pseudo-oestrogénique (des molécules naturelles ou synthétiques pourraient interférer avec les hormones sexuelles dans l'organisme et ainsi provoquer des effets indésirables notamment au niveau de la reproduction) a aussi fait l'objet d'études. On constate, dans des expériences in-vitro (sur cellules isolées), une absence d'effet pour la majeure partie des phtalates. Seul le dibutyl-phtalate (DBP) et le butyl-benzyl-phtalate ont un faible effet œstrogène dans des conditions expérimentales. Enfin, on a enregistré un phénomène particulier dans le cas du DEHP utilisé pour rendre souples les poches à sang. Les phtalates migrent à de très faibles concentrations dans les globules rouges qui sont eux-mêmes des membranes. Cette très faible migration permet de conserver le sang plus longtemps.

Les industriels cherchent les moyens de remplacer le DEHP par d'autres phtalates de plus haut poids moléculaire. D'autres plastifiants sont donc envisagés pour être utilisés dans le PVC. La plus importante substitution des phtalates concerne la production des jouets et produits pour enfants ainsi que la production de matériel médical. Le défi est de produire des produits de substitution avec les mêmes propriétés de résistance et de flexibilité exigées par les applications, surtout pour le secteur médical. Les études devront faire la

démonstration de l'innocuité et de l'efficacité de ces produits de remplacement. Pour les substituts au phtalates, la question fondamentale est de savoir s'il faut privilégier des substituts dont on ne connaît pas l'historique sous l'hypothèse que les phtalates seraient nocifs.

Durabilité et décoloration

Les additifs colorants, qui peuvent être des teintures ou des pigments, sont ajoutés aux plastiques pour en rehausser les qualités esthétiques. Les teintures servent généralement à produire les effets de transparence et de brillance dans les plastiques clairs tels que le polystyrène, ainsi que les résines acryliques et cellulosiques. Parfois, elles sont ajoutées en même temps qu'un pigment. Les noirs de carbone constituent un important groupe de pigments qui servent aussi de charge et sont de bons stabilisants contre la lumière UV.

Caractéristique du composé

Les composés («Compounds» en anglais) constituent la phase préparatoire à la conversion finale des résines PVC pour différentes applications. Ils sont obtenus par conversion de la résine PVC avec d'autres additifs (stabilisants, lubrifiant, ignifugeants, etc.) qui lui permettent de s'adapter au type de la transformation. Le composé se divise en deux familles de produits, les composés plastifiés et les composés rigides. Les produits sont adaptables aux exigences propres aux applications : du câble très souple à la fenêtre très rigide. Pour les processus de transformation finale du composé ils vont de l'extrusion à l'injection en passant par le pressage, l'extrusion soufflage, le roto moulage, le moulage, le calandrage et le revêtement électrostatique. Dans le cas des portes et fenêtres, le composé est préalablement extrudé.

Le phénomène du farinage

Le phénomène du farinage («Chalking» en anglais) est la détérioration du PVC, exposant les particules de titane (TiO₂) à la surface. L'apparition d'une surface poreuse voir poudreuse blanche peut être nettoyée de la plupart des surfaces en PVC. Elle se compose des particules de titane et des produits de dégradation du PVC produites sous l'action du soleil. Le matériau appelé uPVC, le u pour «unplasticized» (non plastifié), signifie que le PVC ne contient pas de plastifiant. L'uPVC a tendance à avoir une meilleure résistance au phénomène du farinage et à l'oxydation des éléments.

Les matériaux non conformes et les rebuts

Tous les rebuts résultant du processus -close loop- de conversion sont collectés et revalorisés dans des formulations de qualité égale ou inférieure, pour assurer un recyclage à 100% de tous les matériaux utilisés au niveau de l'industrie de conversion. Les matériaux non conformes sont retournés au fabricant.

Différence de toxicité avec les produits fabriqués dans d'autres régions du Monde

Des produits fabriqués hors du Canada doivent faire preuve d'une analyse particulière. En effet, certains pays ne réglementent pas l'utilisation de stabilisant comme le plomb. Cette vérification est d'autant plus importante que le Canada n'a pas toujours la réglementation pour empêcher ces produits de pénétrer.

Normes et législations en vigueur

La CSST a mis en place des normes¹⁰ et effectue régulièrement des tests afin de protéger au maximum les travailleurs et réduire les risques. Excepté sous sa forme de monomère de chlorure de vinyle que l'on retrouve qu'à l'étape de fabrication de la résine, le PVC n'est pas classé à risque et ne figure pas dans les mesures de protection des travailleurs de la CSST. La réglementation impose des bassins et des compartiments à déversement dans les usines de conversion pour s'assurer qu'aucune matière ne soit déversée accidentellement sur le plancher où travaillent les employés ou dans la nature. La CSST effectuait des prises de sang à 4 fois par an sur les employés de l'usine de composé. Mais maintenant que le plomb est retiré d'usage, les tests ont été suspendus. Une hygiène industrielle de qualité impose la minimisation de l'inhalation de poussière. L'industrie du PVC est proactive. Aucun accident relatif à l'inhalation de poussière de PVC n'a été enregistré à ce jour dans les usines de fabrication du composé. Mais comme tous autres produits poussiéreux, l'équipement de protection approprié doit être mis en place.

¹⁰ Publication (juillet 2009), Normes de sécurité et santé au travail, Annexe 1, Partie 1, liste des niveaux acceptables pour tous les produits:
http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS_2_1%2FS2_1R19_01.htm

Recyclage du composé

Tout est recyclé dans la chaîne de fabrication du composé.

C. Processus d'Extrusion

L'extrusion contraint de façon mécanique la poudre de PVC sous pression et chauffée à traverser une filière qui lui donnera la forme d'un profilé de portes et de fenêtres. L'information présentée renseignera les spécialistes et employés de l'industrie sur des questions portant sur la toxicité du processus, de son impact sur l'environnement et les considérations de développement durable.

La fumée sortant de la filière

Les dioxines ne sont pas libérées sous des conditions normales de production. Seuls les additifs de type stabilisant, lubrifiant et plastifiant peuvent être libérés. Les normes de ventilation applicables dans le secteur suffisent à ventiler la fumée et à éliminer tout risque.

Le saviez-vous? Le processus d'extrusion est un procédé de fonte et non de brûlure.

Les résidus sur le calibrateur

Lorsqu'on extrude, une fumée peut sortir de la filière. Certains lubrifiants ne sont en effet pas compatibles avec le PVC et sont évincés de la matrice du plastique, en transportant de l'oxyde de titane, de carbonate de calcium et certains additifs inorganiques. Les vapeurs de lubrifiants, de stabilisants et de plastifiants viennent se condenser sur le calibrateur. Régulièrement, le condensé est piégé et collecté (Il est parfois de couleur verte mais jamais blanc).

Traitement de l'eau de refroidissement

L'eau de refroidissement qui rentre en contact avec le polymère est continuellement réutilisée en circuit fermé.

Santé des travailleurs

Le composé de PVC à l'extrusion n'est pas contrôlé¹¹. Il n'y a pas de normes, car pas d'effet nocif sur les employés. Les tests effectués dans les usines extrudant des composés en PVC ont révélé que le niveau de monomère était très bas et acceptable à l'extrusion.

¹¹ SIMDUT : Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail

La poudre de PVC

Les composés en poudre ne sont pas plus toxiques en raison de leur volatilité.

Le flexible continue d'émettre du gaz et des odeurs

Le flexible dégage des odeurs même non chauffé. Il suffit de se remémorer ouvrir le sachet d'un rideau de douche neuf de mauvaise qualité pour sentir l'odeur du plastifiant, voir du stabilisant ou du caoutchouc rajoutés au composé. Le phénomène est le même pour la senteur de l'intérieur de l'habitacle d'une automobile neuve. Il est important de souligner que la technologie pour rendre les phtalates inodores voir même les remplacer existe. La fabrication des poches de sang souple a recours à cette technologie. La simple raison pour laquelle elle n'est pas systématiquement appliquée est une question de coût. En outre, les flexibles émettant le plus d'odeurs nauséabondes sont le plus souvent importés.

Risque des dioxines libérées sur l'environnement

Le processus d'extrusion n'est pas une combustion. Par voie de conséquence, il n'entraîne pas l'émission de dioxines découlant de la combustion de composés chlorés. Les dioxines libérées sur l'environnement sont donc inexistantes.

Consommation énergétique

L'extrusion est alimentée par l'hydroélectricité qui est une énergie propre. Aussi l'extrusion requiert une consommation d'eau importante qui est utilisée en circuit fermé. L'eau rentre en contact avec le polymère pour le refroidir.

Impact environnemental de l'extrusion dans le cycle de vie du produit

Actuellement, l'industrie est en train d'analyser son impact sur l'ensemble du cycle de vie du produit. Quelques entreprises ont débuté des analyses poussées. Toutefois, la majeure partie du travail reste à faire.

Les produits recyclés

Deux types de produits en PVC existent : le PVC provenant du «closed-loop» soit des rebuts d'usine, et le PVC post consommation. Les produits recyclés présentés sous forme de granule sont appelés «regrind». Le PVC en granule est en fait une poudre de PVC qui est déjà passée par une première étape de transformation. Le PVC recyclé a démontré pouvoir garder les mêmes

caractéristiques que son polymère le chlorure de polyvinyle. La clef du succès dans l'utilisation du PVC recyclé est la propreté. Tous les matériaux sujets à des dégradations thermiques durant le processus de transformation doivent être retirés et mis au rebut. Ils sont toutefois réutilisés pour des applications non critiques. Rien n'est perdu.

D. Fabrication des Portes et Fenêtres

L'information présentée renseignera les spécialistes et employés de l'industrie sur des questions portant sur la toxicité du processus de fabrication des portes et des fenêtres, leur impact sur l'environnement tout en abordant des considérations du développement durable.

Gaz et poussières dégagés lors des soudures

Lors de la soudure, les vapeurs sont principalement composées de lubrifiants, de stabilisants et d'acide chlorhydrique. Des vapeurs de plastifiants sont générées lors des soudures de PVC flexibles. Étant donné la faible émission des composés chimiques adjointe aux normes de sécurité des travailleurs dans les usines, les risques pour la santé des travailleurs sont quasi inexistantes.

Consommation d'énergie comparée

L'utilisation d'énergie nécessaire pour la fabrication de fenêtres en PVC est la plus basse par rapport aux autres plastiques, et rivalise de loin avec l'aluminium mais demeure légèrement supérieure à celle que le bois. Les données¹² de comparaison suivantes incluent l'énergie requise pour extraire les ressources naturelles, le transport à l'usine et la transformation.

- La consommation énergétique pour la fabrication d'un cadre de fenêtre en PVC est de 7.19 kWh kg-1. Le facteur d'émission de CO2 est de 2.04t CO2 t-1 PVC.
- La consommation énergétique pour la fabrication d'un cadre de fenêtre en aluminium est de 45.56 kWh kg-1.
- La consommation énergétique pour la fabrication d'un cadre de fenêtre en bois est de 0.58 kWh kg-1 (les données étudiées portent sur un transport de 250Km et une source d'énergie composée à 92% du diesel et 8% de l'électricité).

La consommation énergétique pour produire des fenêtres en aluminium est importante (plus de 52% de la valeur total) contre 14% pour les fenêtres en PVC et 4% pour les fenêtres en bois.

¹² *Estimate of energy consumption and CO2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, aluminum and wooden windows, Barcelona, 2005*

Le saviez-vous ? L'énergie nécessaire pour assembler les fenêtres est globalement la même peu importe le type de fenêtres (PVC, bois, aluminium) soit de 4.48 kWh par fenêtre (calculée à partir d'une source électrique).

Sécurité du PVC comparée aux autres matières premières

Sans danger pour la santé, le PVC est particulièrement indiqué pour les personnes asthmatiques ou allergiques. En effet, le PVC composant les profilés des fenêtres possède une parfaite innocuité. Il est de plus très stable et inerte. Il ne dégage pas d'élément toxique, ni par contact avec l'atmosphère ni lors de leur entretien. De plus, la fenêtre en PVC ne s'enflamme que très difficilement. Elle ne propage pas le feu, elle est auto-extinguible, elle ne génère pas de gouttes enflammées et ne dégage aucun chlore ni phosgène (cf. section Le PVC et le feu page 31). Le PVC des profilés des portes et fenêtres a des émissions négligeables qui le rendent très approprié pour des applications sensibles.

Impact environnemental de la peinture

Contrairement aux fenêtres en bois ou en aluminium, le choix du PVC n'implique pas de rafraîchissement de la peinture ou de la teinture. Plusieurs pigments existent, certains traditionnels pour les matières plastiques contiennent du chrome et du plomb, d'autres colorants sont entièrement organiques. Concernant les pigments toxiques (ceux contenant des métaux lourds), ils concernent surtout le chrome dans une forme particulière (le chrome hexavalent) et leur niveau de concentration est en deçà de tout niveau de danger. Son niveau d'utilisation est très réglementé dans la législation nationale et internationale. Les peintures durables et les plus écologiques sont les peintures à base d'eau formulées pour le PVC.

Important : les additifs colorants ne se dégagent pas du PVC en cas d'utilisation normale ou sous l'action des conditions atmosphériques.

Le saviez-vous ? L'acier chirurgical et les couverts de table contiennent autour de 15% de chrome. Les pigments de céramiques utilisés dans l'agroalimentaire fournissent les couleurs de nombreux produits en PVC. Les pigments de plomb ont été remplacés par des pigments inorganiques, comme le dioxyde de titane pour le pigment de plomb blanc.

Le programme «Energy Star»

Le programme «Energy Star» est le symbole d'efficacité énergétique par excellence reconnu à l'échelle internationale. Les portes et fenêtres homologuées ENERGY STAR démontrent un meilleur rendement et une économie d'énergie tout en contribuant à protéger

l'environnement. Pour obtenir ce haut standard de qualité, un produit doit répondre à des niveaux précis d'efficacité énergétique établis pour quatre zones climatiques au Canada. Le Canada est divisé en quatre zones de la plus douce (A) à la plus froide (D). Les quatre zones climatiques ont été créées selon les degrés-jours de chauffage (une mesure de la température moyenne annuelle). Les niveaux d'efficacité mesurent la performance des portes et fenêtres dans l'isolation contre le froid ou dans l'utilisation de la chaleur du soleil comme complément au système de chauffage du bâtiment. Plus le nombre de zones auxquelles un produit se rapporte est important, meilleur sera son rendement énergétique. Pour faire le bon choix de portes et de fenêtres en PVC, il faut repérer les produits portant l'étiquette «Energy Star». Cette étiquette permet également de connaître les zones où le produit est admissible.

Le saviez-vous? Le label ENERGY STAR est né aux États-Unis en 1992 avec l'expansion massive des ordinateurs. Très vite, le Canada a emboîté le pas. Depuis avril 2004, des critères d'homologation canadienne ENERGY STAR ont été développés pour labelliser les fenêtres et portes vitrées destinées à nos latitudes. Depuis 2005, les portes d'entrée sont aussi recevables. Le sceau ENERGY STAR est une étiquette saluée qui se mérite.

Sources d'une perte de propriété isolante

Les sources d'une perte de propriété isolante sont le vitrage, qui est le chaînon le plus faible pour la déperdition de chaleur d'une fenêtre.

E. Distribution

L'information présentée renseignera les spécialistes et consommateurs de l'industrie sur des questions portant sur les considérations environnementales.

Avantages au niveau du transport

Les fenêtres en PVC peuvent être plus facilement homologuées «Energy Star» comparativement au bois et à l'aluminium. Le coût du transport des portes et fenêtres est souvent inférieur à celui du bois de par son faible poids. Par conséquent, il réduit la consommation d'essence donc les gaz à effet de serre. Pour entreposer le PVC, nul besoin de conditions spéciales comparativement au bois dont il faut veiller au taux d'humidité.

F. Consommation (Installation&Utilisation)

Les consommateurs de portes et de fenêtres sont très sensibles aux questions de santé et environnementales. L'information présentée renseigne sur les préoccupations des spécialistes et des consommateurs concernant l'emploi du PVC dans les portes et fenêtres.

Les risques de la résine sur la santé

Il est possible de trouver des traces de monomère de chlorure de vinyle n'ayant pas réagi dans le PVC. Ce monomère résiduel se trouve en quantité quasi insignifiante. En effet, elle se compte en particules par milliards, soit une concentration 1000 fois inférieure au seuil d'exposition sans danger au monomère. Comme dans la fabrication et l'utilisation des produits PVC, la concentration n'est pas plus un problème au niveau de la consommation. Les domaines les plus sensibles sont l'alimentaire et les applications médicales qui nécessitent certaines mesures de sécurité. Les normes servent évidemment de mesure préventive.

Fait important : un produit fini en PVC ne peut en aucun cas présenter un risque de cancer car le monomère est pratiquement absent.

Les phtalates dans les portes et fenêtres et leur dangerosité

Les portes et fenêtres sont composées majoritairement de PVC rigide et de seulement 1 à 2% de PVC souple. Le PVC souple intègre des plastifiants qui lui confèrent sa souplesse, souvent les phtalates. Lors de l'utilisation quotidienne des fenêtres et portes en PVC, les consommateurs sont en contact négligeable avec le PVC souple. Le risque que les plastifiants migrent d'un milieu à l'autre est quasi inexistant. Dans un tel scénario, les concentrations seraient tellement faibles que les risques de répercussions sur la santé des individus seraient quasi nuls. En effet, des études existantes sur la toxicité des phtalates ont démontré qu'ils comportaient des risques sur les animaux, mais seulement à fortes doses qui équivaldraient à une exposition de 300g par jour pour un individu. Or, les individus sont en moyenne en contact avec seulement 2g par année.

Les risques des profilés peints

La mise en couleur ou le laquage des fenêtres PVC doivent être réalisés en atelier avec des peintures et selon une procédure déterminée par le gammiste. Jusqu'à date, il était

particulièrement déconseillé de mettre en couleur des fenêtres blanches, même avec une peinture spéciale PVC, car leur tenue n'est généralement pas prévue en conséquence, et surtout cela risque d'altérer la résistance au choc du PVC. Actuellement, une transition s'opère sur le marché avec l'utilisation de peintures à base d'eau.

Impact d'une source calorifère

Il n'y a aucun danger de voir émaner des gaz nocifs lors de l'exposition d'une fenêtre à une source calorifère.

Transformation au cours du temps

Les profilés se modifient à travers le temps en s'oxydant et en s'étirant dépendamment de l'exposition thermique, notamment les rayons UV.

Performance comparée

Inter-matériau

Les portes et fenêtres en PVC sont des produits durables dont la durée de vie est de plus de 30 ans en Amérique du Nord et 50 ans en Europe. Très sécuritaires, ils sont parfaitement isolants – le PVC n'absorbe pas l'humidité- très designs et énergétiques. Le PVC ne pourrie pas et n'est jamais froid au toucher; comme le bois, c'est un très bon isolant. Les fenêtres et portes en PVC ne se désintègrent pas pour laisser entrer des courants d'airs froids à l'intérieur. Aussi, le PVC rigide ne nécessite pas l'application de traitement antimicrobiens avec des matériaux toxiques ni même de revêtements plastiques (acrylique) aux peintures qui requièrent une maintenance supérieure. La condensation de l'humidité est moins importante qu'avec les fenêtres et portes en aluminium.

Intra-matériau

Un bureau d'étude suisse nommé PROGNOS-AG a réalisé une étude comparative¹³ de différents produits en PVC et en matériaux concurrents, en vue d'en déterminer la performance. Concernant les châssis de fenêtres, le PVC a des avantages au niveau des impacts écologiques, économiques, et sociaux, sur un horizon à court et moyen terme. Seul l'usage d'additifs contenant des métaux lourds est considéré comme un point négatif à long terme. Cet impact est sur la voie d'être neutralisé par l'engagement du secteur du PVC à ne plus utiliser à terme de tels additifs.

¹³ PVC sustainability study, Prognos, 1999

Consommation énergétique comparée entre types de fenêtres

Selon une étude¹⁴ réalisée par le professeur Baldasano de l'Université de Barcelone en Espagne, comparant les émissions de CO₂ et la consommation en énergie de châssis de divers matériaux tout au long du cycle de vie du produit (de la production des matières premières jusqu'à la fin de vie du produit), le PVC permet de réaliser des économies substantielles en énergie par rapport à des fenêtres en aluminium ou en bois. La période « utilisation » de la fenêtre est bien identifiée comme étant la période où l'impact gain/perte de CO₂ et d'énergie est la plus grande, d'où l'intérêt d'une fenêtre bien conçue avec des caractéristiques isolantes les plus performantes.

Tableau 1: Étude comparative de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ entre le PVC, l'aluminium, l'acier et le bois¹⁵.

Fenêtre	Consommation Électrique (kWh)	CO ₂ (kg)	Matériau Recyclé (kg)					
			Vitre	PVC	Acier	Aluminium	Matériau Recyclé Total	% du Matériau Total
30% recyclé en PVC, double vitrage	1,740	730	21.4	21.1	6.7		49.2	93.4%
0% en PVC recyclé	1,780	742	21.4	21.1	6.7		49.2	93.4%
En bois, double vitrage	2,045	886	21.4				21.4	61.5%
En bois, simple vitrage	2,633	1,155	10.7				21.4	45%
30% recyclé en aluminium avec double vitrage	3,244	1,418	21.4			40.8	62.2	94.1%
0% recyclé en aluminium avec double vitrage	3,819	1,672	21.4			40.8	62.2	94.1%

Le saviez-vous? La production de matières premières destinées à l'industrie du plastique n'absorbe que 4% de la production du pétrole. La production d'énergie pour la production d'un même volume d'acier ou d'aluminium est respectivement de 2 à 7 fois celle du PVC.

¹⁴Baldasano J. et al., (2005). « Estimate of energy consumption and CO₂ emission associated with the production, use and final disposal of PVC, aluminum and wooden windows », Environmental Modelling laboratory, Barcelone, avril. http://www.pvcinfo.be/bestanden/Baldasano%20study_windows.pdf

¹⁵ Source : Baldasano, 2005, p31.

Fenêtres et Portes en uPVC

Dans le domaine des portes et fenêtres, tous les profilés de PolyVinyle de Chlorure (PVC) sont en réalité de l'uPVC. Le u de l'acronyme uPVC signifie «Unplastisized» soit non plastifié. Les fabricants préfèrent employer le terme PVC plus facile d'usage.

Support de standard de qualité environnementale

La certification LEED pour « Leading Engineering Environmental Design », est un standard international de normes mis en place par le « US Green Building Council » en 1998. Il certifie les ensembles architecturaux répondant à leurs critères en termes d'environnement et d'énergie, au niveau de la consommation d'énergie, des matériaux choisis, etc. Il est difficile de clamer que le Green Building Council aux États-Unis (USGBC) supporte l'usage du PVC mais fin 2004, il a pourtant publié un rapport provisoire qui décrit le PVC comme « un produit comme un autre ». Le document "Assessment of technical basis for a PVC related materials credit in LEED® " compare les différentes études de cycles de vie (LCA) et études de risques des produits en PVC et des produits en matériaux concurrents. Les paramètres d'impact repris à l'EPA (Agence Américaine pour la protection de l'environnement) furent également pris en compte. Leur préoccupation était : y a-t-il des évidences matérielles pour classer tel ou tel matériau comme « nocif » pour l'homme ou pour son environnement ? Leur première conclusion s'énonce ainsi : "Sur base des informations de cycles de vie et d'études de risques disponibles pour les produits de construction en divers matériaux, nous ne pouvons pas conclure que le PVC en sorte toujours le moins bien. En d'autres termes, il n'y a pas de preuves matérielles démontrant que le PVC soit moins performant que d'autres matériaux en matière d'analyse de cycle de vie ou de risques pour l'environnement ou la santé humaine ».

Le niveau de performance des fenêtres en PVC permet d'obtenir une note maximale de 3 points sur l'échelle LEED.

Le PVC et le feu

L'une des raisons pour lesquelles le PVC est recommandé pour les matériaux de construction et rencontre la faveur des autorités de lutte contre l'incendie réside dans ses excellentes propriétés de prévention anti-incendie. Le PVC est très difficile à enflammer et sa combustion ne se poursuit pas en l'absence d'une flamme extérieure puissante. De plus,

le chlore présent dans la molécule du PVC est un facteur ignifuge -qui préserve de l'incendie. Mais le gros avantage du PVC, c'est qu'il donne l'alerte. Lorsque le PVC brûle, il émet du gaz hydro chlorhydrique, du monoxyde de carbone et très peu de chaleur. Le monoxyde de carbone est un gaz très toxique incolore et inodore et les victimes proche d'un incendie ne s'en aperçoivent pas et le respirent. Grâce aux très faibles quantités de gaz hydro chlorhydrique libérées qui irritent la muqueuse nasale, les hommes et femmes sont avertis de la présence d'un incendie à un stade précoce. Après un incendie, les fenêtres PVC paraissent localement noircies, détériorées et déformées. Au final, la fenêtre PVC ne s'enflamme que très difficilement, ne propage pas le feu, est auto-extinguible et ne génère pas de gouttes enflammées. Autre fait important, Le PVC n'a jamais conduit à la formation de chlore à l'état libre, ni de phosgène, gaz de combat.

Concernant les dioxines, elles constituent une famille de substances chimiques produites dans de nombreux types de combustion comme la fumée de cigarette, les échappements automobiles ou même un barbecue familial. Les incendies accidentels constituent une autre source, mais les enquêtes réalisées ont permis de conclure que les quantités de dioxines produites n'entraînaient aucun effet dangereux. Chaque incendie produit également des hydrocarbures polyaromatiques (HPA) issus de toute une série de matières organiques combustibles. Cependant, les HPA représentent un niveau de risque beaucoup plus sérieux que les dioxines, souvent oubliés lors du débat sur les incendies accidentels.

Le saviez-vous? La température nécessaire pour provoquer l'inflammation du PVC est supérieure de 150 °C à celle du bois. Aucun cas de mort provoqué par la combustion du PVC n'a à ce jour été enregistré. Les plus grosses sources d'émanation de dioxines sont les feux de forêts et les volcans.

Les substituts écologiques

L'Université polytechnique de Catalogne a publié une étude comparant les fenêtres en PVC, en bois et en aluminium du point de vue de leur consommation d'énergie et des émissions de CO2 (gaz à effet de serre) liées à leur production, leur utilisation et leur fin de vie dans la région de Barcelone. Les chercheurs ont déterminé une méthodologie leur permettant de chiffrer la consommation d'énergie et les émissions de CO2 d'une fenêtre standard (de 1,34m x 1,34m) aux différents stades de son cycle de vie : extraction des matières premières et production, assemblage, transports, utilisation pendant 50 ans, recyclage. Il ressort de l'étude que la fenêtre globalement la moins gourmande en énergie et étant responsable du

moins d'émissions de CO2 est la fenêtre à double vitrage avec des châssis en PVC comprenant 30% de PVC recyclé.

Le saviez-vous? Le faible coût du PVC a été l'un des avantages qui l'on rendu aussi populaire. À l'origine, le PVC a été développé à l'échelle industrielle pendant la seconde guerre mondiale, lors des pénuries de matières premières et des hausses soudaines des prix pendant des périodes de hautes exigences en termes de volume de production. Ce matériau est un substitut du verre et du bois dans des applications.

G. Recyclage et Élimination

Le recyclage et l'élimination des portes et fenêtres en PVC est au cœur des questions environnementales et du développement durable. L'information présentée renseigne principalement les spécialistes et consommateurs.

Le recyclage du PVC

Le PVC ne présente aucune difficulté intrinsèque à être recyclé. L'étude menée par le professeur Baldasano explique que 97% des éléments d'une fenêtre en PVC sont recyclables¹⁶. De plus, 100% de la chaîne de production est recyclable, d'après la commission européenne¹⁷. En effet, lors de la fabrication des fenêtres, les découpures (surplus) des profilés de PVC sont recyclées depuis de nombreuses années et font partie de bonnes pratiques de gestion. Le recyclage d'applications antérieures pose un défi car plusieurs produits sont combinés dans l'application finale (PVC, verre, bois et métal dans les fenêtres) et parce qu'un approvisionnement propre et homogène en PVC recyclé est nécessaire. Les progrès effectués de la dernière décennie ont permis de mettre en place des techniques de recyclage beaucoup plus efficaces et efficaces qu'auparavant. Il existe notamment des outils comme des têtes à tri optique permettant de trier les matériaux en fonction de leur formule chimique dans des lapses de temps records avec des risques d'erreurs quasi nuls. De nombreux programmes de recyclage à succès ont été développés Suède et aux Pays-Bas. Concernant les profilés et revêtement de sol, les programmes en Allemagne et en Autriche sont des exemples de réussite.

¹⁶ Baldasano (2005).

¹⁷ European Commission, « Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials », July 2004.

Le recyclage du PVC rigide n'est limité que par sa qualité qui diminue à chaque étape de recyclage. Après plusieurs recyclages entiers, il peut être déstabilisé. Il peut toutefois être revalorisé à l'infini par l'ajout de PVC neuf.

Le recyclage conjoint à d'autres matières plastiques

Le succès dépend de l'objectif retenu lors du recyclage. Si l'objectif consiste à obtenir une matière pure de haute qualité, alors le mélange avec d'autres matières se révélera problématique. La même problématique se pose pour chaque plastique. Tous les polymères ont les mêmes exigences quant à l'atteinte d'un recyclat de haute pureté.

La biodégradabilité

Cette fonctionnalité n'est pas souhaitable. Premièrement, la majeure partie des matières dégradables à base de végétaux ou de papier mettent souvent beaucoup de temps à se dégrader. Mais surtout, l'introduction de matières biodégradables ne devrait pas limiter l'attitude des consommateurs face au gaspillage, elle risquerait même de l'encourager. De plus, ce type de produits dégradables nécessite l'installation de centres de compostage spéciaux et ne peut donc être intégré dans des plans de recyclage. L'incinération mais surtout le recyclage représentent des techniques générant plus de valeur au niveau du produit en fin de vie que l'option de biodégradabilité.

Meilleures pratiques internationales

Pour les produits arrivés en fin de vie, le PVC ne présente aujourd'hui plus de problèmes dans une installation d'incinération moderne bien gérée ou dans une décharge¹⁸. Lors d'une incinération contrôlée de PVC, il y a possibilité de récupérer la teneur calorifique sous forme d'énergie. Pour les mises en décharge, plusieurs politiques sont mises en place pour les réduire. La région la plus avancée est l'Europe avec les politiques de l'«European Council Vinyl Manufacturers» (ECVM) visant à réduire les quantités mises en décharge. Les opérations de recyclage qui doivent être réalisables d'un point de vue économique et technique, dépendent de la nature du produit fini et de sa quantité disponible. Des programmes de recyclage européens existent spécifiquement pour les châssis de portes et fenêtres. L'«European PVC Window Profile and Related building Association» (EPPA)¹⁹ est une association créée en 2000

¹⁸ PVC-Info, <http://www.pvcinfo.be>

¹⁹ EPPA (European PVC window Profile and related building Association) : <http://eppa-profiles.org/index.php>

dans le cadre de l'engagement volontaire européen de l'industrie du PVC visant la création et l'implantation d'initiatives et de politiques de recyclage pour les profilés de portes et fenêtres en PVC, à l'échelle européenne. En 2006, selon le directeur de l'EPPA, Volker Hoffman, 37 000 tonnes de déchets de profilés ont été recyclées en Angleterre, Autriche, Belgique, Danemark, France, Irlande, Italie et Pays-Bas. L'incinération posait problème lors de l'utilisation du plomb. Elle pose toujours problème avec les métaux lourds. Les méthodes pour enlever l'acide sont assez complexes mais les épurateurs d'acide existent depuis longtemps, et ont prouvé leur efficacité durant les opérations d'élimination des pluies acides avec la fusion du nickel à Sudbury par exemple.

Pourcentage recyclé au Québec et au Canada

Sur la chaîne de valeur de l'industrie des portes et fenêtres en PVC, 100% des matériaux sont recyclés jusqu'à la fin de l'étape de l'extrusion. Même les composés sont revalorisés. Cependant, le recyclage en aval n'est pas assez rentable pour obtenir le même taux de recyclage.

Efforts déployés par le secteur privé

Le secteur privé évalue présentement les différentes options pour revaloriser les portes et fenêtres parvenues en fin de vie. Ces efforts ne pourront aboutir sans l'intervention du gouvernement.

Efforts déployés par le gouvernement

En janvier 2010, le gouvernement n'avait toujours pas mis en place de programmes incitatifs pour recycler les fenêtres en PVC en fin de vie.

Lieu de recyclage

Aucun site de recyclage des fenêtres et portes en PVC n'est actuellement en place au Québec et plus largement au Canada.

Performance au recyclage comparée

Le recyclage est possible à 97% mais cela nécessite certaines infrastructures de recyclage. Le recyclage du PVC se fait majoritairement de façon mécanique. Après démantèlement et tri, le PVC est concassé et re-granulé. Il est ensuite utilisé à la fabrication de nouveaux profilés, de

fenêtres ou autres. Cette opération est estimée pouvoir être répétée jusqu'à 4 fois, ce qui porte la durée de vie des matériaux de base à plus de 200 ans.

Coûts et rentabilité du recyclage

Le recyclage des portes et fenêtres en PVC nécessite un réseau de collecteurs et de recycleurs de déchets de PVC, afin qu'ils soient traités et valorisés. Bien que la matière régénérée puisse être réutilisée dans de nombreuses applications et sous la forme de PVC souple ou rigide, cette organisation et ce traitement rendent le recyclage des portes et fenêtres non viable économiquement actuellement.

H. Conclusions et Recommandations

Conclusion

Dans l'application des portes et fenêtres, Le PVC ressort comme le matériau idéal difficilement égalé par ses substituts comme le bois ou l'aluminium au niveau énergétique et économique. Bien que des recherches et tests aient été effectués depuis un quart de siècle, aucun organisme officiel n'a heureusement pu prouver scientifiquement que le PVC était un matériau toxique pour les individus ou pour l'environnement. En outre, la santé des travailleurs bénéficie de normes et de réglementations des plus strictes. Aucun cancer n'a été enregistré depuis la mise en place des normes en 1974. Les consommateurs, en plus de bénéficier d'un rapport qualité prix défiant majoritairement la concurrence, sont garantis d'apprécier un produit sûr et fiable, à condition bien entendu d'en faire un usage conforme aux recommandations. Enfin contrairement aux idées reçues, les profilés de PVC contribuent à la préservation de l'environnement tout au long de leur cycle de vie²⁰. Lors de la fabrication de la matière première - la poudre de PVC - la consommation d'énergie et les émissions de carbone sont réduites au minimum. Durant l'extrusion, l'eau de refroidissement est recyclée et réutilisée en interne afin d'éviter toute pollution et gaspillage d'eau douce. Les chutes de production sont quant à elle réintroduites dans la chaîne de fabrication ainsi que les coupes effectuées lors de la

²⁰ « Les profilés en PVC contribue à la préservation de l'environnement tout au long de leur cycle de vie », Volker Haufmann, Président de l'EPPA, Association européenne des producteurs de profilés de fenêtres PVC et produit de construction, novembre 2007.

fabrication des portes et fenêtres qui sont récupérées et réincorporées à l'extrusion. Une fois installées les portes et fenêtres contribuent à l'isolation acoustique et thermique, elles participent donc à d'importantes économies d'énergie pour le chauffage. La longue durée de vie évite le renouvellement fréquent, source de déchets. Malgré une industrie à la pointe de l'autocontrôle, il semble qu'un point important puisse être amélioré : le recyclage des portes et fenêtres en fin de vie.

Recommandations

Concernant la fin de vie des produits, force est de constater que certains pays voir régions sont plus en avance que d'autres. Dans le cadre de l'engagement volontaire du plan Vinyle 2010, l'industrie européenne s'est engagée à aller plus loin dans l'amélioration de la santé, de la sécurité, de la protection de l'environnement et de la valeur socio-économique de ses produits. Cette politique volontariste a été mise en place afin de répondre aux besoins futurs tout en respectant la politique de développement durable dans le programme Responsible Care²¹ lancé par l'industrie chimique dans son ensemble. Le plan Vinyle 2010 permet un changement d'approche et de compréhension à tous les niveaux, particulièrement au niveau de la prospérité économique, de la protection de l'environnement et du bien-être social. Ainsi des programmes de recyclage ont été mis en place et sont plutôt efficaces. Par exemple, le recyclage de la matière en PVC récupérable provenant des fenêtres en général est passé de 25% en 2003 à 50% en 2005.

Notre principale recommandation porte sur le renforcement des efforts de recyclage au Québec afin d'intégrer le processus de recyclage à toutes les étapes du cycle de vie des portes et fenêtres en PVC.

Une autre action cruciale consisterait à faire des représentations politiques pour mettre en place un programme de gestion et de valorisation des matières résiduelles pour allonger le cycle de vie du produit, ceci dans une perspective de rendre ce programme rentable à travers des décisions gouvernementales.

Enfin, il serait opportun de communiquer sur les bonnes pratiques du secteur canadien du PVC à la population en général.

²¹ <http://www.responsiblecare.org/page.asp?p=6406&l=1>

Annexe

Tableau 2 : Sites Internet de référence pour le recyclage du PVC

Organisme	Site Internet
Vinyl Material Council (VMC) of the American Architectural Manufacturers Association (AAMA)	www.aamanet.org/
National Vinyl Recyclers Directory	www.vinylinfo.org/Recycling/VinylRecyclingDirectory.aspx
The Vinyl Institute	www.vinylinfo.org
Vinyl Institute Recycling Page	www.vinylinfo.org/Recycling.aspx
Recycled Vinyl Products Manufacturers Directory	www.vinylinfo.org/Recycling/VinylManufacturersDirectory.aspx
1999 Principia Partners Report of Post-Industrial and Post-Consumer Vinyl Reclaim	www.vinylinfo.org/Recycling/VinylRecyclingReport.aspx
Vinyl In Design Targeted Toward Product Specifiers, Architects and Construction Professionals	www.vinylbydesign.com/site/new_index.asp
U.S. Green Building Council's LEED Green Building Rating System	www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19
Green Building Initiative (GBI) Green Globes Rating System	www.thegbi.org/home.asp
National Association of Home Builders National Green Building Program	www.nahbgreen.org
Recovinyl PVC Recycling Program, Initiative of Vinyl 2010	www.recovinyl.com
Vinyl 2010 – The European PVC Industry Commitment to Sustainability	www.vinyl2010.org
Vinyl News Service (VNS)	www.vinylnewsservice.com

Bibliographie

Cette bibliographie fournit des informations supplémentaires sur chacun des sujets évoqués et présentent également les sources des principales recherches effectuées sur le PVC.

Ausseau D., (1999). «Le polychlorure de vinyle», Plastiques et Composites, Technique de l'ingénieur, Paris, France, volume 2.

Barrett Julia R. (2006). "Fertile grounds for inquiry: Environmental effects on human reproduction", Environmental Health Perspective, volume 114, number 11, 6p.

Barreta R., R.D Stewart, J.E. Mutchler (1969). "Monitoring exposures to vinyl chloride vapour: breath and continuous air sampling", Am Ind Hyg Assoc J, number 30, volume 6, p537-544.

Beausoleil C., T Clavel, M. Falcy, A. Hesbert, D. Jargot, J.C. Protois, M. Reynier et O. Schneider, (1995). « Phtalates de dibutyle », Institut National de Recherche Scientifique fiche toxicologique, numéro 98, 4p

Becker R., T. Nikolova, I. Wolff, D. Lovell, E. Huttner et H. Forth, (2001). "Frequency of HPRT mutants in humans exposed to vinyl chloride via an environmental accident", Mutat Res, volume 1-2, p87-96.

Baldasano J.M., R.P. Narvaez et P.J. Guerrero, (2005). « Estimate of energy consumption and CO2 emission associated with the production, use and final disposal of PVC, aluminium and wooden windows », Department de projectes d'engineria, Environmental modelling Laboratory, Barcelona, 42p.

Burgess R., (1991). «Manufacture and Processing of PVC», Taylor & Francis, 276 p.

Burgess W.A, R.D. Treitman and A. Gold, "Air Contaminants in Structural Firefighting," Harvard School of Public Health, NFPCA Grant 7X008, 1979.

CCOHS, (1988). "Canadian Centre for occupational Health and safety: chemical hazard summary on vinyl chloride", Hamilton, volume 44.

Commission des communautés européennes, (2000). «Livre Vert : Rapport Final », http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/com/2000/com2000_0469fr01.pdf

European Commission, « Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials », July 2004

Darne F., (2001). «Du carbure de calcium à l'acétylène», Spelunca, numéro 83, Groupe d'études Techniques de l'EFS.

Despy-Meyer A. et D. Devries, (1997). «Ernest Solvay et son temps», Archives de l'Université libre de Bruxelles.

Deutschle T., R. Reiter, W. Butte, B. Heinzow, T. Keck, et H. Riechelman, 2008. "A Controlled Challenge Study on Di(2-ethylhexyl) Phthalate (DEHP) in House Dust and the Immune Response in Human Nasal Mucosa of Allergic Subjects", Environmental health perspectives, novembre, volume 116, numéro 11, 7p.

Digangi J, Shettler T, Cobbing M et M. Rossi, (2002). «Aggregate exposure to phtalates in humans», Health care without harms, 49p

Fahri R., et J. Chéron, (1993). «Matières plastiques et adjuvants », Hygiène et sécurité, INRS, Paris.

Grant H., (1974). "Toxicology of the eyes", Charles Thomas, Springfield IL, 2^{ième} édition.

Girois S., (2004). «Stabilisation du PVC», Plastiques et composites, Techniques de l'ingénieur, Paris, France.

GreenPeace International, (2003). "PCV-Free Future: a review of restrictions and PVC policies worldwide", 9^{ième} edition, juin, 107p.

Habrarad A., (1977). "La pathologie professionnelle liées aux opérations de synthèse et de polymérisation du chlorure de vinyle", Université Claude Barnard.

Hardistry, (1981). "Cancer induction following single and multiple exposures to a constant amount of vinyl chloride monomer". Environ Health Perspect, volume 41, p63-72

Hehir R.M., B.P MacNamara, J. McLaughlin, D.A Willigan, G Bierbower et J.F

Hermes M., (2006). «Energy saving potentials from the use of modern window systems in Europe», European PVC window Profile and Related building Products Association, Bruxelles, 24p.

Hjertberg T., (1995). "Degradation of PVC in landfills", Department of Polymer Technology, Chalmers University, Goteborg, Suede

Houlihan J, Brody C. et Shawn, (2002). "No too pretty. Phtalates, beauty products and the FDA", environmental working group, 27p.

Houtmeyer, (2006). « Le livre Blanc », Belgochlor,
http://www.belgochlor.be/fr/PDF_FR/WITBOEKF.PDF

Kaplan H.L., A.F. Grand, W.G. Switzer, D.S. Mitchell, W.R. Rogers and G.E. Hartzell, "Effects of Combustion Gases on Escape Performance of the Baboon and the Rat," Journal of Fire Science, 3, 228, 1985.

Kaplan H.L., A. Auzeuto, W.G. Switzer and R.K. Hinderer, "Effects of Hydrogen Chloride on Respiratory Response and Pulmonary Function of the Baboon," *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 23:473-493, 1988.

Malhotra H. B., (2006). «Les découvertes fortuites», La grande époque Washington. <http://www.lagrandeepoque.com/LGE/content/view/527>

Nass L. I. et C.A. Heiberger, (1992). «Encyclopedia of PVC: Compounding Processes, Product Design, and Specifications», Marcel Dekker, volume 3, 608p.

Pan G., T. Hanaoka, M. Yoshimura, S. Zhang, P. Wang, H. Tsukino, K. Inoue, H. Nakazawa, S. Tsugane, et K. Takahashi, (2006). "Decreased Serum Free Testosterone in Workers Exposed to High Levels of Di-n-butyl Phthalate (DBP) and Di-2-ethylhexyl Phthalate (DEHP): "A Cross-Sectional Study in China", *Environmental Health perspectives*, novembre, volume 114 , numéro 11, 6p.

Programme pour les Nations Unis pour l'environnement (1999). «PIC. Document d'orientation de décision pour un produit chimique interdit ou strictement réglementé», Ethylène Dichloride, 19p.

Plastic Europe Market Research Group, (2008). «Matières Plastiques: faits et chiffres 2007», Analyse de la production, de la consommation, de la valorisation des matières plastiques en Europe en 2007, <http://www.plasticseurope.org>

Shottek W. (1972). «La toxicologie du chlorure de vinyle », INRS, p708-711.

Saint-Laurent Louis, et Marc Rhainds (2004). « Les phtalates: état de connaissance sur la toxicité et l'explosion de la population générale », Communiqué de veille toxicologique, Institut national de santé Québec, 10p.

Santé Canada, (1992). «Le chlorure de vinyle», Santé de l'environnement et du milieu de travail, http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/vinyl_chloride/vinyl_chloride-fra.pdf

Sucio I., L. Prodan, E. Ilea, A. Paduraru et L. Pascu, (1975). «Clinical manifestations in vinyl chloride poisoning, *Ann NY Acad Sci*, p53-69.

Tatrai E. et G. Ungvary (1981). «The acute hepatotoxicity of inhaled vinyl chloride», *Acta Morphologica Acad Sci Hung*, volume 29, numéro 2-3, p221-226.

Tissot S. et A. Pichard pour INERIS, 2002. « Seuils de toxicité aigue du Chlorure de Vinyle », Ministère de l'écologie et du développement durable, Unité d'expertise des substances chimiques(ETSC), Direction des risques chroniques, Rapport final, 39p.

US Department of Health and Human Services (2003). "Second national report on human exposure to environmental chemicals", Centers for disease control and prevention, DHHS, 251p.

USEPA (U.S Environmental Protection Agency) (1987). Health Advisory-1,2-Dichloroethane, Office of Drinking Water.

WHO: Environmental Health Criteria (1994). First draft, Internal Technical Report.

Yanagisawa R., H. Takano, K. Inoue, E. Koike, K. Sadakane, et T. Ichinose, 2008. «Effects of Maternal Exposure to Di-(2-ethylhexyl) Phthalate during Fetal and/or Neonatal Periods on Atopic Dermatitis in Male Offspring», Environmental Health Perspectives, volume 116, numéro 9, 6p.

Sources Internet

Association of plastics manufacturers:

<http://www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=499>

Association des producteurs d'articles en plastique:

http://www.federplast.be/htm_FR/publ_KmK.htm

Biographie de Fritz Klatte:

<http://www.plastiquarian.com/klatte.htm>,

Brevet d'invention :

http://www.economie.fgov.be/intellectual_property/patents/databases/brevetdetail_fr.asp?nr m=10839560

Conseil Canadien sectoriel du plastique (2008), «L'industrie des matières plastiques d'ici 2016», <http://www.cpsc-ccsp.ca/PDFS/Final%20report%20Nov%2029-fr.pdf>

CCST, Publication (juillet 2009), Normes de sécurité et santé au travail, Annexe 1, Partie 1, liste des niveaux acceptables pour tous les produits:

http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=%2F%2FS_2_1%2FS2_1R19_01.htm

Encyclopédie Française sur Internet, *biographie*:

http://www.encyclopediefrancaise.com/Henri_Victor_Regnault.html

Industrie Canada, Industrie du Plastique :

<http://www.ic.gc.ca/eic/site/plastics-plastiques.nsf/fra/pl01383.html>

Heath Care without Harm, «PVC&DEHP»,

http://www.noharm.org/us_canada/issues/toxins/pvc_phthalates/phthalates.php

Industrie Canada, Les avantages des matières plastiques:

<http://www.ic.gc.ca/eic/site/plastics-plastiques.nsf/fra/pl01383.html>

PVC Info: <http://www.pvcinfo.be>.

PVC-INFO était au départ un groupe de travail au sein de Fechiplast (Association belge des Transformateurs de Matières plastiques) et est, depuis 2002, une ASBL indépendante.

L'ASBL PVC-INFO a d'une part pour objet la promotion de l'utilisation de produits en PVC et de l'image du PVC. D'autre part, PVC-INFO sert de caisse de résonance et fournit des informations aux autorités, aux consommateurs, à l'industrie, aux médias, à l'enseignement et aux groupements d'intérêts.

PVC-INFO s'intègre dans une structure internationale et fait directement partie du European Council of Vinyl Manufacturers (ECVM), une organisation qui représente les producteurs de PVC en Europe occidentale. L'ECVM est lui-même membre de Plastics Europe. Par le biais de ce réseau européen, PVC-Info fournit des informations objectives et ponctuelles aux parties intéressées.

Santé Canada, (2001). «Projet de déclaration du le DEHP position dans les dispositifs médicaux », groupe de consultants experts en DEHP,
http://www.hc-sc.gc.ca/dhp-mps/md-im/activit/sci-consult/dehp/sapdehp_gcsdehp_inv_2003-06-09-fra.php

Syndicat des producteurs de matière plastique, section PVC:
http://www.uf-pvc.fr/espace_adherents/bibliotheque/pdfs/brochure_environnement.pdf

Vinyle 2010, Le plan Vinyl 2010:
http://www.vinyl2010.org/images/progress_report/2008/Progress_Report_%202008_French_Final.pdf